



ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ: СТВОРЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ, ДОСТУП ТА УПРАВЛІННЯ

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції

20-21 листопада 2025 р.

**Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Національна академія Державної прикордонної
служби України ім. Богдана Хмельницького
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова
Державний заклад вищої освіти «Університет менеджменту освіти»
Державний податковий університет
Комунальний заклад вищої освіти «Вінницька академія безперервної освіти»
Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти
Інститут комп'ютерних систем і технологій "Індустрія 4.0"
ім. П. Н. Платонова
Університет Бельсько-Бяльський (Польща)
Люблінська політехніка (Польща)**

«ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ: СТВОРЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ, ДОСТУП ТА УПРАВЛІННЯ»

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

**Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції
20-21 листопада 2025 р.**

**Суми/Вінниця
НІКО/КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти»
2025**

УДК 004
ББК 32.97
Е50

Рекомендовано до видання Вченою радою КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти» (протокол № 8 від 25.11.2025 р.)

Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ та управління. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції 20-21 листопада 2025 р. – Суми/Вінниця: НІКО/ КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», 2025. – 420 с.

ISBN 978-617-7422-25-8

Збірник містить матеріали Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції «Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ та управління. Матеріали збірника подано у авторській редакції. Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, статистичних даних, власних імен та інших відомостей. Матеріали відтворюються зі збереженням змісту, орфографії та синтаксису текстів, наданих авторами.

УДК 004
ISBN 978-617-7422-25-8

© Вінницький національний технічний університет, 2025

© КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», 2025

© Вид-во Суми, НІКО, 2025

ЗМІСТ

Didur V.O., Khoshaba O.M.	DEVELOPMENT OF A SOFTWARE TOOL FOR AN ELECTRONIC DIARY AND STUDENT ASSESSMENT IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS	15
Drakon D.S.	HUMAN-AI COLLABORATION IN DECISION-MAKING: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES	18
Kazartceva I.S.	HUMAN-AI COLLABORATION IN DECISION-MAKING: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES	19
Kuzionko- Ochrymiuk E., Khaletskyy A.V.	DIGITAL COMPETENCES IN THE MODERN ECONOMY	28
Lukov D.A., Khoshaba O.M.	DESIGN AND DEVELOPMENT OF A RESEARCH-INFORMED SOFTWARE TOOL FOR FOREIGN LANGUAGE LEARNING	30
Prystrom J.	SMART COMMUNITY – THE ROLE OF DIGITAL AND MEDIA COMPETENCES IN BUILDING INNOVATIVE COMMUNITIES	33
Romaniuk O.N., Maidanyuk V.P., Nechiporuk M, Shevchuk R.P.	DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF GRAPHIC IMAGE STEGANOGRAPHY	34
Zora I.E.	COMPARATIVE ANALYSIS OF CENTRALISED SCHEDULING AND DECENTRALISED COORDINATION IN MODERN DISTRIBUTED SYSTEMS	36
Андрійчук М.Д.	ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОФЕСІЙНО ОРІЄНТОВАНОМУ НАВЧАННІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я	37
Бардадим О.В., Гаркавий С.Ф.	LEARNLM (LLM) ЯК СУЧАСНА МОДЕЛЬ САМООСВІТИ	39
Баришев Ю. В., Казміревський В.В.	ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ КРИПТОГРАФІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ДЕРЕВОПОДІБНИХ ГЕШ-ФУНКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ КЛІТИННОГО АВТОМАТУ	40
Бевз С. В., Барасій О. А., Миронюк О. В.	РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ВЕБСИСТЕМИ ДЛЯ ОБЛІКУ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ ПОРУШЕНЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ «CLEAN LAND»	44
Бевз С. В., Бурбело С. М., Коваленко О. О., Рябуха Є. В.	МОДЕЛЬ СТВОРЕННЯ ВЕБПОРТАЛІВ З АВТОМАТИЧНОЮ ФІЛЬТРАЦІЄЮ ВХІДНИХ ДАНИХ	47
Бідник Т.В.	ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК МЕХАНІЗМ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД	48
Білий Р. О.	МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ: АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА КРИТИЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ АРХІТЕКТУР	52

Білий Р. О., Рейда О. М.	АНАЛІЗ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ ТЕКСТІВ	53
Білий Р. О., Рейда О. М.	МЕТОДОЛОГІЇ СЕМАНТИЧНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОРЕКЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ OCR З ВИКОРИСТАННЯМ ТРАНСФОРМЕРНИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ BERT, GPT	55
Близнюк В.І.	СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОРИСТАННЯ GOOGLE WORKSPACE ДЛЯ РОЗВИТКУ ЦИФРОВИХ НАВИЧОК УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ КОЛЕДЖУ КУЛЬТУРИ І МИСТЕЦТВ	57
Боденчук Б. І.,	ІНФОРМАЦІЙНА КУЛЬТУРА МОЛОДІ В УМОВАХ ГІБРИДНОЇ ВІЙНИ: РОЛЬ ОСВІТНІХ МЕДІАПЛАТФОРМ	60
Бочарова А.О., Супрун О.М.	АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПОШУКУ ВАКАНСІЙ У СФЕРІ ІТ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ ВЕБСКРАПІНГУ	61
Бондаренко Р.В., Єфременко А.М.	НЕЛІНІЙНА ПЕДАГОГІКА ЯК «МОТИВАЦІЙНИЙ ГАЧОК» В МОБІЛЬНОМУ НАВЧАННІ ЛЕГКОЇ АТЛЕТИКИ	62
Брильянт І.А., Чехместрук Р.Ю.	РОЗРОБКА МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ ВЕБ- ПЛАТФОРМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО СТВОРЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ TELEGRAM-БОТАМИ	64
Вараниця М.С., Романюк О. Н.	ІНТЕГРАЦІЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СХЕМ	65
Василик Д. М., Ткаченко О. М.	АВТОМАТИЗОВАНА ПЕРЕВІРКА ПРАВИЛЬНОСТІ ПЕРЕКЛАДУ УКРАЇНСЬКИХ СЛІВ АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ	68
Витковець І.О.	ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У МЕДИЦИНІ	70
Войтко В.В., Малініч П.П.	ЗАСТОСУВАННЯ АГЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОБІТ У ЛАБОРАТОРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ JETIQ	71
Войтко В.В., Музичук Д.Р.	МЕТАПРОГРАМУВАННЯ ЯК ЗАСІБ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРОБКИ ANDROID-ЗАСТОСУНКІВ	74
Войтко В. В., Шиндирук В. Д., Барчук Н. Є., Гаврилюк О. В.	РОЗРОБКА СИСТЕМИ «3D ADAPT NEURO LIMB STUDIO» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ 3D-МОДЕЛЕЙ БІОНІЧНИХ ПРОТЕЗІВ	76
Волосенко В.Ф., Чехместрук Р. Ю.	АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ФЕЙКОВИХ НОВИН В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ	80
Воронова А.С., Смирнова Т.А.	ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОСВІТНІХ ОНЛАЙН ПОСЛУГ В УКРАЇНІ	81

Гавриш Є. О., Романюк О. В.	УДОСКОНАЛЕННЯ АНАЛІЗАТОРІВ ІСТОРІЇ ПРОСЛУХОВУВАННЯ В АУДІОПЛЕЄРАХ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МУЗИКОТЕРАПІЇ	83
Главчев М.І., Баленко О.І., Главчева Ю.М.	ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ АНСАМБЛЮ ПОТОКОВИХ КРИПТОАЛГОРИТМІВ	86
Глущенко А.В., Шабачька С.А.	КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ДАННИХ В МЕДИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	89
Голуб Н.В.	ЯК ЗАХИСТИТИ СВІЙ СМАРТФОН ВІД ЗЛАМІВ І ШПИГУНСЬКИХ ПРОГРАМ	91
Гончаренко Д.О., Романюк О.Н.	АНАЛІЗ НАЙПОТУЖНІШИХ ВІДЕОКАРТ У 2024-2025 РОКАХ	92
Горбенко Д. А.	ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОРГІВЛІ ТА ФІСКАЛІЗАЦІЇ	94
Грицишин В. О., Стахов О. Я., Майданюк В. П.	АНАЛІЗ ФОРМАТІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ СВІТІВ ДЛЯ МІНІ- ІГОР У MINECRAFT	95
Гросс А.В., Сердюк Н.М.	GITOPS ЯК ОСНОВА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ КОНФІГУРАЦІЯМИ В ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ	96
Гузь А.С.	ВПЛИВ ЦИФРОВОЇ НЕРІВНОСТІ НА ЯКІСТЬ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ	99
Гуменчук А.В., Романюк О.Н.	ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ГОЛОГРАФІЧНИХ МОНІТОРІВ	99
Денисюк А.В., Власенко Д.В.	ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ НА ЧИСТОТУ АРХІТЕКТУРИ ТА КОДУ	101
Дорогий Я.Ю., Кравчук В.С., Цуркан В.В.	ТЕНЗОРНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ КОМАНД RED/BLUE/PURPLE	102
Дяденчук А. Ф.	РОЗВИТОК ЦИФРОВОЇ ГРАМОТНОСТІ ПЕДАГОГІВ У КОНТЕКСТІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТИ	105
Завальнюк, Є. К., Романюк, О. Н.	КОМБІНУВАННЯ ПРЯМОГО МЕТОДУ ТА МЕТОДУ РЕЙТРЕЙСИНГУ В КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРАФІЦІ	106
Захарчук М. Д., Романюк О.Н.	ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У СИСТЕМАХ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ	108
Здітовецький Д.В., Ратушняк Т.В.	РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ В ЛОКАЛЬНІЙ ТА ІНТЕРНЕТ МЕРЕЖІ	111
Іванов Р.А., Рейда О.М.	АРХІТЕКТУРНА МОДЕЛЬ ГНУЧКОГО РОЗГОРТАННЯ МУЛЬТИКРАЇНОВИХ E- COMMERCE РІШЕНЬ НА БАЗІ SALESFORCE COMMERCE CLOUD	113
Іванов Р.А., Рейда О.М.	ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ ЄДИНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ (SRP) ПРИ ПОБУДОВІ МОДУЛЬНОЇ АРХІТЕКТУРИ STOREFRONT-ПРОЕКТІВ НА SFCC	115

Іванчук Я. В., Яковчук П.Л.	ТРЕНДИ РОЗВИТКУ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ DIGITAL TRANSFORMATION OF UKRAINE'S HEALTHCARE SECTOR UNDER WARTIME CONDITIONS: KEY ASPECTS, BARRIERS, AND ADAPTATION STRATEGIES	116
Кабанова Є.І., Мельничук В.Е.	ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ЯК ЗАСІБ РЕАЛІЗАЦІЇ STEM-ОСВІТИ ТА РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ	118
Катеринюк Г. Д.	СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ОСВІТНІ ІНСТРУМЕНТИ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ЕДУКАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ГІБРИДНА РЕКОМЕНДАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ЕЛЕКТРОННИХ БІБЛІОТЕК НА ОСНОВІ КОНТЕНТНОГО ТА ПОВЕДІНКОВОГО АНАЛІЗУ	120
Кисельова О.Б.	ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОННОЮ БІБЛІОТЕКОЮ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ДАНИХ	124
Кізін Г. О., Ткаченко О. М.	АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ОБРОБКИ КОМАНД У ПОДІЄВО-КЕРОВАНИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСАХ НА ОСНОВІ ІНВЕРСІЇ УПРАВЛІННЯ ТА МЕХАНІЗМІВ АВТОМАТИЧНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ	128
Кізін Г. О., Ткаченко О. М.	ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ФІНАНСОВОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В СТАРТАП-ЕКОСИСТЕМІ	129
Кіпоренко І.Є., Кательніков Д.І.	РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ФОРМУВАННІ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ТРАЄКТОРІЇ СТУДЕНТА	130
Клименко П.А., Мельник В.В.	ІНСТРУМЕНТИ ЦИФРОВОГО ТА ПРОЄКТНОГО УПРАВЛІННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ	133
Клівіцька А.О.	МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ СТВОРЕННЯ ОСВІТНЬОГО ЕЛЕКТРОННОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА	135
Кльок Є.О.	ФУНКЦІОНАЛЬНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖЕВОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ	138
Коваленко О.О., Власенко Д.В.	РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБ-СИСТЕМИ ПОШУКУ ТА БРОНЮВАННЯ ПАРКОМІСЦЬ У МІСТІ ВІННИЦІ	142
Коваленко О.О., Зварич В. М.	МЕТОД ОЦІНКИ АНТИАЛІАЙЗИНГУ НА ОСНОВІ ГРАДІЄНТНОГО АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕННЯ	144
Ковальчук М. В.	ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ЗАДАЧАХ РЕСТАВРАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ	145
Колодій В.В., Романюк О.В.	ПОТЕНЦІАЛ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЦИФРОВІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ	146
Комісарик А.С., Романюк О.Н.	ПУБЛІЧНО-ПРИВАТНЕ ПАРТНЕРСТВО ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ ВІДНОВЛЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ГУМАНІТАРНИМИ КРИЗАМИ	148
Крилов М. В.		150
Критенко О.О.		151

Критенко Олена, Соломка Вікторія	ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ КАР'ЄРНОГО РОЗВИТКУ В МИТНОМУ АДМІНІСТРУВАННІ	153
Кудрань О. П., Ткаченко О. М.	РОЗТАШУВАННЯ МІНІМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ФЕРЗІВ ТОЧНОГО АЛГОРИТМУ НА ДОШЦІ NXN, ЩОБ ВОНИ ТРИМАЛИ ПІД ОБСТРІЛОМ УСІ ПОЛЯ ШАХІВНИЦІ	156
Кузнецов І.В., Ліщинська Л.Б.	ГІБРИДНА СИСТЕМА РЕКОМЕНДАЦІЙ МУЗИЧНОГО СЕРВІСУ НА ОСНОВІ КОМБІНОВАНОГО ПІДХОДУ КОЛЕКТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ТА КОНТЕНТ- ОРИЄНТОВАНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ	157
Кузнецов І.В., Ліщинська Л.Б.	СЕМАНТИЧНЕ ТА ЕМОЦІЙНЕ ЗБАГАЧЕННЯ КОНТЕНТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РЕКОМЕНДАЦІЙ У ГІБРИДНІЙ СИСТЕМІ РЕКОМЕНДАЦІЙ МУЗИЧНОГО СЕРВІСУ	159
Куліш С.П.	ОЦІНКА ЯКОСТІ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ВІДЕОРЕКЛАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ LLM	161
Кульбаченко В.	РОЗРОБКА СИСТЕМИ СЛІДКУВАННЯ ЗА СОНЦЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ	162
Курінна Ю.М.	ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ 3D-РЕКОНСТРУКЦІЇ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ РАННЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ПСИХОГЕНЕТИЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ НА ПРИКЛАДІ ШИЗОФРЕНІЇ	164
Кухарчук П.М.	ЦИФРОВІ МЕХАНІЗМИ УПРАВЛІННЯ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ ЯК ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ДЕРЖАВИ	165
Кучер М.В., Черноволик Г.О.	РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ВЕБ-СИСТЕМИ ДЛЯ ОБЛІКУ ТА АНАЛІЗУ РОБОЧОГО ЧАСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	169
Кучеренко М. В., Стахов О. О., Майданюк В. П.	РОЗРОБКА МЕТОДУ ГЕНЕРАЦІЇ КЛЮЧІВ ШИФРУВАННЯ НА ОСНОВІ НЕЗМІННИХ ДАНИХ ПРИСТРОЮ В ОС ANDROID	172
Кучеренко М. В., Майданюк В. П., Денисюк А. В.	ЗАХИСТ ФАЙЛІВ У СИСТЕМІ ANDROID ШЛЯХОМ ПРИХОВУВАННЯ ВІД ФАЙЛОВОЇ СИСТЕМИ	174
Кушнір В.В.	ЗАСТОСУВАННЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ У ВИВЧЕННІ АНАТОМІЇ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН	176
Левченко А.І.	ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ ЕЛЕКТРОННИМИ ІНФОРМАЦІЙНИМИ РЕСУРСАМИ ПУБЛІЧНОГО СЕКТОРУ	179
Лисюк С.О., Кательніков Д.І.	РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЙ КОРИСТУВАЧА З ПІДТРИМКОЮ ГОЛОСОВОГО КЕРУВАННЯ НА ПЛАТФОРМІ ANDROID З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ KOTLIN	181
Лісник В. І., Майданюк В. П.	МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ	183

Літніх М. С.	ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПСИХОЛОГІЧНІЙ НАУЦІ ТА ОСВІТІ	184
Ліщішин Г.О.	МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ	189
Лукашов В.Ю.	ЗАСТОСУВАННЯ C# ТА WINDOWS FORMS ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ПОШТОВИХ ВІДДІЛЕНЬ	190
Майданюк В. П.	ГРУПУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРИ УЩІЛЬНЕННІ ЗОБРАЖЕНЬ	192
Малець І.В.	ЦЕНТРАЛІЗОВАНА МОВНА ІНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ КАНАЛІВ КОНТЕНТ-МАРКЕТИНГУ У СИСТЕМАХ ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ	193
Марценюк Є.В. , Арсенюк В.	ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ ДАНИХ У ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ НА ОСНОВІ CSPM ТА DSPM	195
Марисик Д.М., Кательніков Д.І.	РОЗРОБКА IOS-ДОДАТКА ДЛЯ ПОШУКУ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ КАВ'ЯРЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОЛОКАЦІЙНИХ СЕРВІСІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	198
Марчишин І.А, Романюк О.Н.	АРХІТЕКТУРА ГРАФІЧНИХ ПРОЦЕСОРІВ AMD RDNA 4	199
Матвєєв М.С., Сердюк Н.М.	ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЕТЕНЦІЙ НА ОСНОВІ NLP-ТЕХНОЛОГІЙ	202
Мельник В.О., Копаничук Т.В.	ЕЛЕКТРОННІ РЕСУРСИ В СУЧАСНОМУ СВІТІ: З ДОСВІДУ РОБОТИ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСНОЇ БІБЛІОТЕКИ ДЛЯ ДІТЕЙ ІМЕНІ Т. Г. ШЕВЧЕНКА	204
Мельник О.В., Возна Л.Б.	ЦИФРОВИЙ МАРКЕТИНГ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ	208
Мельник Я.В.	РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО ПОПУТНИКА ДЛЯ ВЕБПЛАТФОРМИ СПІЛЬНИХ ПОЇЗДОК	213
Миргородський А.В Романюк О.В.	АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ СТРУКТУР ІНДЕКСІВ У СУЧАСНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ БАЗАМИ ДАНИХ	214
Мормітко О.М.	ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЗОРУ ЛЮДИНИ	217
Мороз Р.Б.	ВИЗНАЧЕННЯ АРХІТЕКТУРИ МЕТАДАНИХ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ МОДЕЛІ НАУКОВОГО ДОКУМЕНТА	219
Нагул Т. А., Ткаченко О. М.	ПРОГРАМНА СИСТЕМА ПОШУКУ МАРШРУТІВ МІЖ АЕРОПОРТАМИ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ DFS ТА BFS	221
Нерода Т.В.	МЕРЕЖЕВО-КОМУНІКАЦІЙНА МОДЕЛЬ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ СТУДЕНТСЬКИХ ДОСЛІДНИЦЬКИХ ІНІЦІАТИВ	222

Ніколаєнко М.С.	ОРГАНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ У ОСВІТНЬОМУ ЗАКЛАДІ: ПРАКТИЧНІ ПОРАДИ	224
Олійник А.А.	ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ФІЛОЛОГІЧНУ ОСВІТУ КОЛЕДЖІВ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ	227
Олійник А.А.	ТРАНСФОРМАЦІЯ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ: ВІД ТРАДИЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДО ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	230
Олійник А.А., Ропало Г.М., Палієнко О. А.	ЧАТ-БОТИ ЗАГОВОРILI УКРАЇНСЬКОЮ: ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І МОВНІ ТЕХНОЛОГІЇ	234
Омельчук А.А., Ратушняк Т.В., Коротун А.Р.	АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ПЛАТФОРМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НА БАЗІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	238
Онучак Л.В.	ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ	240
Павленко Є. М. Сердюк Н. М.	АНАЛІЗ КОМПРОМІСУ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА РОБАСТНОСТІ В RDARS-РАДІОБАЧЕННІ	243
Павленко І.М.	ЕФЕКТИВНА ВЗАЄМОДІЯ УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО ТА ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ	244
Павленко І.М.	РОЛЬ УЧИТЕЛІВ У ПІДВИЩЕННІ РІВНЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ	248
Панасюк В.В., Майданюк В.П.	МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ГУРТОРЖИТКАМИ УНІВЕРСИТЕТУ	250
Пастушенко А.О.	МЕТОДИ КЕРУВАННЯ БІОНІЧНИМИ МАНІПУЛЯТОРАМИ	252
Пермяков М.О.	АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИСТАНЦІЙНИХ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ НА ОСНОВІ СИМУЛЯТОРІВ	253
Поважук О.П.	ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВА КОМПЕТЕНТНІСТЬ КЕРІВНИКА НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ: МОЖЛИВОСТІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	256
Позичанюк К.І.	АДМІНІСТРУВАННЯ ТА ЦИФРОВІ МЕХАНІЗМИ ФОРМУВАННЯ ЗАСАД СТАЛОГО РОЗВИТКУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	257
Позур М.Ю.	ВИКОРИСТАННЯ SOURCE GENERATORS ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКЛИКІВ З ДИНАМІЧНИМ ВИЗНАЧЕННЯМ ІМЕНІ В .NET	261
Пойда І. В., Кузьменко Ю.В., Пойда С. А.	РОЗВИТОК ЛІДЕРСЬКИХ ЯКОСТЕЙ У СТУДЕНТІВ ЗВО ЗАСОБАМИ МООС	263

Полонська О.І.	РИЗИКИ ПОРУШЕННЯ ПРИВАТНОСТІ УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ	264
Прайс І. С.	ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТУ ТА ПРОМИСЛОВІСТЬ: УКРАЇНСЬКИЙ КОНТЕКСТ І ПРАКТИЧНІ ВИКЛИКИ	266
Присяжнюк Т.І.	ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ХВОРОБ НА РАННІХ СТАДІЯХ	268
Присяня Д.І.	АРХІТЕКТУРА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ КЛІЄНТСЬКОЇ ВЕБОБОЛОНКИ З ВІДКРИТИМ КОДОМ ДЛЯ МАСШТАБОВАНИХ ПЛАТФОРМ СКІНЧЕННО- ЕЛЕМЕНТНОГО АНАЛІЗУ У ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	270
Прус Б.В., Ракитянська Г.Б.	ПРОГНОЗУВАННЯ СЕМАНТИЧНИХ ВІДНОШЕНЬ ДЛЯ ДОРОЖНІХ СЦЕН НА ОСНОВІ ПРОТОТИП- ОРІЄНТОВАНИХ НЕЧІТКИХ ГРАНУЛЯРИХ ПРАВИЛ	272
Прус О.В., Майданюк В.П.	ЦИФРОВА МЕТОДИКА ПЕРЦЕНТИЛЬНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕБ- ІНТЕРФЕЙСІВ НА ОСНОВІ УЗАГАЛЬНЕНОГО ЗАКОНУ АМДАЛА	273
Рейда М. О., Рейда О. М.	АЛГОРИТМИ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ МАСШТАБУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ	276
Рибачок Я.А.	АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ АНОМАЛІЙ	279
Рибачок Я.А.	АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ	281
Римар П.В.	ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МЕДИЦИНІ: НАПРЯМКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	282
Ришкова А.В.	ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ АРТ-ТЕРАПІЇ В ПРОЦЕС НАВЧАННЯ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ В УКРАЇНІ В ПЕРІОД ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ	284
Роботько Д. О.	КОНЦЕПЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЗНАННЯМИ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВА	287
Рогізний А.І.	ПРОСКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО РЕСУРСУ НА ОСНОВІ MOODLE	289
Романюк О. В., Бурбело С. М., Головачьов М. О.	ВИКОРИСТАННЯ БІБЛІОТЕКИ LOMBOX ПРИ СТВОРЕННІ JAVA-ЗАСТОСУНКІВ НА ПЛАТФОРМІ SPRING FRAMEWORK	292
Романюк О. В., Наконечний В. В.	ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ	295
Романюк О.Н., Павлов С.В.,	ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОГАРНІТУР У ПРОТЕЗУВАННІ КІНЦІВОК	297

Майданюк В.П., Тітова Н.П., Романюк С.О.		
Романюк О.Н., Гандрибіда В. В.	ВИКОРИСТАННЯ CUDA У МЕДИЧНІЙ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ	299
Романюк О.Н., Заболотний О. І.	ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ГЕНОМНИХ ДАНИХ В МЕДИЧНІЙ ГАЛУЗІ	301
Романюк О.Н., Майданюк В.П., Нечипорук М.Л., Шевчук Р.П., Романюк О.В.	КОМБІНОВАНІ МЕТОДИ ШИФРУВАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	303
Романюк О. Н., Мельник А. В., Романюк О.В., Бабій Б. В., Бобко О. Л.	АНАЛІЗ ЧАСОВИХ ЗАТРАТ ФОРМУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА РІЗНИМИ МЕТОДАМИ	305
Романюк О.Н., Майданюк В.П., Мельник А.В. Бабій Б.В., Романюк С.О.	КОМБІНУВАННЯ МЕТОДІВ ГУРО ТА ФОНГА ПРИ ФОРМУВАННІ ТРИВИМІРНИХ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	307
Романюк О.Н., Мельник А.В., Романюк О.В.	МЕТОДИ СПРОЩЕННЯ РЕНДЕРИНГУ ФОНГА	309
Романюк О.Н., Майданюк В.П., Нечипорук М.Л., Бабій Б.В.	ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ КОДУВАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	311
Романюк О. Н., Пойда С.А., Романюк О.В., Ковальова Ю.А., Куцин С. О.	РОЛЬ КОНКУРСУ З КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ТА ВЕБ- ДИЗАЙНУ У ФОРМУВАННІ ТВОРЧОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ КУЛЬТУРИ МОЛОДІ	313
Руденко А.А., Аксак Н. Г.	ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АГЕНТ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТУ ДОСТАВКИ	315
Руденко М.І., Ропало Г.М.	РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТІ	316
Руженська Т. М.	ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ В СУЧАСНІЙ ОСВІТІ: КЛЮЧОВІ ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОДОЛАННЯ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОБРОБКИ НЕЧІТКИХ ЗАПИТІВ У	319
Сабатюк Б.О.	БАЗАХ ДАНИХ НА ПРИКЛАДІ СИСТЕМИ ПІДБОРУ ПРОГРАМ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ ТА ФІТНЕС ТРЕНУВАНЬ	321

Салтиков Б. Г.	ВИКОРИСТАННЯ VR/AR-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	323
Саханда А.І.	АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ОСВІТНІМИ ПРОЄКТАМИ	327
Сенюк Є. О., Семенченко Н. В.	ВИКОРИСТАННЯ ЕВОЛЮЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ЦИФРОВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА	329
Сидорук А.О., Рейда О.М.	МЕТОДИ КОНВЕРТАЦІЇ ТЕКСТОВИХ ЗАПИТІВ У ГРАФІЧНІ ПРИМІТИВИ	331
Сікетін Д. С., Михайловська О. В.	ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ	335
Сікетін Д. С., Михайловська О. В.	ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	336
Скіп А. В.	DEVSECOPS НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ В ЦИКЛІ CI/CD	337
Смирнова С.О.	ФОРМУВАННЯ ГРОМАДЯНСЬКОГО СУСПІЛЬСТВА НА ОСНОВІ МЕДІАГРАМОТНОСТІ	340
Сологубова С. В., Кіт Б. О.	МОБІЛЬНІ ЗАСТОСУНКИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФІЗИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ	342
Стенякін А.А., Романюк О.Н.	МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ПРОЦЕДУРНИХ ТЕКСТУР	348
Степанюк В.Б., Ткаченко О.М.	МУЛЬТИМОДАЛЬНІ АЛГОРИТМИ ФОРМУВАННЯ МАРШРУТІВ ДЛЯ КОЛЕКТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ПОДороЖЕЙ З УРАХУВАННЯМ РЕАЛЬНОЇ ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ТА ОБМЕЖЕНЬ ГРУПИ	350
Степанюк В.Б., Ткаченко О.М.	РОЗШИРЕНА СИСТЕМА КОЛЕКТИВНОГО ГОЛОСУВАННЯ З ВАГОВИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ ТА ДИНАМІЧНИМ БАЛАНСУВАННЯМ ІНТЕРЕСІВ У ГРУПОВИХ ТУРИСТИЧНИХ ПЛАНУВАННЯХ	351
Столярчук Д.М., Лисенко К.В., Чорномаз І.К.	СУЧАСНІ ПІДХОДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ІЗ СПЕЦИФІЧНИМИ УМОВАМИ НАВЧАННЯ, ДЛЯ ДИСЦИПЛІН З ПЕРЕВАЖНО ПРАКТИЧНИМ СПРЯМУВАННЯМ	353
Сторожук Ю.В.	АВТОМАТИЗОВАНІ ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ У НАВЧАЛЬНОМУ ТА КОРПОРАТИВНОМУ СЕРЕДОВИЩАХ	354
Теренчук А. Т.	МОЖЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ У РЕФОРМУВАННІ МЕДИЦИНИ	355
Ткаченко О. М., Ільчук М. Р.	АЛГОРИТМІЧНА ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ГРИ «П'ЯТНАШКИ»	359
Торяник Л. О.	ГЕЙМІФІКАЦІЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ АЛГОРИТМІЧНИХ КОНЦЕПЦІЙ У КУРСІ «АЛГОРИТМИ	360

	І МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ»: ДОСВІД СТВОРЕННЯ УКРАЇНОМОВНОГО ЕМУЛЯТОРА МАШИНИ ТЮРІНГА	
Упіров В.В.	ЗАСТОСУВАННЯ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ	365
Феденко, Д.О.	ВІЗУАЛЬНІ КОНФІГУРАТОРИ ЯК ЗАСІБ КОМП'ЮТЕРНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У БУХГАЛТЕРСЬКОМУ ОБЛІКУ ТА НАВЧАННІ	366
Фоменко Є.В.	ЦИФРОВІ МЕХАНІЗМИ АДМІНІСТРУВАННЯ В УМОВАХ ФОРМУВАННЯ СПІВРОБІТНИЦТВА ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД	368
Худавердієва В. А.	КІБЕРБЕЗПЕКА У ЦИФРОВІЗОВАНІЙ ТУРИСТИЧНІЙ ІНДУСТРІЇ	371
Цимбалюк С.М.	ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ РИНКУ ПРАЦІ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД: ІНВЕСТИЦІЙНІ ПРІОРИТЕТИ ТА УПРАВЛІНСЬКІ РІШЕННЯ	382
Чекалюк Д.І., Кательніков Д.І.	РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ГОЛОСОВОГО АСИСТЕНТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РУТИННИХ ЗАВДАНЬ НА ПЛАТФОРМІ .NET ТА МОВ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON ТА C#	385
Черкасов А.Д., Аксак Н.Г.	ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЦИФРОВІ ПЛАТФОРМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ	386
Чехместрук Р.Ю., Іванченко А.В.	АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ МУЗИЧНИХ ЖАНРІВ НА ОСНОВІ БАГАТОШАРОВИХ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ (CNN) ТА СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ	389
Чмиря М.А., Романюк О.Н.	ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ВИВЧЕННЯ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ	391
Чоботок В.В.	ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ТА ДИЗАЙН ВИСОКОНАВАНТАЖЕНОЇ ОРКЕСТРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЗАЦІЯМИ	392
Чоботок В.В.	МЕХАНІЗМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ПОВТОРНИХ СПРОБ З УРАХУВАННЯМ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ЗАВДАНЬ ТА ПОЛІТИК ВІДНОВЛЕННЯ	394
Чорновол Д.Т.	ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	396
Чубатов М. А.	ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ ДО КОНФЕРЕНЦІЙ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ТА ПЕРЕШКОДЖАННЯ ЙОГО ПРОВЕДЕННЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАТФОРМИ ZOOM	398
Чузов Д. В.	МАШИННЕ НАВЧАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИСТУ ДАНИХ У ВЕБ- ЗАСТОСУНКАХ	399

Шевчук В. В.	НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА ВНТУ ЯК ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЦЕНТР СУЧАСНОГО УНІВЕРСИТЕТУ	401
Шклярук М. Б., Кательніков Д. І.	РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДБОРУ ТВАРИНИ ІЗ ПРИТУЛКУ НА ОСНОВІ ПСИХОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮВАННЯ	403
Штапенко Е.П., Білова О.В., Гулівець О.М.	ВИЩА МАТЕМАТИКА ТА ФІЗИКА У НАПРЯМКУ STEM- ОСВІТИ	405
Щербацький Б.І., Кательніков Д.І	АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ПІДБОРУ КОМП'ЮТЕРНИХ КОМПЛЕКТУЮЧИХ	408
Щупак К.Р., Ліщинська Л.Б.	ЗАСТОСУВАННЯ АДАПТИВНОГО ЗВАЖУВАННЯ ЕВРИСТИКИ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПЕРЕПЛАНУВАННЯ АЛГОРИТМУ D* LITE	409
Щупак К.Р., Ліщинська Л.Б.	МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАМ'ЯТІ ТА ШВИДКОДІЇ АЛГОРИТМУ A* У ВЕЛИКОМАСШТАБНОМУ ГЕЙМДИЗАЙНІ	411
Якубенко О.В., Романюк О.В., Кательніков Д.І.	АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЕРЕВІРКИ ПРОГРАМНОГО КОДУ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ	413
Янакаєв А. А., Сердюк Н. М.	ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПЕРЕДПРОЦЕСІНГУ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ СИСТЕМ СИМУЛЯЦІЇ ЗОРУ	416
Яужева О.О.	НЕДОЛІКИ ТА ПЕРЕВАГИ ОНЛАЙН ФОРМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ: АНАЛІЗ ПЕДАГОГІЧНОГО ДОСВІДУ	417

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE TOOL FOR AN ELECTRONIC DIARY AND STUDENT ASSESSMENT IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Annotation. The theses examine the design and development of a software tool that combines the functions of an electronic diary and student assessment management within educational institutions. The text situates the problem in the broader context of student information systems and the increasing reliance on web-based gradebooks to manage attendance, grading and reporting. Drawing on empirical and review literature, it outlines both the affordances and risks of online gradebooks in relation to transparency, learner stress and parental involvement. It argues that software design must be informed by contemporary understandings of self-regulated learning, learning analytics dashboards and validity and reliability in digital assessment. A conceptual architecture for the tool is proposed, comprising data, application and presentation layers that support configurable grading schemes, outcome-linked rubrics, multi-stakeholder diary views and analytics dashboards. Particular attention is given to data protection and student privacy, with reference to current guidance and legal frameworks. The theses conclude that a theoretically grounded, participatory, and privacy-aware approach to software design can support a more meaningful use of assessment data, strengthen home–school communication, and contribute to a more reflective and equitable assessment culture in schools.

Keywords: electronic gradebook; student information systems; formative assessment; learning analytics dashboards; parental involvement; self-regulated learning; data protection; school management software

The rapid digitalisation of educational systems has transformed how schools collect, manage and use information about learners. Traditional paper-based class registers and grade books are increasingly unable to support real-time progress monitoring, flexible reporting, or data-informed decision-making at scale. In this context, student information systems (SIS) have emerged as a critical infrastructure that integrates attendance, grades, demographics and assessment data to support administrative and pedagogical processes across whole institutions [1]. Against this backdrop, the development of a dedicated software tool that unifies the functions of an electronic diary and assessment management is not merely a technical task but an educational design challenge that must address issues of pedagogy, equity, transparency and data protection.

Electronic gradebooks and online gradebook portals are now widely adopted as part of SIS platforms, particularly in school sectors that emphasise accountability and parental engagement [1], [2]. Research on web-based gradebooks highlights their potential to provide continuous visibility of assessment information, automate calculation of averages and weights, and reduce clerical burdens on teachers [2]. Empirical evaluations of online gradebook management systems report improved timeliness of feedback, more frequent monitoring of performance by students and parents, and high levels of perceived usefulness and usability among teachers when interfaces are designed to align with classroom practices [3]. At the same time, these studies underscore the importance of configurable grading schemes and robust reporting functions that can adapt to diverse curricula and institutional policies.

However, critical analyses of online gradebooks caution that simply exposing more granular assessment data to students and parents does not automatically improve learning outcomes [2]. In some contexts, continuous public visibility of marks may amplify stress, encourage a narrow focus on scores rather than learning, or create opportunities for strategic behaviour that undermines formative intentions. Researchers have noted tensions between transparency, teacher professional judgement and the risk of grade inflation or over-interpretation of partial data [2]. These findings suggest that the design of an electronic diary and assessment tool must incorporate not only technical functionality but also carefully engineered information architectures, access rules and communication norms that frame how assessment data are interpreted and used by each stakeholder group.

A core rationale for developing such a tool is to strengthen home–school communication and parental involvement. Communication technologies, including online portals, messaging and gradebook access, have been shown to increase the frequency and specificity of interactions between parents and schools, particularly in secondary education where informal contact typically declines [4]. Zieger and Tan report that structured digital communication can enhance parents' ability to support homework, track progress and intervene early when difficulties arise, provided that the information is comprehensible and aligned with school expectations [4]. More recent systematic reviews on parental involvement in digital education emphasise that digital tools can both enable and constrain families, depending on usability, language, device access and the extent to which schools scaffold interpretation of data [5]. Consequently, the proposed software must treat the “electronic diary” not as a mere log of events, but as a communicative space where

attendance, homework, behaviour notes and assessment feedback are presented in ways that are accessible, multilingual and sensitive to diverse socio-economic contexts.

From the learner perspective, continuous access to up-to-date assessment information can support self-regulated learning if implemented as part of a broader feedback and reflection ecology. Learning analytics research conceptualises dashboards and progress visualisations as tools that can help students monitor their performance, plan their effort, and adjust their strategies over time. Yet systematic reviews of learning analytics dashboards (LADs) show that many existing tools are weakly grounded in learning theory and often fail to provide actionable guidance beyond descriptive statistics [6]. Matcha and colleagues highlight that dashboards rarely support metacognition or offer concrete indications of effective tactics; evaluations are also frequently methodologically limited [6]. An umbrella review of LAD-focused systematic reviews reveals that, while interest in using dashboards for motivation, equity and inclusion is growing, there remains an “unclear path to data ownership and privacy” and insufficient translation of predictions into pedagogical action [7]. These insights argue for an electronic diary and assessment tool that moves beyond static grade lists to include carefully designed visualisations and narrative feedback that prompt reflection, provide reference frames over time and link directly to recommended next steps.

Assessment validity and reliability pose additional design constraints. Technology-enhanced assessments introduce both opportunities - for richer item types, adaptive testing and immediate feedback - and threats, including construct-irrelevant variance introduced by interface design, device differences or unstable network conditions [8]. Hopster-den Otter et al. emphasise that validity arguments for digital assessments must explicitly address such threats, rather than assuming that traditional paper-based validity evidence transfers unchanged [8]. Practitioner-oriented guidance from assessment consortia stresses that reliable assessment data require clear alignment between learning targets, scoring rubrics, administration conditions and reporting scales [9]. Similarly, NWEA notes that validity and reliability matter not only for large-scale testing but also for classroom assessments, and that misinterpretation of unreliable scores can lead to inappropriate instructional decisions [10]. For the software tool, this implies that gradebook algorithms, weighting schemes and aggregation procedures must be transparent, configurable and anchored in documented assessment policies, with support for both criterion-referenced and standards-based grading.

On this foundation, the proposed software tool can be conceptualised as a modular, service-oriented system integrated with the institution’s SIS. At the data layer, it maintains a secure relational or document-oriented store of enrolments, class rosters, assessment events, rubric definitions and evidence artefacts (such as uploaded assignments or quiz results). The application layer provides services for grade calculation, attendance tracking, timetable and homework scheduling, messaging and analytics. The presentation layer exposes tailored web and mobile interfaces for teachers, students, parents and administrators. Such an architecture supports interoperability via standard protocols and APIs, enabling data exchange with learning management systems, external testing platforms and national reporting services, while also permitting offline-first mobile clients for low-connectivity environments.

The electronic diary functions as the temporal backbone of the system, aggregating daily events, upcoming assessments, homework tasks and behavioural notes into a coherent timeline for each learner and class. For teachers, diary views prioritise planning and recording: quick entry of lesson topics, learning objectives, assigned tasks and informal observations. For students, the emphasis is on clarity of expectations: what needs to be done, by when, and how it will be assessed. Parent-facing diary views focus on interpretability, highlighting missed classes, overdue work and upcoming high-stakes assessments with contextual explanations. Consistency in terminology and symbols across these perspectives reduces cognitive load and miscommunication, while role-based filtering ensures that sensitive notes (for example, safeguarding concerns) are restricted to authorised staff.

Assessment workflows are central to the tool’s value proposition. At configuration time, administrators define institutional grading scales, reporting periods, categories (for example, “diagnostic”, “formative”, “summative”) and rules for how these categories contribute to term or final grades. Teachers then create assessment templates linked to specific learning outcomes or curriculum standards, attaching rubrics that articulate performance levels in descriptive language. When an assessment is scored, the system stores both rubric-level judgements and any numeric marks, automatically computes weighted aggregates according to configured policies, and updates progress indicators in the diary and dashboard views. Crucially, the interface should foreground descriptive feedback and indicators of progress towards outcomes, while allowing numeric or letter grades to be hidden or delayed where schools adopt gradeless or feedback-first approaches. Such configurability allows institutions to align the tool with contemporary understandings of assessment for learning while still meeting reporting requirements informed by validity and reliability guidance [9], [10].

Building on evidence from LAD research, the tool should provide multi-level visual analytics that support the needs of different stakeholders without oversimplifying complex learning processes. For teachers, class-level dashboards might highlight distributions of achievement across outcomes, patterns of missing work, correlations between attendance

and performance, and alerts for students whose trajectories suggest risk of underachievement. Matcha et al. caution that dashboards must be user-centred, theoretically grounded and rigorously evaluated, rather than driven solely by available data streams [6]. For students, personal dashboards might present longitudinal views of performance, comparisons to individual goals rather than class averages, and prompts to reflect on study strategies. Masiello and colleagues show that contemporary LAD designs increasingly seek to be “about learning and not just analytics”, integrating pedagogical frameworks and emphasising self-regulation, but also note unresolved questions about ethical data use and ownership [7]. Therefore, the proposed system must allow schools to configure which indicators are displayed, how comparisons are framed and how feedback is coupled to suggested actions, while providing clear explanations of how metrics are calculated.

The handling of personal data in such a system must comply with evolving legal and ethical expectations. Guidance from the UK Department for Education sets out detailed requirements for data protection in schools, including policies for data retention, breach reporting and the use of emerging technologies such as generative AI [11]. In parallel, student privacy portals operated by the U.S. Department of Education articulate obligations under FERPA and related laws, emphasising secure handling of student records and transparent communication to parents and learners about their rights [12]. Translating these principles into system design entails fine-grained, role-based access control; encryption in transit and at rest; comprehensive audit logging; and privacy-by-design defaults such as data minimisation, limited retention and clear consent workflows for optional features. The software must also support the generation of privacy notices, data processing agreements for third-party integrations and tools to honour subject access requests and data deletion where applicable.

The development process for the electronic diary and assessment tool should itself follow a participatory, iterative methodology. The literature on SIS and online gradebook adoption suggests that successful implementations hinge not only on technical quality but also on alignment with teachers’ workflows, perceptions of benefits, and professional development support [1], [3]. Early co-design workshops with teachers, students and parents can elicit user stories, surface contextual constraints and encourage shared ownership of the tool. Prototypes should be evaluated using mixed-methods approaches, combining usability testing, surveys on perceived usefulness and focus groups that explore how the tool affects assessment practices and relationships. Over time, usage analytics - interpreted cautiously and with due attention to privacy - can inform refinements to interface design, feature prioritisation and institutional policies.

In conclusion, the development of a software tool that integrates an electronic diary with comprehensive assessment management offers an opportunity to reconfigure how schools coordinate teaching, learning and communication. To realise this potential, the tool must be grounded in empirical evidence on SIS effectiveness, online gradebook practices, parental involvement, learning analytics dashboards, and the psychometrics of digital assessment [1]–[10]. It must also embody robust approaches to data protection and student privacy that reflect current regulatory frameworks [11], [12]. Conceptually, the proposed system contributes to the ongoing evolution of school information environments from static repositories of records to dynamic, participatory platforms that support formative assessment, self-regulated learning, and collaborative engagement among teachers, learners, and families.

References

1. S. Ngoma, “An Exploration of the Effectiveness of SIS in Managing Student Performance,” ERIC Document ED507625, 2009.
2. J. W. Miller, K. P. Brady and L. T. Izumi, “Stripping the wizard’s curtain: Examining the practice of online gradebooks,” *School Community Journal*, vol. 26, no. 1, 2016.
3. G. L. Qunito and R. A. Namoco, “Performance evaluation and perceptions of the Online Grade Book Management System (OGMS),” *SIJ Transactions on Computer Science Engineering & its Applications*, vol. 3, no. 3, 2015.
4. L. B. Zieger and J. Tan, “Improving parent involvement in secondary schools through communication technology,” *Journal of Literacy and Technology*, vol. 13, no. 1, 2012.
5. D. Szabó, K. Gyóri, P. Lajos and G. Pusztai, “Systematic literature review on parental involvement in digital education,” *Journal of Media Literacy Education*, vol. 16, no. 2, pp. 98–107, 2024.
6. W. Matcha, N. A. Uzir, D. Gašević and A. Pardo, “A systematic review of empirical studies on learning analytics dashboards: A self-regulated learning perspective,” *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 13, no. 2, pp. 226–245, Apr.–Jun. 2020, doi: 10.1109/TLT.2019.2916802.
7. I. Masiello, Z. (A.) Mohseni, F. Palma, S. Nordmark, H. Augustsson and R. Rundquist, “A current overview of the use of learning analytics dashboards,” *Education Sciences*, vol. 14, no. 1, art. 82, 2024, doi: 10.3390/educsci14010082.
8. D. Hopster-den Otter, L. Wools, T. Eggen and B. P. Veldkamp, “The validity of technology enhanced assessments - Threats and opportunities,” in *Technology Enhanced Assessment*, Cham, Switzerland: Springer, 2019.

9. Michigan Assessment Consortium, "Validity and reliability in assessment," technical brief, July 2018, revised Aug. 2023.
10. NWEA, Not All Assessment Data Are Equal: Why Validity and Reliability Matter, Portland, OR, USA, 2020.
11. Department for Education, "Data protection in schools," GOV.UK Guidance, Feb. 2023, updated Oct. 2025.
12. U.S. Department of Education, "Protecting student privacy," StudentPrivacy.ed.gov, accessed Nov. 2025.

*Drakon D.S., higher education student,
Research supervisor: Yermakova N.A.
Senior Lecturer at the Department of Information
Technology and Mathematical Modelling
ERI "Karazin Banking Institute"
V.N Karazin Kharkiv National University*

HUMAN-AI COLLABORATION IN DECISION-MAKING: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Annotation: This paper examines the growing collaboration between humans and artificial intelligence in modern decision-making processes. It highlights both the opportunities created by intelligent systems and the key challenges related to ethics, responsibility, transparency and human dependence on technology. The study emphasises the need for balanced, safe and responsible interaction between humans and AI.

Keywords: human-AI collaboration, decision-making, artificial intelligence, ethics, transparency, responsibility, AI literacy, explainable AI, augmented intelligence

In the realities of the modern world, technological development can be described by the active integration of artificial intelligence systems into analytical processes, decision-making and the everyday life of society. Artificial intelligence has long ceased to be only a tool for simple automation and has become part of a wider ecosystem that influences key areas such as the economy, education, healthcare, culture, and even personal communication. Thanks to its high processing speed and its ability to recognise patterns that remain invisible to humans, AI has become an essential part of the modern information environment.

As a result, a new model of interaction is emerging, in which humans and AI do not compete, but complement each other. Technologies become an extension of human cognitive abilities, increasing accuracy, speed and analytical potential. This cooperation creates new opportunities for improving the efficiency of processes and the quality of decisions, especially in fields that require the analysis of large amounts of information — from medicine and finance to security management and sustainable development. At the same time, this process offers a new understanding of the role of the human being in the digital age, where the main goal is not replacement, but harmonious collaboration with intelligent systems.

Although the theoretical potential of such cooperation sounds promising and beneficial, its practical implementation creates a number of complex issues. These difficulties are related to ethics, responsibility, data reliability, and also the risk of dependence on technologies and the decline of human cognitive abilities. A person may easily become dependent on AI-based tools. This work examines these problems in detail.

The major challenge of human-AI collaboration is finding a balance between the abilities of technology and the need to maintain human control over decision-making. In spite of its high accuracy and speed, artificial intelligence cannot consider moral, intuitive or social factors, which are essential for understanding the possible consequences of actions. As a result, there is a risk of excessive dependence on automated systems, which may reduce critical thinking and weaken personal responsibility for final decisions.

In addition, the question of algorithmic transparency is becoming increasingly important. In most situations, more than 70% of users do not have access to the internal logic of AI systems. Because of this, they cannot understand why the system offers specific recommendations or conclusions. This creates the danger of hidden biases in data and increases distrust toward AI technologies, even though AI may seem free from prejudice. This makes the creation of ethical and organisational frameworks for safe and responsible interaction one of the main challenges of the modern stage of AI development, which depends not only on technical improvement.

In practice, cooperation between humans and AI appears in many areas that require accuracy, high analytical speed and the ability to work with large data sets. In medicine, AI is used for diagnosing illnesses, analysing medical images and predicting complications, yet the final decision always belongs to the doctor, who considers clinical experience, the individual characteristics of the patient and moral responsibility. The financial sector, algorithms help

assess risks, detect suspicious transactions and support investment strategies, but a human specialist determines the acceptable level of automation and evaluates the consequences.

In the field of security and cyber defence, AI can quickly detect abnormal activity and predict potential threats, which significantly improves the protection of critical infrastructure. However, automated systems cannot always understand context correctly, so the final decisions must be taken by specialists who analyse and verify the system's conclusions. A similar approach is applied in public administration, where algorithms support analytical work, but policy decisions remain with officials who take into account social and ethical factors, not only data.

The successful use of AI in such practical scenarios requires a high level of competence, responsibility and correct interpretation of results — and not only technical excellence. The development of digital literacy — AI literacy — is becoming a key condition for effective interaction between humans and machines. It helps people keep critical thinking and maintain conscious control over automated processes.

The future of human–AI collaboration is closely connected with the creation of new concepts that focus on safety, transparency, and the expansion of human potential. One of the most important directions is explainable AI, which aims to make intelligent systems capable of presenting clear and understandable explanations for their decisions. This increases trust in algorithms and helps users understand the logic behind the system's conclusions, reducing mistakes caused by blind trust.

Another critical concept is augmented intelligence, which aims to strengthen human cognitive abilities with the help of intelligent technologies. This approach views AI not as a replacement, but as a partner that supports analysis, prediction, and understanding of complex data. In fast-growing digital environments, it becomes increasingly significant to develop ethical and regulatory standards that prevent misuse, protect personal data and ensure equal access to AI technologies.

A crucial element of future interaction is education and professional training. Digital literacy, the ability to analyse AI outputs and the understanding of AI limitations directly influence how effectively a person can use intelligent systems in decision-making. It also includes understanding that “AI knows a lot” does not mean “AI is always right”. Therefore, the future model of cooperation requires not only technological solutions but also social and organisational conditions that support safe and regulated AI development.

Effective cooperation between humans and artificial intelligence in decision-making is possible only when the principles of transparency, responsibility, and trust are respected. Intelligent systems can significantly expand human cognitive potential, but they cannot replace human intuition, moral values or the ability to understand social context. The future of AI lies not in full automation, but in creating a balanced model of collaboration, where algorithms act as analytical support, while the human remains central in evaluating consequences and making final decisions.

Thus, the main task of modern society is to develop ethical, organisational and educational frameworks that ensure safe, transparent and responsible use of intelligent technologies. Only under such balanced conditions can we create a sustainable decision-making system based on the symbiosis of human intellect and the capabilities of artificial intelligence.

REFERENCES

1. European Commission. Ethics Guidelines for Trustworthy AI. Brussels: European Union, 2019. 41 p.
2. OECD. Artificial Intelligence in Society. Paris: OECD Publishing, 2019. 147 p.
3. IBM. Explainable AI. Available at: <https://www.ibm.com/think/topics/explainable-ai> (Accessed: 15 November 2025).
4. OpenAI. OpenAI Documentation. Available at: <https://platform.openai.com/docs> (Accessed: 17 November 2025).

UDC 025:004.9]:316.7(481)

Iryna Kazartceva,
candidate for a second (master's) degree in higher education,
National Aerospace University 'Kharkiv Aviation Institute'

INFORMATION RESOURCES OF THE MODERN LIBRARY AS A TOOL PROVIDING DIALOGUE BETWEEN CULTURES: THE CASE OF NORWEGIAN LIBRARIES

Abstract. The article examines the role of information resources of Norwegian libraries in the process of intercultural dialogue in the context of globalization and the digital transformation of society. The definition of a library's information resource is presented on the basis of the international definition of the concept of a "library." Existing studies on intercultural dialogue, the role of libraries in communicative processes, and the use of library information resources in cultural interaction are analyzed. Offline and online resources of Norwegian libraries are described and classified. The

study focuses on the National Library of Norway (based in Oslo and providing online services throughout the country) and the Deichman Library (23 units in Oslo), which have the potential to reach the largest audience. A structural-descriptive method with elements of content analysis is applied to examine the information resources and their functional influence on intercultural interaction. The resources are analyzed from the perspective of their direct or potential contribution to intercultural dialogue in digital and physical environments, including both national and international components. The study concludes that the information resources of Norwegian libraries create an inclusive space for cultural interaction and play a key role in supporting cultural integration.

Keywords: information resources; library resources; digital library; libraries of Norway; intercultural dialogue; cultural integration; cultural communication.

Анотація. Стаття присвячена ролі інформаційних ресурсів норвезьких бібліотек у процесі міжкультурного діалогу в умовах глобалізації та цифровізації суспільства. Наведено визначення інформаційного ресурсу бібліотеки на основі міжнародного визначення поняття «бібліотека». Проаналізовано наявні дослідження міжкультурного діалогу, ролі бібліотек у комунікативних процесах та використання бібліотечних інформаційних ресурсів у взаємодії культур. Описано й класифіковано офлайн і онлайн ресурси норвезьких бібліотек. У фокусі дослідження перебувають Національна бібліотека Норвегії (відділення в м. Осло та онлайн-обслуговування всієї країни) та бібліотека Дайкман (23 відділення у м. Осло), які охоплюють найбільшу аудиторію. Для аналізу застосовано структурно-описовий метод із елементами контент-аналізу інформаційних ресурсів та їхнього функціонального впливу на міжкультурну взаємодію. Ресурси розглянуто з позиції їхнього безпосереднього або потенційного внеску в міжкультурний діалог у цифровому та фізичному середовищах, включно з національними та міжнародними компонентами. Зроблено висновок, що інформаційні ресурси норвезьких бібліотек формують інклюзивний простір взаємодії культур і відіграють ключову роль у підтримці культурної інтеграції.

Ключові слова: інформаційні ресурси; бібліотечні ресурси; цифрова бібліотека; бібліотеки Норвегії; міжкультурний діалог; культурна інтеграція; культурна комунікація.

Relevance of the study. The modern information society is developing under the influence of, and in close connection with, the processes of globalization and digitalization. This creates an increased need for the creation, preservation, and dissemination of informational products that support cultural exchange, enrich knowledge, and facilitate communication processes within society. In the context of growing cultural diversity and active migration to Norway, the question of the role of libraries as institutions of intercultural dialogue becomes particularly significant. Libraries, as information and cultural centers of society, actively provide information to the population both offline and online. The modern “new type” library is continually evolving, transforming, and improving under the influence of societal changes and the information needs of its users.

Norway is one of the European leaders in the digitalization of public services and, at the same time, a country with a high proportion of residents with a migration background, which makes its library sector a representative case for studying cultural integration. In particular, libraries in Norway are developing their own systems of digital services and collaborating with international library projects. Library institutions play an important role in society as information centers, spaces for social life, and arenas for debate and public discussion. These aspects are especially significant in Norway’s multinational society, as they support intercultural dialogue, the adaptation of migrants and refugees, and the acquisition of knowledge about other cultural traditions by Norwegian citizens.

The description of current practices of the usage of information resources in Norwegian libraries to support intercultural dialogue is important for understanding the nature of the modern digital and globalized society. The analysis of the described resources and practices of their creation, spreading, and usage allows us to gain new scientific knowledge about modern library service users, as well as the place and role not only of library information resources, but also of modern libraries as providers of these resources in society. Modern information resources, including those of Norwegian libraries, have not yet received sufficient attention from researchers, which makes this topic promising for developing new practices, experiences, and directions within library and information science.

Problem statement. The usage of information resources is a widespread and essential component of library activity in Norway, and the usage of digital resources is often equivalent to the usage of traditional offline resources. However, while the role of library resources in the cultural sphere has been sufficiently researched and understood, information resources, especially the latest digital ones, as a tool for intercultural dialogue remain understudied. Despite the active development of library information resources, the question of how traditional, digital, and multimedia resources influence intercultural communication within Norwegian society has not yet received adequate attention in academic research.

Analysis of research. Initial approaches to solving this problem appear in the publications of various authors. I. M. Hoian, N. A. Bachynska, and T. V. Kychkyruk [1] analyze the prospects of developing the library as an intercultural hub and the expansion of its functional domain. D. A. Lys [3] describes the transformation of libraries in modern society

through innovative digital technologies. S. A. Molchanova [4] focuses on the social and communicative activities of libraries under conditions of significant change in the contemporary cultural space. H. V. Shemaieva [7] reveals the significance and characteristics of intercultural dialogue in library communication based on foreign experience. O. Petunina and M. Mishchenko [5] explore new directions of intercultural dialogue, while N. Mogan and I. Chornomordenko [6] examine the phenomenon of cultural dialogue in its value-based context.

The reviewed academic publications reflect scholarly interest in the processes of library development and transformation, its functions, the use of digital technologies, and international library experience. However, the specific role of information resources, particularly digital ones, in facilitating intercultural communication remains insufficiently studied. This forms a research gap addressed in the present article. The aspects that require deeper examination include:

- the lack of a systematic description of the information resources of Norwegian libraries in the context of intercultural communication;
- insufficient analysis of their functional influence on the interaction of cultural groups;
- the absence of developed approaches to classifying digital resources as instruments of intercultural dialogue.

Purpose of the article. The purpose of the article is to examine the practical possibilities and prospects of libraries as cultural institutions that actively facilitate intercultural communication, using the experience of libraries in Norway as a case study; and to analyze the information resources of these libraries within the context of their role in cultural dialogue in the modern digital environment.

Objectives of the article:

1. To characterize the information resources of the National Library of Norway and the Deichman library.
2. To analyze their potential in facilitating intercultural communication.
3. To identify prospects for the development of library resources in the context of cultural integration.

Main text.

1. Information Resources

In this study, it is first necessary to define and outline the concept of information resources. For this purpose, the definition of the term “library” presented by the UNESCO Institute for Statistics is used. In this definition, a library is described as “an organization or part of an organization whose principal objectives are the acquisition, maintenance, and preservation of a collection and the promotion of the use of such information resources and facilities as are required to meet the informational, research, educational, cultural, or recreational needs of its users; these are the essential requirements of a library and do not exclude any additional resources and services related to its primary purpose (ISO, 2006). It includes any organized collection of books and periodicals in electronic or printed form, or any other graphic or audiovisual materials (based on UNESCO, 1970). It includes virtual libraries and digital catalogues” [12].

From this definition, it follows that information resources include an organized library collection consisting of books, periodicals in electronic or printed form, other graphic or audiovisual materials, virtual libraries, and digital catalogues. This definition is adapted from the international standard ISO 2789 “Information and Documentation – International Library Statistics” (2006) and the UNESCO Recommendation concerning the International Standardization of Library Statistics (1970) [12].

Thus, in this article, library resources will be understood as books and periodicals in electronic or printed form, graphic and audiovisual materials, virtual library materials, digital catalogues, search tools, and similar materials. It is evident that information resources of modern libraries exist both in offline form, accessible physically within the library building, and online, via the official digital platforms of the library. The use of online library resources expands access to library collections and allows libraries to reach a significantly larger audience, including individuals and groups who, for various reasons, do not have the possibility to visit the library in person.

2. Intercultural dialogue

When examining the characteristics of cultural dialogue, it is important to note that it differs from ordinary economic or political cooperation, as it leads, among other things, to changes in cultural patterns, mechanisms of social interaction, worldviews, and moral norms of the participants of cultural dialogue. Cultural exchange can occur both at the personal level and at the civilizational or national level, when it encompasses a community of people.

The issue of cultural dialogue has become especially relevant due to the globalization processes of the present century and the new conditions in which different cultures coexist. Researchers also emphasize the problem of preserving cultural values and transmitting them into the future, which is pertinent to library activity and library resources, as this is one of the tasks of libraries as cultural institutions. Through their activities, as well as through the preservation, dissemination, and provision of access to information, libraries can introduce users to other cultures.

Familiarity with another culture always creates opportunities for development, the adoption of new cultural models, and the rethinking of both artistic and moral norms and values. The result of the interaction of cultures today is

the synthesis of cultural traditions and changes in cultural patterns. Art and culture remain among the most important channels of intercultural communication because modern technologies make it possible to engage online in virtual tours, international events, exhibitions on the internet, or to attend cultural events in digital format [5].

Of particular interest is the experience described by Latvian researcher L. Eterlmane, who outlines a project designed to facilitate cultural dialogue through interaction between cultural actors from Latvia and Ukraine. The project specifically highlights the use of electronic resources for disseminating information and engaging a broader audience in cultural dialogue, including using the library's website to share news about events and invite public participation [2].

Thus, electronic information resources provided by libraries are becoming more widely used. Internet-based information resources also create opportunities for libraries to present national culture to the world. Cultural dialogue functions as a source of integration and enrichment of world culture and is the foundation for the further development of interethnic and international relations [5].

It is impossible to analyze cultural dialogue without considering its value dimension. Researchers note that the core of any culture is its system of values, which arise ideologically and are embodied materially in practical activity, accumulating and being understood within communicative activity. These values are created, preserved, and transmitted in the form of signs and texts, which directly relates to library activity. The search for new forms of cultural coexistence today is impossible without an established dialogue between cultures. This dialogue occurs under conditions of economic and socio-political restructuring, challenges, and the increasing internal diversity of cultures. Consequently, values are being reinterpreted both for individual cultures and for humanity as a whole.

The examination of cultural dialogue in a library context is relevant because the process of cultural dialogue is associated with values and demonstrates the dynamic nature of values and their ability to be expressed, accumulated, and disseminated in the form of signs and texts, manifested as words and messages directed toward recipients. Researchers also highlight the need to identify the factors that shape the values of cultural dialogue and explain the importance of universal and cultural values in this process [6].

3. The library in the cultural dialogue

The modern library functions not only as an informational and educational centre but also as a sociocultural and communicative centre. This is connected to the fact that in contemporary conditions the library actively interacts with its external environment and positions itself within it. Such interaction reveals the communicative nature of the library and enables it to act as an active subject in this process. This activity unfolds under conditions of significant transformations taking place in the cultural sphere [4].

Modern researchers increasingly conceptualize the library as an intercultural centre that exists and operates according to the needs of the modern globalized society. Historically, libraries have served as information centres, but today this traditional role is complemented by the role of cultural centres for local communities. In order to function as a cultural centre, a library must possess sufficient authority as well as internal and external resources (such as state support). Libraries serve as meeting places for representatives of different cultures, including local residents, tourists, migrants, and people of various nationalities.

Researchers view the transformation of libraries into multicultural centres positively and note that this expansion of library functions will foster cultural dialogue, in which different vectors of interaction between social groups complement rather than exclude one another [1].

The organization of intercultural dialogue is defined as a new dimension of library activity. We apply the tendencies for implementing cultural dialogue proposed by H. V. Shemaieva, who distinguishes two separate but interconnected directions: serving national minorities, migrants, and library users from other countries, and international cooperation between libraries (including organizing and conducting international conferences and implementing joint international projects), combining interactive traditional and virtual forms of library services [7].

The modern library becomes an active participant in state cultural policy, influencing the formation of cultural consciousness through the social dimension of the informational environment. Through the accumulation and dissemination of social experience and values significant both for society and for the individual, library functions expand in accordance with contemporary capacities. The library of the "new type" can influence the development of cultural needs, the overall process of gaining knowledge, and stimulate the creative and moral dimensions of the personality. Users of library services gain the opportunity to work with information through library information systems. Meanwhile, the general mission of the library remains unchanged; what changes are the forms and means of its implementation [3]

4. The case of Norway

When examining the case of Norwegian libraries, it is logical first to turn to the country's library legislation. Article 1, Section 1 of the Public Libraries Act [10] defines two equally important tasks of the library:

1. Public libraries shall promote the dissemination of knowledge, education, and other cultural activities by means of active informational work and by providing free access to books and other media for all residents of the country.
2. Public libraries shall be an independent meeting place and arena for public discussions and debates [10].

Thus, it is expected that the informational resources of state libraries will function in ways that ensure compliance with these statutory requirements.

Two Norwegian libraries and their informational resources were selected for description and analysis. The first is the National Library of Norway (Nasjonalbiblioteket) [11]; this choice is justified by the institution's national significance and its functions, which include online services for users and the provision of access to the library's electronic resources for users throughout Norway. The second library chosen for this study is the Deichman library (Deichmann) [9], located in the municipality of Oslo, as the capital municipality has the largest population. Therefore, the branches of this library, together with its online resources, reach the largest potential audience.

We consider the informational resources of modern Norwegian libraries as tools for facilitating cultural dialogue, in accordance with the two tendencies described earlier in this article:

1. serving national minorities, migrants, and foreign users of the libraries;
2. international cooperation, in which these libraries participate.

Based on the aims and tasks of this research, these tendencies are applied directly to the description and analysis of existing electronic resources of libraries that support cultural dialogue.

Turning to the National Library of Norway (Nasjonalbiblioteket), it is essential to examine its strategic documentation, which outlines the institution's areas of activity and priorities. The Government of Norway has expanded its national library strategy (until 2025), emphasizing the role of libraries as "spaces for democracy and self-development". This strategy includes 25 measures aimed at attracting new library users and ensuring that cultural offerings meet the needs of a diverse population. The strategy explicitly requires public libraries to uphold cultural diversity, social inclusion, and universal design [8].

The offline resources of the National Library of Norway include a wide range of materials, such as books and other media in Norwegian and other languages [11]. These resources reflect the historical, cultural, literary, and media heritage of the country and provide a foundation for the study of cultural processes and intercultural interaction.

1. Books in various languages (bøker på forskjellige språk). The availability of books in languages other than Norwegian is one of the key factors supporting the claim that the informational resources of Norwegian libraries function directly as instruments of cultural dialogue. Access to literature in their native languages allows speakers of these languages to feel included in the literary and cultural life of the country where they reside, while also making linguistic minorities visible within society. At the same time, it enables Norwegian citizens interested in other cultures to explore their heritage in the original language. Many books in the library collections are available both in the original language and in Norwegian translation. This helps libraries retain potential users: newly arrived residents become accustomed to library services by accessing literature in their own language and, after acquiring Norwegian language skills, they often return to read Norwegian literature in the original or foreign literature translated into Norwegian. Thus, once language competence is gained, a person who previously accessed literature in their mother tongue is equally motivated to explore the literature of their new country of residence.

2. Literature (Litteratur). The National Library holds the world's largest collection of Norwegian literature, including Norwegian and foreign fiction, non-fiction, periodicals, and ephemera. The collection spans the period from 1450 to the present. This body of materials reflects the development of literary traditions and Norway's cultural interaction with other countries.

3. Newspapers (Aviser). The National Library possesses an almost complete collection of Norwegian newspapers from 1763 to the present, consisting of approximately 50 000 volumes, covering both nationwide and regional publications. Newspapers document historical discourses, social transformations, and cultural contacts, making them an essential source for intercultural and historical research.

4. Book-historical collections (Bokhistoriske samlinger). These include rare books and editions from 1450–1850: incunabula (1450–1500), rare books (libri rari), Elsevier publications (1500–1850), and all Norwegian books published from 1519–1850. This collection is an important source for the study of printing culture, book history, and European cultural heritage.

5. "Norway's Documentary Heritage" (Noregs dokumentarv). This is part of UNESCO's Memory of the World international register. The National Library preserves 18 documents, including the archives of Ivar Aasen, Edvard Grieg, films of Roald Amundsen, as well as historical audio recordings and documents. These are culturally significant artifacts that represent national memory within a global context.

6. Private archives (Privatarkiv). This is the largest collection in Norway of private archives of writers, artists, performers, scholars, and cultural figures: letters, manuscripts, photographs, films, digital documents, and archives of cultural organizations, publishers, and artistic groups. These materials provide access to personal histories, creative practices, and cultural interactions, forming a complex picture of Norwegian culture.

7. Radio and television archives (Kringkasting). When it comes to Norway's audiovisual history, the National Library is the primary repository. Its collections include audiovisual materials from major Norwegian broadcasters and media companies, including the complete archive of the Norwegian Broadcasting Corporation (Norsk Rikskringkasting, NRK) after 1990, covering both television and radio. The library also receives materials from TV 2, one of Norway's main commercial TV channels, and TV Norge (TVNorge), a major private broadcaster since 1992. The collection contains recordings from P4 Radio Hele Norge (P4), a nationwide commercial radio station broadcasting since 1993, and archives of Radio Norge, another major commercial station with material preserved since 2012. All of these materials are received through the legal deposit system and form an essential part of Norway's media heritage, which the National Library preserves for research, documentation, and long-term access.

8. Films (Film). The library holds the largest film collection in the country: Norwegian films from 1903 to the present across all genres and formats; a large international film collection; and archival documentation such as stills, posters, brochures, manuscripts, and private film archives. Access is provided in special viewing rooms or via interlibrary research requests. Films and accompanying materials serve as instruments of cultural memory and reflect the history of intercultural interaction in Norwegian cinema.

9. Music (Musikk). The library preserves the country's largest music collection, including audio recordings, sheet music, musical manuscripts, books and journals on music, archives of musicians and organizations, as well as collections of folklore, jazz, and popular music. Materials are available for listening in designated rooms or through ordered copies. The resource demonstrates the preservation and development of musical heritage as part of cultural dialogue [11].

Thus, the offline resources of the National Library of Norway constitute a unique cultural complex that integrates the country's literary, historical, audiovisual, and artistic heritage. Owing to the diversity of its collections – from manuscripts and rare editions to film documents, radio archives, and music collections – the library serves as a key custodian of cultural memory, provides conditions for academic and intercultural research, and contributes to the development of cultural dialogue in Norwegian society.

The offline resources of the library are disseminated through [11]:

1. Exhibitions (utstilling). Exhibitions cover a wide range of themes and may be dedicated to significant dates, events, or cultural figures, representing both national and international contexts.

2. Events (arrangement). Similar to exhibitions, the events held at the library, together with the dissemination of its informational resources, also encompass both national and international perspectives [11].

Thus, exhibitions and events serve as instruments for disseminating and interpreting the library's offline resources, transforming them from static collections into active cultural meanings. They create dynamic interaction between users and library materials, provide conditions for intercultural dialogue, and support the development of the library as an open sociocultural institution in which physical resources acquire new significance through public presentation and collective discussion.

The online resources of the National Library of Norway include the digital library, databases, and podcasts [11]:

1. Digital collection (nettbiblioteket: bøker, aviser, bilder, tidsskrift, radio, kart, brev og manuskripter, musikk, noter, musikk-manuskripter, plakater, fjernsyn, film, program-rapporter). This digital collection includes books, newspapers, images, journals, radio archives, maps, letters and manuscripts, music, sheet music, musical manuscripts, posters, television, films, and programme reports. The wide range of materials enables cultural exchange in various forms: access to original texts and images from different historical periods, insights into media history, cartography, and musical heritage. The resource allows users from different cultural backgrounds to acquaint themselves with Norwegian cultural heritage as well as to locate materials related to other cultures represented in the collection.

2. Digital library (Nasjonalbibliotekets nettbibliotek – digitaliserte bøker, aviser og tidsskrifter). The digital library provides access to digitized books, newspapers, and periodicals from various historical periods. The availability of materials in multiple languages and from different world regions enables users to engage with global cultural contexts and study transnational interactions reflected in the sources. For migrants and foreign users, this is an important tool for maintaining connection with their cultural heritage, while for Norwegians it provides an opportunity to deepen knowledge of other cultures.

3. Database of digitized newspapers (Nasjonalbibliotekets avisbase – mer enn 2,5 millioner digitaliserte aviser). Containing more than 2.5 million digitized newspapers, this resource provides access to a wide array of historical and

contemporary media texts. Newspapers reflect cultural, social, and political processes of their time; thus the database offers opportunities for intercultural comparison, studying discourses about other countries and communities, and analysing how different cultures have been and are represented in Norwegian media. This contributes to understanding the place of the “Other” in Norwegian society and supports broader cultural dialogue.

4. Podcasts (podkast). Podcasts record cultural discussions, lectures, author meetings, and presentations, serving as a medium for cultural dialogue in digital format. Access to podcasts enables participation in library events regardless of geographical location and preserves multilingualism and thematic diversity, covering both Norwegian culture and international issues presented by speakers from various countries. Podcasts also make public discussions accessible to those who do not yet have full proficiency in Norwegian, as many events include English or feature speakers with international backgrounds [11].

The online resources of the National Library significantly expand access to cultural heritage, making it part of an open global information space. Digitized books, newspapers, periodicals, audio and video materials allow users with diverse cultural and linguistic backgrounds to interact with historical and contemporary sources in a convenient digital format. This access minimizes geographic and social barriers, supports intercultural comparison, and ensures the preservation of cultural heritage across borders, making the library an active participant in digital humanities.

Examples of the National Library’s international cooperation include its participation in Europeana, a joint European digital library organized by the European Library. Europeana presents European cultural heritage through millions of digital objects online. The National Library also participates in the European Daguerreobase project together with the University Library of Bergen and 16 partners across Europe. The project aims to create a database of over 25 000 daguerreotypes. Information and image files from this database are also disseminated through Europeana. The project was partially funded by the ICT Policy Support Programme (ICT PSP), part of the EU’s Competitiveness and Innovation Framework Programme. The National Library is responsible for the European Film Gateway (EFG) portal in Norway. This web portal provides access to digitized film materials and is the result of collaboration between film archives, libraries, and cinemathèques across Europe.

The international censorship database Beacon for Freedom of Expression contains about 50 000 references to censored books, newspapers, websites, TV and radio broadcasts, as well as literature on censorship and freedom of speech. The National Library manages Beacon for Freedom of Expression in cooperation with an international council [11].

The Deichman Library (Deichman) differs in scale of operation, but the general tendencies of Norwegian library services remain unchanged. In particular, the Deichman 2025–2028 strategic document states that the library plans to “tilrettelegge for møter mellom mennesker” (to create spaces for meetings between people with different backgrounds) [13]. This indicates an intention to function as “a platform for open dialogue” within a sociocultural context that incorporates an international component.

The offline resources of the Deichman Library include a wide range of materials and collections that support the informational, cultural, and recreational needs of users. They constitute the foundation of the library’s physical space, where access to knowledge, cultural content, and material heritage takes place. The primary physical resources of the library include [9]:

1. Book collection (Bøker). The library’s collection consists of almost one million books covering various fields of knowledge and genres. This resource forms the core of the library’s informational and cultural function.

2. Newspapers and periodicals (Aviser og tidsskrifter). Users may read or borrow current and archived periodicals, which provides access to various media discourses and supports awareness of national and international events.

3. Board games (Brettspill). The collection of board games for children and adults creates opportunities for social interaction, leisure, and informal cultural exchange.

4. The Carl Deichman Collection (Carl Deichman-samlingen). This historical collection includes around 21 000 books and manuscripts representing Norway’s cultural and book heritage.

5. Films (Filmer). The library offers the possibility to borrow films from different countries around the world, facilitating engagement with international cultural traditions and cinematography.

6. Multilingual collection (Flerspråklig samling). The library provides access to books and films in many languages, which is an important tool of inclusion and a means of supporting intercultural communication.

7. Quick loans (Hurtiglån). A collection of the most popular books available for short-term borrowing allows rapid access to high-demand literature.

8. Music recordings (Musikkinnsplinger). Users may borrow music that is not available on digital streaming platforms, contributing to the preservation and dissemination of diverse musical traditions.

9. Sheet music (Noter). The collection contains over 11 000 sheet music editions, providing access to a wide musical repertoire from classical works to contemporary genres.

9. Comics (Tegneserier). The collection contains more than 11 000 comic titles representing various styles and cultural traditions of graphic literature [9].

The offline resources of the Deichman Library create a sociocultural environment in which the library functions not only as a repository of knowledge but also as an active instrument of integration. The diversity of material resources – from book collections to board games, musical instruments, and multilingual materials – ensures inclusiveness, supports cultural diversity, and fosters a shared space of interaction among groups with different cultural, linguistic, and social profiles. Thus, the library serves as a mediator between cultures and plays an important role in strengthening intercultural dialogue.

The offline resources of the library are disseminated in particular through [9]:

1. Events – debates, lectures, performances (Arrangementer – debatter, samtaler, foredrag, forestillinger). Library events address themes of national and international scope, creating conditions for discussion among representatives of different cultures and fostering a shared space for communication.

2. The service “Art and exhibitions” (Kunst og utstillinger). Art exhibitions present the work of both Norwegian and foreign artists, allowing users to become familiar with the artistic traditions of different countries [9].

The digital resources of the Deichman Library include e-book services, multimedia, music catalogues, dictionaries, podcasts, and recordings of public events [9]:

1. E-books and audiobooks: BookBites, Libby. These services provide access to e-books and audiobooks in various languages, allowing users with multicultural backgrounds to access literature in languages they know, as well as to become acquainted with Norwegian literature in a convenient digital format.

2. E-books in different languages (Verdensbiblioteket) and newspapers and magazines in different languages (Pressreader: 7000 newspapers and magazines in 60 languages). These resources, which include a large number of multilingual materials, create a broad space for intercultural communication and access to information, enabling readers to obtain news and cultural content from many parts of the world.

3. Films: Filmbib, Filmoteket, Filmrommet. These digital film services provide access to national and international films, supporting engagement with cultural narratives from different countries and fostering understanding of the contexts in which contemporary cinema is produced.

4. Legal database (Lovdata Pro). Access to legal documents enables users to understand Norwegian legislation, which is a significant aspect of integration for migrants and newly arrived residents.

5. Music catalogue (Naxos). The music catalogue presents a wide variety of genres and cultural traditions, offering opportunities to explore the music of different peoples around the world.

6. Electronic dictionaries (Ordnett). These dictionaries serve as linguistic support tools both for Norwegians and for those learning Norwegian or working with other languages.

7. Podcasts (Podkast). The podcasts created or collected by the library cover various topics, including cultural and social issues, expanding the informational environment of users.

8. Recordings of discussions (Samtaler, debatt og foredrag). Recordings of discussions and public lectures allow users to explore contemporary societal issues in an accessible digital format.

9. Music blog (Musikkbloggen). The music blog provides access to reviews and recommendations reflecting both the Norwegian and international music scenes [9].

The digital resources of the Deichman Library create a flexible and accessible space for cultural interaction, allowing users to choose formats according to their linguistic, educational, and cultural needs. E-books, films, multimedia, music catalogues, dictionaries, and event recordings ensure continuous access to knowledge irrespective of users’ social status or level of integration. Due to multilingualism and thematic diversity, these resources support intercultural communication and foster understanding of cultural narratives represented in the contemporary globalized information environment.

The informational and service-related activities of the Deichman Library also deserve attention. These elements are not considered library resources according to the definition of the UNESCO Institute for Statistics [12], but are included in this article as informational service activities due to their close connection with library resources and their role in cultural integration. Among them are [9]:

1. Guided tours (omvisninger). Library tours, including for newcomers to Norway, help users familiarize themselves with the library space, its possibilities, and its resources, facilitating their entry into the country’s cultural and informational environment.

2. Courses and training (Kurs og læring): New Amigos Language Café, Norsktraining med Røde Kors, Språkkafé. The courses and language practice offered by the library help migrants who have recently arrived in the country become familiar with a new language and culture, socialize, and meet both Norwegians and people from other cultures with migration backgrounds, creating opportunities for mutual exchange.

3. School service (Skoletjenesten). These services help introduce schoolchildren, many of whom may have multicultural backgrounds, to library resources, literature, and the cultural heritage of the country.

4. Digital audio production (Digital lydproduksjon) and podcast studio (Podkaststudio). This service provides opportunities for people with limited financial resources, including migrant groups, to engage in creative activity, share information about their own and other cultures, and contribute to expanding Norway's cultural information space.

6. Events and conferences (Event & konferanse). By providing space for events and meetings, the library acts as a site of interaction for different cultural groups, professional communities, and initiatives, thereby supporting intercultural dialogue.

7. Public computers (PC for lån). Access to computers reduces digital inequality and provides opportunities to work with informational resources for users with diverse social and cultural backgrounds [9].

Although Norway is represented internationally primarily through the National Library, other library institutions, including the Deichman Library, also participate in international cooperation. This cooperation is evident foremost in the creation of informational resources and the provision of access to them. Historically, the Deichman Library was involved in the creation of The Multilingual Library, a section dedicated to literature for migrants, refugees, and foreign residents. This library functions as a competence centre for libraries regarding multicultural work and can be considered a form of "international or intercultural cooperation". Today, however, The Multilingual Library is part of the National Library of Norway, and Deichman does not act as an external international partner.

The Deichman Library has also selected the IT system Cicero developed by Systematic A/S. Systematic is an international company, and Deichman enables other libraries (in other municipalities) to connect to its solution. This technological partnership is important in terms of experience exchange and infrastructural cooperation.

Conclusions

The conducted study has established that the informational resources of Norwegian libraries, both offline and digital, play a significant role in ensuring intercultural communication in Norway's contemporary multicultural society. The analysis of the resources of the National Library of Norway and the Deichman library network has demonstrated that their collections, digital archives, multimedia materials, and access tools form a broad cultural and informational space in which users with diverse linguistic and cultural backgrounds can acquire knowledge, interact with cultural narratives, and maintain a connection with their own cultural heritage.

An important result is the identification of the fact that digital resources – e-books, film services, music catalogues, dictionary databases, podcasts, and recordings of public events – not only expand access to information but also reduce social and linguistic barriers. They provide flexible formats for intercultural interaction, make it possible to overcome geographical limitations, and support cultural integration through the availability of diverse linguistic and thematic materials.

It is also necessary to emphasize the importance of combining resources and services. Although informational and service-based activities of libraries – such as language courses, school programmes, creative studios, or event spaces – are not informational resources in the strict sense of the term, they function in inseparable connection with the library's resource base. Together with access to offline and online materials, these services form a sociocultural environment in which direct interaction between cultural groups takes place, experience is exchanged, and stable communicative links are established.

Thus, the informational resources of Norwegian libraries function not only as tools for preserving and disseminating knowledge, but also as key factors enabling cultural dialogue, migrant integration, and the development of an open, inclusive society.

Prospects

Future research may focus on the comprehensive study of the library as an integrated social resource and as a centre for the integration of cultural communities. A promising direction is the analysis of the interaction between informational resources and library services, as well as the identification of their combined impact on cultural integration processes in Norway.

Of particular scholarly interest is the comparison of the popularity of offline and online resources among different user groups, including migrants, international students, temporary workers, and tourists. Such studies would allow researchers to determine how digitalization transforms user behaviour and which access formats are most effective for supporting cultural dialogue.

Another promising direction is the study of real practices of using library resources by migrant communities: frequency of access to different types of resources, user motivations, language barriers, and evaluations of resource effectiveness in the adaptation process. Sociocultural research of this type could provide empirical data needed to improve library programmes, increase the inclusiveness of digital platforms, and strengthen the role of libraries as institutions of intercultural communication in the modern globalized society.

References

1. Hoian I.M., Bachynska N.A., Kychkyruk T.V. Dialogue of Cultures: The Library as an Intercultural Hub. Scientific Journal "Bulletin of the National Academy of Managerial Staff of Culture and Arts", 2019. URL: <http://194.44.152.155:8080/handle/123456789/3237>.
2. Eltermane L. Intercultural Dialogue – A Tool for Library Promotion. National Library of Ukraine named after Yaroslav the Wise, 2019.
3. Lys D. Philosophical and Cultural Aspects of the New-Type Library in Digital Space. Editorial board: O. Oborskyi — Doctor of Technical Sciences, Professor, Full Member of the Academy of Engineering Sciences of Ukraine, Honoured Worker of Education of Ukraine, Rector of the National University "Odesa Polytechnic"; V.H. Sprynsian — Candidate of Art Studies, Associate Professor, Honoured... Kyiv National University, 2023.
4. Molchanova S.A. Socio-Communicative Activity of the Library in the Contemporary Cultural Space. Admiral Makarov National University of Shipbuilding, 2018. URL: <https://elar.khmnu.edu.ua/handle/123456789/7516>.
5. Petunina O., Mishchenko M. Dialogue of Cultures: New Directions and Research Tools. Problems and Prospects of Forming the National Humanitarian and Technical Elite: Collection of Scientific Papers. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/46f044a0-9fd8-4df6-9340-634d40db2c07/content>.
6. Mogan N., Chornomordenko I. Dialogue of Cultures as a Dialogue of Values. Multiversum. Philosophical Almanac. 2021. Vol. 1, 1(173), pp. 139–154. DOI: 10.35423/2078-8142.2021.1.1.10.
7. Shemaieva H.V. Intercultural Dialogue in the Context of Library Interaction. Bulletin of the National Academy of Managerial Staff of Culture and Arts. National Academy of Managerial Staff of Culture and Arts, 2019. No. 2. Pp. 135–139. URL: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=821560>
8. Bibliotekutvikling - engelsk. Bibliotekutvikling. URL: <https://bibliotekutvikling.no/om-bibliotek-engelsk/>.
9. Deichman.no [Electronic resource]. URL: <https://deichman.no/> (accessed: 14.11.2025).
10. Lov Om Folkebibliotek (Folkebibliotekloven) - Lovdata [Electronic resource]. URL: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1985-12-20-108> (accessed: 14.11.2025).
11. Nasjonalbiblioteket [Electronic resource]. Nasjonalbiblioteket. URL: <https://www.nb.no/> (accessed: 14.11.2025).
12. UIS Data Browser [Electronic resource]. URL: [https://uis-data-browser-frontend-9qoly6dvy-ixt1.vercel.app/resources/glossary/\[termId\]](https://uis-data-browser-frontend-9qoly6dvy-ixt1.vercel.app/resources/glossary/[termId]) (accessed: 15.11.2025).
13. En lesende by, et levende lokaldemokrati - Deichman.no [Electronic resource]. 2025. URL: [https://deichman.no/aktuelt/En lesende by, et levende lokaldemokrati _IEEhOmZ6mn](https://deichman.no/aktuelt/En%20lesende%20by,%20et%20levende%20lokaldemokrati_IEEhOmZ6mn) (accessed: 19.11.2025).

Ewa Kuzionko-Ochrymiuk
Faculty of Management
University of Białystok
Andriy Khaletskyi
Department of Management and Administration,
Vinnitsa University of Continuing Education

DIGITAL COMPETENCES IN THE MODERN ECONOMY

Keywords: digitalization, digital competences, sustainable development

The modern economy, increasingly referred to as the digital economy, is based on the intensive use of information and communication technologies (ICT), process automation, and the development of artificial intelligence. Digital competences are becoming a key factor in the competitiveness of individuals, organizations, and countries. The aim of this article is to analyze the role of digital competences in the context of sustainable economic development and to identify the relationship between the level of these competences and economic and environmental performance.

It's worth emphasizing that contemporary challenges related to sustainable development require innovative approaches that combine technology with environmental, social, and economic concerns. In the European Union, digital

skills play a crucial role in achieving the Sustainable Development Goals (SDGs), providing the foundation for innovative solutions in many areas, from energy efficiency and increased access to public services to sustainable urban development. The research problem of this article is to determine the impact of digital skills on sustainable development in European Union member states, taking into account the latest data. The main hypothesis of the study is that the development of digital skills is crucial for implementing the concept of sustainable development. Specific hypotheses are also formulated:

H1: A high level of digital literacy in society fosters increased innovation and economic productivity.

H2: Developing digital literacy increases the accessibility of public services and improves the quality of life of citizens in EU countries.

H3: Differences in digital literacy levels across EU countries lead to inequalities in achieving sustainable development goals.

In order to answer the research problem and verify the hypotheses, the study used the literature on the subject, analysis of reports, Eurostat data, and statistical methods.

Key findings showed that digital literacy is crucial for implementing the concept of sustainable development, although significant differences exist in digital literacy levels among European Union member states. Technologies such as the Internet of Things (IoT), data analysis, artificial intelligence, and the digitization of production processes and energy management can contribute to reducing energy consumption and greenhouse gas emissions. In the context of sustainable social development, digital literacy enables broad access to health, education, administrative, and transportation services, which can contribute to more equitable development in societies. The development of digitalization also increases opportunities for equal access to services, regardless of residence (in urban and rural areas). In the face of the green transition, digital literacy is becoming crucial in the development of new industries, such as renewable energy technologies, sustainable transport, and the circular economy.

The results of the research may be useful, among others, to government decision-makers regarding the assumptions adopted by the European Commission in 2021 in the "Digital Compass 2030" document. The study's original contribution is expressed in the diagnosis of digital skills levels and their impact on sustainable development, as well as in the indication of actions addressed to groups with varying levels of digital skills and a particular emphasis on the further development of education courses for ICT specialists.

References:

1. Bayar, Y., Yorulmaz, Ö., Yelkesen, O., & Toader, V. (2024). The interaction between ICT penetration and sustainable development: Empirical evidence from African countries. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, 1685. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-04174-z>
2. Z. Chojnicki, T. Czyż, *Zróżnicowanie przestrzenne poziomu życia ludności*, Biuletyn KPZK PAN, 153, 1991, s. 15; A. Sobala-Gwosdz, *The change in the rural standard of living during the transformation period in the Podkarpackie Province*, IGiGP, 114, Warsaw 2004, 93-106.
3. Z. Hellwig, *Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom ich rozwoju i strukturę wykwalifikowanych kadr*, [w:] *Przegląd Statystyczny*, nr 4, 1968, s. 323–326.
4. Kovacic, Z., García Casañas, C., Argüelles, L., Yáñez Serrano, P., Ribera-Fumaz, R., Prause, L., & March, H. (2024). *The twin green and digital transition: High-level policy or science fiction?* *EPE: Nature and Space*, 7(6), 2251–2278. <https://doi.org/10.1177/25148486241258046>
5. A. Malina, *Wielowymiarowa analiza przestrzennego zróżnicowania struktury gospodarki Polski według województw*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 2004, s. 32-35.
6. A. Młodak, *Analiza taksonomiczna w statystyce regionalnej*, Difin, Warszawa 2006, s. 28-33;
7. Muñoz-de-Bustillo Llorente, R. (2024). *A critical review of the digital and green twin transitions: Implications, synergies and trade-offs* (JRC Working Papers Series on Labour, Education and Technology, 2024/07; JRC140036). European Commission, Joint Research Centre, Seville.
8. OECD (2024), *OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a1689dc5-en>.
9. OECD (2023), *OECD Skills Outlook 2023: Skills for a Resilient Green and Digital Transition*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/27452f29-en>.
10. Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens* (EUR 31006 EN, JRC128415). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/115376>
11. A. Zeliaś (red.), *Taksonomiczna analiza przestrzennego zróżnicowania poziomu życia w Polsce w ujęciu dynamicznym*, Wyd. Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 2000. , s. 127.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A RESEARCH-INFORMED SOFTWARE TOOL FOR FOREIGN LANGUAGE LEARNING

Annotation. The paper discusses the conceptual design of a software tool for learning foreign languages that integrates insights from second language acquisition, computer-assisted language learning and learning analytics. Drawing on research into CALL, MALL and digital language learning, the proposed system is conceived as a mobile-first, cross-platform environment that embeds task-based pedagogical principles, extensive vocabulary support and alignment with the Common European Framework of Reference for Languages. A modular architecture is outlined, in which communicative tasks, focused form activities and assessment components are orchestrated into adaptive learning paths driven by learner and domain models. Particular attention is given to learner autonomy, with facilities for goal setting, reflection, and portfolio building, as well as to the role of learning analytics dashboards for learners, teachers, and researchers. The paper also emphasises the importance of teacher education and authoring tools to ensure meaningful integration of the software into formal and informal learning ecologies. The resulting design aims to provide a research-informed, scalable, and ethically responsible platform for supporting diverse language learners while generating data that can inform ongoing improvements in both technology and pedagogy.

Keywords: foreign language learning; computer-assisted language learning; mobile-assisted language learning; adaptive learning systems; learning analytics; learner autonomy; vocabulary acquisition; CEFR-aligned assessment

The development of a software tool for learning foreign languages is situated at the intersection of second language acquisition research, educational technology, and software engineering. Over several decades, research in computer-assisted language learning (CALL) has shown that digital tools can create rich environments for practice, assessment, and research when grounded in sound pedagogical principles rather than technological novelty alone [1]. More recent work on “digital language learning” emphasises that language learning technologies should not only digitise existing materials, but also exploit data and multimodal interaction to support cognitive, affective and social dimensions of learning [2]. In this context, the proposed software tool aims to design a flexible, data-driven environment that integrates contemporary theories of language learning with mobile access, adaptive content, and learning analytics to provide sustainable support for diverse learners and teaching contexts.

The evolution from early CALL programs to mobile-assisted language learning (MALL) highlights the importance of ubiquity, contextualisation and personal ownership of devices. Mobile apps are now a dominant way for learners to engage with vocabulary, grammar drills, and simple communicative tasks [3]. MALL research has shown that handheld devices enable situated and just-in-time language learning, but also that design must carefully consider screen size, interruptions and learners’ self-regulation [4]. At the same time, the spatio-temporal organisation of learning is changing: learners increasingly combine short episodes of mobile engagement with more sustained work at home or in institutional settings, leading to what has been termed language learning “defined by time and place” [5]. For a modern software tool, this implies a mobile-first but cross-platform architecture, where activities are synchronised across devices and can be adapted to the learner’s current context (for example, silent reading on public transport versus speaking tasks in a private space).

Empirical studies of commercially available language-learning platforms demonstrate both their potential and their limitations. The widely cited Duolingo effectiveness study, for instance, reported that for beginning learners of Spanish and French, an average of 34 hours of work on the platform was comparable to a university semester of instruction in terms of reading and listening outcomes [6]. At the same time, systematic reviews of CALL in school contexts show that effects are highly variable and depend strongly on alignment with curricular goals, teacher mediation and task design [7]. These findings suggest that the proposed software tool should not be conceptualised merely as a stand-alone app, but rather as a component in a broader learning ecology that interfaces with formal courses, informal practice and teacher-guided activities. From a research perspective, the system should be designed to support controlled studies of usage patterns and learning gains, enabling iterative refinement of both the technology and the pedagogical scenarios in which it is embedded.

The pedagogical design of the tool draws on established theories of second language acquisition (SLA). Comprehensive syntheses of SLA research highlight the role of rich, comprehensible input, opportunities for pushed output, and interaction that promotes noticing of linguistic form [8]. Task-based language teaching principles propose

that technology should be used to create tasks with clear communicative outcomes, where learners manipulate meaningful content rather than merely completing decontextualised drills [9]. Accordingly, the core learning units in the software tool are not isolated sentences, but tasks such as information gaps, opinion exchanges or problem-solving activities, implemented through multimedia dialogues, interactive scenarios and short projects. Grammar and vocabulary exercises are embedded as preparation or follow-up to these tasks and are designed to recycle language items in varied contexts. Adaptive feedback, including prompts to repair errors and reformulate utterances, is provided in ways that support learners' attention to form without interrupting the communicative flow.

Vocabulary development remains a central challenge in foreign language learning, and any software tool must address both the breadth and depth of lexical knowledge. Studies of vocabulary learning emphasise the need for extensive encounters with high-frequency words, systematic recycling, and support for different aspects of "knowing a word", including form, meaning, collocations and constraints on use [10]. The proposed system, therefore, incorporates a vocabulary engine that selects items based on frequency lists and domain-specific needs, associates each item with multiple receptive and productive tasks, and schedules review using spaced-repetition algorithms. Learners encounter target items across listening, reading, speaking and writing modalities; for example, they first meet new words in graded texts, practise recognition through picture-word matching, and then produce them in short written or spoken messages. The engine maintains an individual lexical profile for each learner and targets items that are on the verge of being forgotten, while also introducing new items relevant to upcoming tasks.

To ensure that learning progress is interpretable across institutions and contexts, proficiency descriptors and task difficulty are aligned with the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR) and its Companion Volume [11]. Descriptors for reception, production and interaction are operationalised as competencies within the system, and each task is tagged with estimated CEFR levels and relevant descriptors. This allows the software to generate personalised learning pathways (for example, A2 learners focusing on simple social exchanges, or B1 learners practising argumentation) and to report progress in terms recognisable to teachers, learners, and institutions. The alignment with CEFR descriptors also supports test development and formative assessment, as the system can present can-do statements and collect learner evidence (such as spoken samples) mapped to those statements.

Contemporary developments in learning technologies illustrate how diverse tools - from virtual reality to online games - can be harnessed for language learning when integrated into coherent pedagogical designs [12]. The proposed software tool adopts a modular approach, with different activity types (e.g., micro-dialogues, pronunciation exercises, collaborative writing, and game-like challenges) implemented as reusable components that can be orchestrated into sequences. Visual and audio resources are curated or generated to provide culturally authentic contexts, while accessibility considerations (captions, adjustable playback speed, alternative input methods) ensure inclusion of learners with differing needs. The tool is designed not only for individual practice but also for blended learning scenarios: teachers can assign specific task sequences as homework, monitor progress, and adapt classroom activities in response. This modularity also facilitates localisation into different target languages and cultural settings by replacing content while retaining the underlying task and feedback structures.

Learner autonomy is another key design principle. Research on autonomy in language learning stresses that learners need opportunities to set goals, select resources and reflect on strategies if they are to become self-regulated and lifelong learners [13]. Consequently, the tool provides a goal-setting interface where learners can specify priorities (for example, professional communication, exam preparation or travel), time commitments and preferred modalities. Based on these inputs and ongoing performance data, the system proposes weekly learning plans but maintains flexibility for learners to override recommendations. Embedded reflection prompts, such as short self-reports on perceived difficulty or strategy use, help learners to develop metacognitive awareness. Portfolios of written texts, audio recordings and task achievements are stored in a personal area that learners can review over time or share with teachers. Rather than locking learners into a rigid pathway, the software is designed to scaffold informed choice and gradual assumption of responsibility for the learning process.

Learning analytics is central to the added value of the proposed tool. Learning analytics is generally defined as the measurement, collection, analysis, and reporting of data about learners and their contexts to understand and optimise learning [14]. In practice, dashboards can provide learners and teachers with visual summaries of engagement patterns, task performance and progression, and there is evidence that well-designed dashboards can positively influence satisfaction and achievement [15]. In the context of language learning, analytics can illuminate which tasks lead to sustained engagement, how learners navigate between receptive and productive activities, and where bottlenecks occur. Building on conceptual work that combines MALL, self-regulated learning and analytics into integrative frameworks [16], the proposed tool includes separate dashboards for learners, teachers and researchers. Learners see simple indicators such as streaks, time-on-task by skill, and mastery estimates for key competencies. Teachers access more detailed views,

including distributions of learner performance on specific tasks and automatic flags for learners at risk of disengagement. Researchers can access anonymised datasets for deeper analysis of interaction patterns and learning trajectories, subject to ethical guidelines and data protection regulations.

Adaptivity in the system is driven by underlying learner and domain models, as discussed in the broader literature on adaptive educational hypermedia [17]. The learner model stores estimates of each learner's proficiency by skill, lexical knowledge, mastery of grammatical structures and affective variables such as persistence. The domain model represents language content as interconnected knowledge elements, including vocabulary families, grammatical constructions and communicative functions. An adaptation engine uses these models to decide, for each learner, which task variant to present, which feedback to prioritise, and when to prompt review. For example, if the learner repeatedly struggles with past tense forms in narrative tasks, the engine can insert short, focused activities targeting this feature within otherwise communicative sequences. At the same time, guardrails prevent over-personalisation that might narrow learners' exposure by ensuring that they still encounter new structures and genres. Ongoing evaluation of the adaptation strategies, using A/B testing and qualitative feedback, is essential to avoid opaque or unfair behaviour of the system.

Finally, the successful integration of the software tool into real educational ecosystems depends on teacher expertise and institutional support. Studies of teacher education in CALL highlight that teachers need not only technical skills but also a principled understanding of how technologies mediate language learning, and how to design tasks that exploit specific affordances [18]. The proposed system, therefore, includes teacher-facing authoring tools that allow educators to adapt existing task templates, upload their own materials and set assessment criteria aligned with local curricula. Built-in guidance, examples and analytics-informed recommendations support teachers in making design decisions, while professional development materials introduce key concepts from CALL, MALL, SLA and learning analytics. Interoperability with virtual learning environments and assessment systems, through standards-based APIs, further facilitates adoption. In this way, the software tool is conceived not as a replacement for teachers, but as an instrument that amplifies their capacity to orchestrate rich, data-informed language learning experiences.

Taken together, the conceptual design outlined above positions the software tool as a research-informed, adaptable environment that responds to contemporary needs in foreign language learning. By combining SLA-grounded task design, robust vocabulary and proficiency modelling, support for autonomy, and carefully implemented analytics and adaptivity, the system seeks to bridge the gap between experimental prototypes in the research literature and scalable solutions for everyday learners and teachers.

References

1. C. A. Chapelle, *Computer Applications in Second Language Acquisition: Foundations for Teaching, Testing and Research*. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2001.
2. P. Li and Y.-J. Lan, "Digital language learning (DLL): Insights from behaviour, cognition, and the brain," *Bilingualism: Language and Cognition*, published online Aug. 2021.
3. R. Godwin-Jones, "Emerging technologies: Mobile apps for language learning," *Language Learning & Technology*, vol. 15, no. 2, pp. 2–11, 2011.
4. A. Kukulska-Hulme, "Mobile-assisted language learning," in *The Encyclopedia of Applied Linguistics*, C. A. Chapelle, Ed. Oxford, U.K.: Wiley-Blackwell, 2012.
5. A. Kukulska-Hulme, "Language learning defined by time and place: A framework for next generation designs," in *Left to My Own Devices: Learner Autonomy and Mobile-Assisted Language Learning*, J. E. Díaz-Vera, Ed. Bingley, U.K.: Emerald, 2012.
6. R. Vesselinov and J. Grego, *Duolingo Effectiveness Study: Final Report*. 2012.
7. E. Macaro, Z. Handley, and C. Walter, "A systematic review of CALL in English as a second language: Focus on primary and secondary education," *Language Teaching*, vol. 45, no. 1, pp. 1–43, 2012.
8. R. Ellis, *The Study of Second Language Acquisition*, 2nd ed. Oxford, U.K.: Oxford Univ. Press, 2008.
9. M. H. Long, "Optimal psycholinguistic environments for distance foreign language learning," *Language Learning & Technology*, vol. 7, no. 3, pp. 50–80, 2003.
10. I. S. P. Nation, *Learning Vocabulary in Another Language*, 2nd ed. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2013.
11. Council of Europe, *Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment. Companion Volume*. Strasbourg, France: Council of Europe, 2020.
12. G. Motteram, Ed., *Innovations in Learning Technologies for English Language Teaching*. London, U.K.: British Council, 2013.
13. M. Pawlak, E. Waniek-Klimczak, and J. Majer, Eds., *Autonomy in Second Language Learning: Managing the Resources*. Heidelberg, Germany: Springer, 2014.

14. P. Long and G. Siemens, "What is learning analytics?," in Proc. 1st Int. Conf. Learning Analytics and Knowledge (LAK 2011), 2011.
15. J. Kim, I.-H. Jo, and Y. Park, "Effects of learning analytics dashboard: Analysing the relations among dashboard utilisation, satisfaction, and learning achievement," *Asia Pacific Education Review*, vol. 17, no. 1, pp. 13–24, 2016.
16. O. Viberg, B. Wasson, and A. Kukulska-Hulme, "Mobile-assisted language learning through learning analytics for self-regulated learning (MALLAS): A conceptual framework," *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 36, no. 6, 2020.
17. P. Brusilovsky, "Adaptive hypermedia for education and training," in *Adaptive Technologies for Training and Education*, P. Durlach and A. Lesgold, Eds. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2012, pp. 46–68.
18. P. Hubbard and M. Levy, Eds., *Teacher Education in CALL*. Amsterdam, The Netherlands: John Benjamins, 2006.

PRYSTROM JOANNA

Faculty of Economics and Finance, University of Bialystok, Poland

SMART COMMUNITY – THE ROLE OF DIGITAL AND MEDIA COMPETENCES IN BUILDING INNOVATIVE COMMUNITIES

Abstract: In recent years, we have seen the dynamic development of the smart city concept—intelligent cities that, thanks to digital technologies, improve the quality of life of their residents and improve operational efficiency. However, the concept of a smart community is increasingly emerging—an intelligent community in which people, collaboration, and the collaborative creation of local solutions play a key role.

Key words: smart city, smart community, innovation, community, digital and media competences

At the heart of this idea are digital and media competences – the ability to consciously, critically and creatively use technology and media in everyday life, work and social relationships.

The smart city concept places emphasis on technological infrastructure – intelligent transport systems, energy management and digital public services.

A smart community, on the other hand, places the emphasis on people and social cooperation. It's a community that initiates change, creates bottom-up solutions, uses open data, and co-decides on the directions of local development.

An intelligent community is not just about "technology users", but also about co-creators of innovation – and the prerequisite for this is having the appropriate digital and media competences.

Digital competences include not only the ability to use devices and software, but also understanding the logic of the digital world – data, algorithms, information security.

In turn, media competences allow us to critically evaluate content, consciously participate in public debate and counteract disinformation.

Together, they create the innovative capital of local communities, which fosters:

- the emergence of new social and economic initiatives (e.g., local applications, online participatory budgets);
- better communication between residents, local governments, and institutions;
- greater civic activity and digital participation.

According to the European Commission report (DESI 2023), the development of digital competences is one of the key factors in strengthening social and economic resilience in Europe.

Among the examples of communities in practice worth presenting are:

- Spain and Barcelona Smart Community, where residents co-create local digital solutions through the Decidim platform, which enables co-decision-making on urban investments;
- Finland with Oulu Smart City Lab, where the local community collaborates with universities and companies to test IoT technologies and health applications;
- and others.

In all these cases, digital and media education is crucial, enabling citizens to truly participate in innovation processes[11].

When addressing the role of digital and media skills in building innovative communities, significant attention should be paid to the challenges facing the development of smart communities. These include, among others:

1. Digital exclusion – lack of access to infrastructure and skills among segments of society.
2. Security and ethics – responsible use of data, privacy, cybersecurity.
3. Lack of trust in technology and institutions – the need to build dialogue and transparency.
4. Educational gap – the need for systemic support for digital and media education at all levels.

Social innovation therefore requires not only technology but also awareness, trust, and collaboration. Furthermore:

1. Building a smart community requires investment in residents' digital and media skills – these constitute the foundation of social innovation.
2. Digital technologies should be treated as a tool for co-creation and participation, not merely for administrative support.
3. The development of smart communities can significantly increase regional competitiveness and improve quality of life, provided that educational, technological, and social initiatives are integrated.

A smart community is not just a community with access to the internet and technology. It's a community that can co-create innovations, think critically, and use media consciously.

Technological innovations are important – but it is people, their competencies, and their collaboration that make them a "source of sustainable development".

For this reason, the aim of this presentation is to demonstrate the role of digital and media literacy in shaping innovative civic attitudes and in building social capital based on knowledge and collaboration.

Examples of good practices from around the world will be analyzed, in which the activation of residents through the development of digital literacy has contributed to the emergence of new social, economic, and environmental initiatives. The presentation will also address the issue of digital exclusion and the importance of media literacy in the process of social inclusion and the development of local innovation.

Bibliography:

1. Castells M., (2010), *The Rise of the Network Society*. Wiley-Blackwell.
2. UNESCO, (2021), *Media and Information Literacy Curriculum for Educators and Learners*. Paris: UNESCO.
3. Hollands R., (2008), "Will the Real Smart City Please Stand Up?" *City*, 12(3), pp. 303–320.
4. Heeks R., Stanforth C., (2020), *Digital Development and Smart Communities. Information Technology for Development*, 26(2), pp. 189–203.
5. Jenkins H., (2009), *Confronting the Challenges of Participatory Culture*, MIT Press.
6. OECD, (2022), *Skills for the Digital Transformation*, OECD Publishing, Paris.
7. Livingstone S., (2014), *Developing Media Literacy: Media Education for the 21st Century*, Routledge.
8. European Commission (2023). Digital Economy and Society Index (DESI). Brussels.,
9. Borge R., Santamarina E., (2020), *Decidim Barcelona: Digital Democracy in Practice*, [in:] Information Polity, 25(3), 331–344.
10. Oulu City Lab, (2022), *Smart City Oulu – Citizen Innovation Platform*, University of Oulu.
11. Papińska-Kacper J. (red.), (2021), *Transformacja cyfrowa społeczeństwa i gospodarki*, PWN.
12. OECD, (2021), *Bridging the Digital Divide*, OECD Publishing.
13. Floridi L., (2014), *The Ethics of Information*, Oxford University Press.
14. UNESCO, (2021), *Media and Information Literacy Curriculum for Educators and Learners*.
15. European Commission, (2023), *Digital Skills and Jobs Platform*, Brussels.

ROMANIUK ¹ O.N.,
MAIDANYUK ¹ V.P.,
NECHIPORUK ML,
SHEVCHUK ² R.P.

¹ Vinnytsia National Technical University

² Western Ukrainian National University

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF GRAPHIC IMAGE STEGANOGRAPHY

Abstract. Modern directions of development of steganography of graphic images are considered. The main attention is paid to new methods of information hiding based on diffusion and recurrent neural networks, unmasked approaches, as well as means of increasing resistance to detection using deep learning algorithms.

Keywords: image steganography, diffusion models, reversible data hiding, reversible neural networks, coverless steganography, robustness, steganoanalysis.

Modern steganography of graphic images is developing rapidly under the influence of new intelligent technologies. Classical methods, which relied on changing individual pixels or frequency transformation coefficients, are

giving way to deep models that learn to independently find the least noticeable areas for data embedding. The essence of the new approach is to create models that preserve the natural structure of the image, avoiding the appearance of statistical signs of concealment.

Much attention has been paid to diffusion models, which reproduce the process of gradual image denoising. During this process, the message is interwoven into intermediate states, and the visual characteristics remain unchanged for human perception. Such methods provide high quality, even after repeated compression or resizing. Practical studies confirm that they outperform traditional schemes in terms of resistance to detection of hidden data [1], [2].

Another direction is reversible neural networks, capable of completely restoring the original image after the message is removed. They have become the basis for reversible data hiding, which is especially important in the fields of medicine, remote sensing and forensics, where even microscopic information loss is unacceptable. The latest architectures use a multi-level structure, which allows to increase the capacity and invisibility of hiding, as well as adapt to typical transformations that digital images undergo in real conditions [3].

Coverless steganography has become widely used, in which the image is not modified, but is created directly during the embedding process. Thus, local signs of changes disappear, which makes it difficult to detect hidden information even by the most modern analytical systems. The approach combines the properties of generating a new image with simultaneous encoding of the message, which increases the level of protection and makes it suitable for use in conditions of repeated re-encoding [4].

In parallel with the development of concealment technologies, methods for their detection are also being improved. Modern steganalysis systems are based on deep convolutional and graph networks, capable of detecting the smallest statistical deviations in the structure of images. In response, developers of steganographic systems introduce competitive learning schemes, where the “concealer” and the “detector” are trained simultaneously, forming more stable solutions. This creates a new stage of evolution, when the system is optimized not only for quality, but also for real invisibility in the presence of a strong “enemy” [5].

Modern assessment of the quality of hiding takes into account not only similarity indicators, such as PSNR or SSIM, but also perceptual metrics that reflect the peculiarities of human vision. In addition, the ability of hidden messages to be preserved after typical transformations is analyzed - compression, scaling, rotation or cropping. To ensure the reliability of the results, it is recommended to conduct testing on open sets of images from different sources.

Practical developments demonstrate that a combination of diffusion and recurrent networks provides the best balance between robustness, quality, and capacity. Additionally, schemes are considered where the hidden information is partly integrated into the content of the image (for example, into contours or textures), and partly into the structure of its creation. Such hybrid approaches create adaptive transmission channels that can be scaled depending on the user's needs.

In the future, it is expected to form standards for testing steganographic methods and create publicly available test bases. Also, the development of formal mathematical security criteria that will allow assessing the level of invisibility without being tied to specific detectors will be a relevant direction. Further improvement of reversible concealment in encrypted images opens up opportunities for building systems where security is based on proven properties of the algorithm, and not only on the secret key [6], [7].

Literature (original, 2021–2025):

- [1] Z. Chen, L. Song, M. Song, “CRoSS: Diffusion Model Makes Controllable, Robust and Stealthy Steganography,” *Neural Processing Letters*, Springer, vol. 55, no. 4, pp. 6231–6245, 2023.
- [2] Y. Xu, C. Mou, J. Zhang, “Diffusion-Based Hierarchical Image Steganography,” *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Elsevier, vol. 101, pp. 103768, 2024.
- [3] L. Liu, Y. Ren, L. Wang, “Lossless Image Steganography Based on Invertible Neural Networks,” *Symmetry*, MDPI, vol. 14, no. 12, pp. 2541–2557, 2022.
- [4] Y. Yang, Z. Gao, W. Sun, “DiffStega: Towards Universal Training-Free Coverless Image Steganography with Diffusion Models,” *Pattern Recognition Letters*, Elsevier, vol. 180, pp. 10–22, 2024.
- [5] D. Wang, Y. Li, “Adversarial Learning for Adaptive Image Steganography,” *Expert Systems with Applications*, Elsevier, vol. 239, pp. 122314, 2024.
- [6] Q. Liu, W. Zhang, “Deep Graph-Based Steganalysis for JPEG Images,” *Frontiers in Artificial Intelligence*, Frontiers Media, vol. 7, pp. 1–16, 2024.
- [7] L. Wang, H. Zhou, X. Zhang, “A Survey on Reversible Data Hiding for Uncompressed Images,” *ACM Computing Surveys*, ACM Press, vol. 57, no. 8, pp. 1–34, 2025.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CENTRALISED SCHEDULING AND DECENTRALISED COORDINATION IN MODERN DISTRIBUTED SYSTEMS

Annotanion: This article conceptually contrasts main models that are used by Modern distributed systems, focusing on queue structures, fairness guarantees, system throughput, and tail-latency behaviour. A conceptual comparison of centralised scheduling, decentralised coordination and blockchain-backed coordination logs was done, where analysis examines key dimensions, including queue structure, fairness mechanisms, throughput behaviour and the impact of tail latency under varying system loads. A comparative table, was created, summarises advantages and limitations of each approach, highlighting the trade-offs between optimality, scalability, and operational complexity.

Keywords: distributed systems, centralised scheduling, decentralised coordination, blockchain-backed logs.

Modern distributed systems must coordinate thousands or millions of tasks, often under strict performance, fairness, or fault-tolerance constraints. Two broad paradigms dominate contemporary design: centralised scheduling, where one authoritative component manages all queues and decisions and decentralised coordination, where nodes cooperate to make local or partially coordinated decisions, often enhanced with blockchain-backed logs to ensure consistency and transparency. But during system architecture planning sometimes it become hard to choose the one that will suite better. This article conceptually contrasts these two models, focusing on queue structures (global vs. distributed), fairness guarantees, system throughput, and tail-latency behaviour.

A centralised scheduler operates by maintaining a single global task queue, global resource state, and a unified decision policy. The primary advantage is complete system visibility. The scheduler sees all jobs, all worker loads and all priorities enabling globally optimal or near-optimal decisions. This holistic perspective allows fine-grained fairness policies straightforward enforcement of service level agreement(SLA) and simple admission control logic.

Performance characteristics are defined by this global queue. Throughput is often high when the scheduler can batch decisions and optimise placement. However, centralised systems face a scaling boundary. As the number of workers increases, the scheduler must process more events, making it a potential bottleneck. Although techniques such as sharding, hierarchical scheduling or multi-level queues mitigate the load. The single process based nature of centralised control requires careful engineering to avoid overload or high decision latencies.

Fairness is typically easier to guarantee centrally because global state allows the scheduler to implement strict or proportional sharing policies. However, tail-latency may suffer under bursty workloads. If the global queue becomes congested job wait times in can grow significantly, even when average wait times remain acceptable. This pattern is well-modelled by queueing theory. In M/M/1-style central queues, increasing utilisation rapidly amplifies waiting times for unlucky requests.

Decentralised scheduling distributes decision-making across multiple nodes or groups. Instead of a single global queue system maintains multiple local queues, often one per worker or one per region. Each node selects tasks based on its local policy or through cooperative protocols, such as: work stealing, leader election, or gossip-based load balancing.

Without a global view, decentralised systems rely on implicit coordination. They may trade optimality for scalability. Each node reacts to local conditions quickly and independently improving responsiveness and reducing scheduling overhead. Throughput can be high, especially when workers continuously keep themselves busy by stealing tasks from parallel queues or rebalancing them.

However, fairness becomes harder to enforce. Since each queue sees only a fraction of system activity. Global fairness must emerge from probabilistic or statistical balancing rather than explicit policy control. Some tasks may experience significantly higher waiting times depending on which queue they land in. These systems often exhibit improved average latency but worse tail latency. A classic two-queue versus single-queue trade-off observed in queueing theory. While distributed queues reduce local contention, they also increase variance among workers, leading to longer delays for some jobs unless work-stealing is aggressively applied.

Blockchain-style logs provide a specialised form of decentralised coordination. Instead of relying solely on local view and ad-hoc gossip, the system records job metadata, scheduling decisions and state transitions in an append-only, tamper-resistant ledger. This brings several conceptual advantages:

- Global consistency without a central authority. Each node can reconstruct system state deterministically.
- Accountability and auditability. All scheduling decisions are visible and verifiable.
- Fault tolerance. Even if some schedulers fail or behave incorrectly, the log preserves the canonical history.

Such ledgers add overhead in consensus execution, but they allow multi-scheduler architectures that combine decentralised autonomy with shared state durability. This hybrid model weakens the dichotomy between centralised and

decentralised approaches. Each scheduler operates locally yet coordinates through a trusted log. It becomes possible to maintain fairness constraints or resolve conflicts by referencing the ledger while still avoiding a monolithic control point.

Tail-latency under blockchain-based coordination depends on the consensus mechanism. Fast protocols introduce millisecond-level commit delays, whereas heavy public-chain consensus may degrade response times significantly. Yet the ledger enables reproducible and globally consistent policy enforcement, helping mitigate pathological divergence between distributed queues.

Table 1- Comparative Analysis Table: Centralised vs. Decentralised vs. Blockchain-Coordinated Scheduling

Approach	Advantages	Disadvantages
Centralised Scheduler	• Global state for optimal decisions • Strong fairness and SLA enforcement • Simple conflict resolution • Predictable policy behaviour	• Potential performance bottleneck • Scaling complexity • Single point of failure • High tail latency under heavy load
Decentralised Coordination (Local Queues)	• Excellent scalability • High throughput via parallel decision making • Reduced scheduling latency per node • Robustness against local failures	• Hard to ensure system-wide fairness • Higher variance in wait times • Requires work stealing or gossip protocols • Potential inconsistency between nodes
Blockchain-Backed Coordination	• Immutable shared state • Transparent, auditable scheduling history • No single central authority required • Hybrid fairness and autonomy	• Consensus overhead increases latency • Higher implementation complexity • Storage and bandwidth costs for ledger replication • Less suitable for ultra-low-latency workloads

Centralised schedulers provide strong fairness, predictable policies, and global optimisation but face scalability and tail-latency challenges under heavy load. Decentralised coordination scales naturally and offers high throughput, but fairness and worst-case wait times become more difficult to regulate due to partial views and queue imbalance. Blockchain-backed logs present a hybrid solution. Decentralised autonomy combined with a shared, tamper-proof global history. This enables reproducible coordination and partial fairness guarantees while avoiding a single controlling authority—but at the cost of additional consensus latency and operational overhead.

References:

[1] L. Kleinrock, *Queueing Systems, Volume 1: Theory*. New York, NY, USA: Wiley-Interscience, 1975.
[2] M. J. Fischer and N. A. Lynch, “A lower bound for the time to assure interactive consistency,” *Journal of the ACM*, vol. 32, no. 2, pp. 374–382, 1985.
[3] M. Zaharia, D. Borthakur, J. Sen Sarma, K. Elmeleegy, S. Shenker, and I. Stoica, “Delay scheduling: A simple technique for achieving locality and fairness in cluster scheduling,” in *Proc. 5th European Conf. Computer Systems (EuroSys)*, 2010, pp. 265–278.
[4] Z. Bahroun, A. Shamayleh, M. Tanash, M. Rawshdeh, and H. Alastal, “Integrating Blockchain in Scheduling: A Comprehensive Review of Current Trends and Future Directions”, *Decis. Mak. Appl. Manag. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 469–515, Aug. 2024.

АНДРІЙЧУК М.Д.
НМУ імені О.О.Богомольця

**ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОФЕСІЙНО ОРІЄНТОВАНОМУ НАВЧАННІ
МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я**

Ключові слова. Цифрові технології; професійно орієнтоване навчання; комп'ютерне моделювання; віртуальні пацієнти; симуляції; цифрова компетентність; медична освіта.

Актуальність теми. Стрімкий розвиток технологій та глобальний прогрес інформаційного суспільства породжують нові можливості для системи професійної освіти [3]. Цифрові технології дозволяють моделювати клінічні ситуації, тренувати прийняття рішень у безпечному середовищі та формувати професійно орієнтовані навички, які відповідають реальним потребам системи охорони здоров'я. Інтеграція цифрових технологій в

освітні програми є однією з необхідних умов для розробки методик професійно орієнтованого навчання, та забезпечує зв'язок теоретичних знань із практичними навичками.

Мета дослідження. Проаналізувати теоретичні та прикладні аспекти інтеграції сучасних цифрових технологій в навчальний процес здобувачів вищої освіти в галузі охорони здоров'я. Визначити основні функції цифрових технологій в професійно орієнтованому навчанні. Навести приклади застосування цифрових технологій в закладах медичної освіти. Визначити перспективи подальших досліджень цифрових рішень для професійно орієнтованого навчання. Майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я.

Цифровізація освіти стала ключовим чинником модернізації підготовки майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я. Використання цифрових технологій – симуляційних платформ, віртуальних пацієнтів, систем комп'ютерного моделювання, штучного інтелекту – формує новий освітній простір, де студенти набувають професійних компетентностей у максимально наближених до клінічної практики умовах.

Розроблення різних аспектів методики навчання майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я є предметом дослідження вітчизняних та іноземних педагогів. Так у роботі [3] аналізуються використання симуляційних технологій у підготовці майбутніх лікарів. Роль віртуальних пацієнтів у медичній освіті досліджують автори публікації [1]. Можливості використання систем комп'ютерної математики для моделювання кінетичних реакцій описано в публікації [2].

Загалом, публікації українських авторів свідчать, що цифрові технології поступово формують нову педагогічну парадигму у медичній освіті – від традиційного викладання до інтегрованого, практико-орієнтованого навчання.

Цифрова компетентність передбачає навички з ефективного збору, обробки та аналізу великих обсягів даних, які генеруються в охороні здоров'я. Це включає розуміння електронних медичних записів, систем управління базами даних, статистичних методів та інструментів аналізу даних.

Проаналізуємо використання цифрових технологій в професійно орієнтованому навчанні.

- ✓ Імітаційне навчання з застосуванням симуляційного навчання, VR – тренажерів та платформ віртуальних пацієнтів, що дозволяють відпрацьовувати клінічні навички без ризику для пацієнта. На сьогоднішні існує достатньо великий вибір систем моделювання «віртуальний пацієнт» різного формату: симуляційні дошки, інтерактивні столи, мультимедійні комплекси, різні симулятори спілкування з пацієнтом тощо. У таких системах моделюються різноманітні патологічні стани, вивчається ефективність лікування та його коригування [3].
- ✓ Математичне та комп'ютерне моделювання з застосуванням систем комп'ютерної математики (*Mathcad*, *MATLAB*). Така методика дає можливості моделювати кінетичні реакції (швидкість виведення лікарських препаратів тощо), розробляти та аналізувати біологічні та фармацевтичні процеси. Створювати сценарії розвитку епідемічного середовища, демонструвати вплив вакцинації на поширення епідемій.
- ✓ Комунікаційні цифрові платформи для дистанційної взаємодії (*Zoom*, *Microsoft Teams* тощо). В умовах сьогодення. Враховуючи військовий стан в Україні комунікаційні технології забезпечують безперервність навчання.

Цифрові технології формують нову педагогічну парадигму у медичній освіті – від традиційного викладання до інтегрованого, практико-орієнтованого навчання. Подальші дослідження мають бути спрямовані на створення інтегрованих освітніх цифрових екосистем, розробку критеріїв оцінювання ефективності цифрових рішень у медичній освіті та формування стандартів цифрових компетентностей викладачів і студентів.

Висновки. Цифрові технології стають основою модернізації професійно орієнтованого навчання у сфері охорони здоров'я. Комп'ютерне моделювання, віртуальні пацієнти, (VR, MIC) є дієвими інструментами професійно орієнтованого навчання, які підвищують якість підготовки фахівців та сприяють формуванню актуальних цифрових компетентностей. Їхнє впровадження сприяє формуванню практичних навичок, клінічного мислення та цифрової грамотності майбутніх фахівців. Вітчизняний досвід доводить ефективність симуляційних і моделювальних методів навчання. Необхідним є подальший розвиток методики інтеграції цифрових інструментів у навчальні програми медичних університетів.

Література

1. Воїко, Д. М., & Воїко, О. С. (2023). *Цифрова медична освіта та віртуальний пацієнт: особливості впровадження в освітній процес*. Медична освіта, 4, 22–28.
2. Chalyi, K. O., Kryvenko, I. P., & Andriichuk, M. D. (2024). *Кінетичне моделювання біохімічних реакцій із застосуванням Mathcad у професійній підготовці майбутніх фармацевтів*. Вісник фармацевтичної освіти, 2(10), 45–52.

3. Kuchyn, Y. L., Kanyura, O. A., Melnyk, V. S., Stuchynska, N. V., & Mykytenko, P. V. (2022). *Симуляційні технології у системі підготовки майбутніх лікарів в умовах COVID-19*. Медична освіта, 2, 34–40. DOI <https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series5.2022.86.26>
4. Tarabrin, O. O., & Zaporozhan, V. M. (2025). *Симуляційна медицина: досвід, здобутки, перспективи*. Одеса: ОНМедУ.

Бардадим О.В.,
Гаркавий С.Ф.
ЧНУ ім. Б.Хмельницького (м. Черкаси)

LEARNLM (LLM) ЯК СУЧАСНА МОДЕЛЬ САМООСВІТИ

Анотація. У роботі розглянуто експериментальну модель LearnLM та освітню платформу Google NotebookLM, що працює на основі штучного інтелекту та спеціалізується на персоналізованому навчанні. На відміну від універсальних LLM, NotebookLM аналізує виключно завантажені користувачем матеріали та забезпечує високу точність відповідей із чіткими цитуваннями. На основі порівняльного аналізу показано ключові переваги системи: роботу зі структурованими джерелами, мультимодальні формати подачі інформації (текст, аудіо, відео, ментальні карти), а також функції для навчання, аналізу та викладання. Платформа виступає ефективним інструментом для студентів і викладачів, автоматизуючи рутинні завдання та створюючи інтерактивне, адаптивне навчальне середовище. NotebookLM позиціонується як доповнення до традиційних LLM, орієнтоване на глибоке опрацювання конкретних джерел та підтримку академічної доброчесності.

Ключові слова: LearnLM; NotebookLM; штучний інтелект в освіті; персоналізоване навчання; мультимодальність; освітні технології; AI-тutor; автоматизація навчання; аналіз навчальних матеріалів; порівняння LLM.

LearnLM – це експериментальна модель, орієнтована на конкретне завдання, яка була навчена для узгодження з принципами науки про навчання під час виконання системних інструкцій для випадків використання у викладанні та навчанні [1]. Прикладом такої системи є NotebookLM від Google. NotebookLM від Google – це інноваційний освітній інструмент, що поєднує штучний інтелект із персоналізованим підходом до навчання. На відміну від звичайних AI-асистентів, NotebookLM працює виключно з вашими власними джерелами, перетворюючи документи, відео та аудіофайли на інтерактивний навчальний простір (див. таблиця 1 і див. таблиця 2).

Таблиця 1

Порівняння систем LLM vs NotebookLM

Критерій	LLM (ChatGPT, Claude, Gemini)	NotebookLM
База знань	Весь інтернет (тренувальні дані до певної дати)	Тільки ваші завантажені документи
Джерело відповідей	Загальні знання з тренувальних даних	Виключно з ваших файлів
Точність	Середня (можливі "галюцинації")	Висока в межах джерел
Цитування джерел	Рідко або відсутнє	Завжди з конкретними посиланнями
Сфера застосування	Універсальна (від коду до творчості)	Спеціалізація на навчанні та аналізі
Ризик неточностей	Вищий (може вигадувати факти)	Нижчий (обмежений вашими джерелами)
Знання про ваш курс	Відсутні	Повні (все, що ви завантажили)
Формати виводу	Текст, код	Текст, аудіо, відео, карти, тести

Таблиця 2

Освітні можливості NotebookLM

КАТЕГОРІЯ	ФУНКЦІЯ	ОПИС	ДЛЯ КОГО
Навчання	AI Tutor (Навчальний посібник)	Персональний репетитор, що ставить запитання та адаптує пояснення	Студенти
	Flashcards (Флешкартки)	Автоматичне створення карток для запам'ятовування	Студенти
	Quizzes (Тести)	Генерування тестів з поясненнями помилок	Студенти, викладачі

	Audio Overviews (Подкасти)	Перетворення текстів на аудіо з двома AI-ведучими	Студенти
	Video Overviews (Відеоогляди)	Створення відео з озвученням основних ідей	Студенти
Аналіз	Q&A Chat (Чат із джерелами)	Діалог з AI на основі ваших документів	Студенти, викладачі
	Summarization (Підсумовування)	Короткі перекази складних текстів	Студенти, дослідники
	Mind Maps (Ментальні карти)	Візуалізація зв'язків між концепціями	Студенти, викладачі
	Citation Search (Пошук цитат)	Швидкий пошук інформації у джерелах	Дослідники, студенти
Викладання	Lesson Planning (Плани занять)	Створення структури уроків	Викладачі
	Study Guides (Навчальні посібники)	Розробка матеріалів для самостійного вивчення	Викладачі
	Discussion Questions (Питання)	Генерування запитань для обговорення	Викладачі
	Research Analysis (Аналіз досліджень)	Швидкий огляд наукових робіт	Викладачі, дослідники

Із таблиць 1 і 2 слідує, що NotebookLM представляє принципово новий підхід до використання штучного інтелекту в освіті, де акцент зміщується з універсальності на точність та персоналізацію. Головна цінність інструменту полягає у його здатності перетворювати статичні навчальні матеріали на інтерактивний, багатоформатний освітній досвід, повністю адаптований під конкретні потреби користувача. Особливо цінною є мультимодальність платформи, де один і той самий матеріал можна засвоїти через читання, прослуховування подкастів, перегляд відео або роботу з ментальними картами. Це відповідає різним стилям навчання та дозволяє студентам вибирати найефективніший для них формат. Для викладачів NotebookLM стає потужним інструментом автоматизації рутинних завдань – від створення тестів до розробки планів занять, що дозволяє зосередитися на творчих аспектах викладання та індивідуальній роботі зі студентами. Також важливо розуміти, що NotebookLM не є заміною класичним LLM, а швидше їх доповненням у сфері освіти. Ідеальна стратегія – використовувати загальні AI-моделі для творчих завдань, генерації ідей та роботи з широким контекстом, а NotebookLM – для глибокого вивчення конкретного навчального матеріалу з гарантованою точністю.

У підсумку, NotebookLM демонструє майбутнє освітніх технологій, де штучний інтелект не просто надає інформацію, а створює персоналізоване навчальне середовище, яке адаптується під унікальні потреби кожного студента та викладача, зберігаючи при цьому академічну доброчесність та достовірність інформації.

Список використаних джерел

1. LearnLM. URL: <https://ai.google.dev/gemini-api/docs/learnlm> (дата звернення: 19.11.2025).

БАРИШЕВ Ю. В.,
КАЗМІРЕВСЬКИЙ В. В.

Вінницький національний технічний університет

ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ КРИПТОГРАФІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ДЕРЕВОПОДІБНИХ ГЕШ-ФУНКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ КЛІТИННОГО АВТОМАТУ

Анотація: У роботі запропоновано підхід до підвищення криптографічної стійкості деревоподібних геш-функцій шляхом інтеграції клітинного автомату на рівнях геш-дерева. Основна ідея полягає у генеруванні псевдовипадкового seed-значення для кожного рівня дерева (так званий navigation seed), обчисленого як геш від кореневого seed та індексу рівня, і подальшому змішуванні цього seed з даними на листках та вузлах дерева перед гешуванням. Зокрема, на рівні листків вхідні дані об'єднуються за допомогою XOR з навігаційним seed перед обчисленням гешу, а на рівні вузлів навігаційний seed змішується з конкатенованими гешами дочірніх вузлів. Насамкінець, отримана після симуляції, послідовність гешується стандартною функцією, формуючи підсумкове значення вузла. Очікується, що така модифікована схема розподілятиме ентропію по всій деревоподібній структурі, запобігаючи локальним вразливостям, й демонструватиме покращений лавинний ефект, що, в свою чергу, підвищує стійкість до колізій та мультиколізій порівняно з класичними деревоподібними геш-

алгоритмами.

Ключові слова: криптографічна геш-функція, деревоподібна геш-функція, клітинний автомат, Rule 30, стійкість, колізії, мультиколізії.

Abstract: In this work, we propose an approach to enhancing the cryptographic strength of tree-based hash functions by integrating a cellular automaton at the tiers of the hash tree. The core idea is to generate a pseudorandom seed value for each tree level (the so-called navigation seed), computed as the hash of a root seed and the level index, and then mix this seed with the data at the leaves and internal nodes before hashing. Specifically, at the leaf level, the input data are combined using XOR with the navigation seed prior to hash computation, while at the node level, the navigation seed is mixed with the concatenated hashes of the child nodes. The resulting sequence, produced after the automaton simulation, is then hashed using a standard hash function, forming the final node value. This modified scheme is expected to distribute entropy across the entire tree structure, prevent local vulnerabilities, and exhibit an improved avalanche effect, thereby increasing resistance to collisions and multicollisions compared to classical tree-based hash algorithms.

Keywords: cryptographic hash function, tree-based hash function, cellular automaton, Rule 30, strength, collisions, multicollisions.

Вступ. Криптографічні геш-функції є базовим інструментом забезпечення цілісності, автентичності та незаперечності даних. Вони лежать в основі блокчейн-систем, схем цифрового підпису, протоколів автентифікації, журналювання подій і розподілених сховищ. Деревоподібні геш-структури, зокрема класичні дерева Меркля (Merkle), дають змогу масштабувати перевірку цілісності великих обсягів інформації завдяки ієрархічному комбінуванню гешів, де кожен внутрішній вузол є гешем від конкатенації гешів своїх нащадків [1]. Формальні основи побудови криптографічних геш-функцій та їхніх композиційних схем закладені в роботах R. Merkle, де розглянуто, зокрема, властивості композиційних конструкцій типу Merkle-Damgard і деревоподібних організацій гешування [2].

Подальший розвиток криптоаналізу показав, що навіть коректно побудовані композиційні схеми можуть мати структурні вразливості. Зокрема, J. Kelsey та B. Schneier продемонстрували, що для конструкцій Merkle-Damgard можливе ефективне побудування мультиколізій [3]. Аналогічні ідеї переносяться й на деревоподібні геш-структури. На цьому тлі постає завдання посилення стійкості деревоподібних геш-функцій до колізійних та мультиколізійних атак без втрати їхніх структурних переваг.

Один із напрямів удосконалення геш-функцій пов'язаний із використанням нелінійних динамічних систем і хаотичних перетворень. Починаючи з класичної роботи Wolfram, де було показано, що деякі елементарні правила клітинних автоматів (КА), зокрема правило 30, генерують статистично хаотичні бітові послідовності, що характеризуються високою чутливістю до початкових умов [4, 5].

У 2010-х роках з'являється низка конструкцій геш-функцій, що прямо інтегрують КА у свою внутрішню структуру. Наприклад, Belfedhal та співавтори запропонували використання програмованих одновимірних КА (правила 30, 90, 105, 150 тощо) як ядра функції ущільнення у конструкції Merkle-Damgard, продемонструвавши покращені показники лавинного ефекту та конкурентну продуктивність [6]. S. K. Nanda та співавтори розробили 128-бітний алгоритм гешування на основі КА, підтвердивши його покращені статистичні показники [7]. В іншій роботі S. Ostapov та його колеги інтегрували КА у губчасту архітектуру SHA-3-типу, отримавши покращену дифузійну й випадковість вихідних послідовностей [8]. Разом із тим, більшість цих підходів стосуються лінійних схем гешування, де блоки повідомлення обробляються послідовно, тоді як саме деревоподібні структури залишаються менш дослідженими в контексті поєднання з КА.

Попри значну кількість робіт на стику хаотичних систем та геш-функцій, деревоподібні геш-конструкції з інтегрованими КА й механізмом seed-змішування все ще досліджені недостатньо. Більшість відомих деревоподібних схем використовують класичну функцію ущільнення без додаткових джерел нелінійності на проміжних рівнях, що потенційно залишає відкритим простір для структурних атак, зокрема мультиколізійного типу [9]. Це створює потребу в нових моделях, які поєднують структурні переваги геш-дерев із хаотичним перемішуванням на основі КА, а також у формальній та експериментальній оцінці їхньої стійкості.

У цій роботі пропонується модифікована деревоподібна геш-функція, у якій криптографічну стійкість посилено за рахунок інтеграції одновимірного клітинного автомату з правилом 30 та механізмом рівнево-залежного seed-змішування. Базова ідея полягає в тому, що для всього дерева генерується кореневий seed на основі геша від конкатенації вхідних даних: для кожного рівня дерева з нього виводиться навігаційний seed, який змішується з даними листків та внутрішніх вузлів (через XOR-операцію) і використовується для ініціалізації стрічки КА. Після фіксованої кількості ітерацій правила 30 оновлений стан стрічки подається на вхід криптографічної геш-функції, формуючи геш вузла. Очікується, що таке поєднання seed-змішування та хаотичної дифузії КА посилить лавинний ефект, підвищить ентропію проміжних станів і ускладнить побудову структурованих колізій та мультиколізій.

Метою даної роботи є підвищення криптографічної стійкості деревоподібних геш-функцій до колізійних та мультиколізійних атак шляхом інтеграції КА та рівнево-залежного seed-змішування у процес формування геш-дерева.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються такі основні задачі:

1. Здійснити аналіз підходів до побудови деревоподібних геш-функцій та геш-функцій на основі хаотичних систем і КА, з акцентом на їх стійкості до мультиколізійних атак.
2. Сформулювати й описати формальну модель деревоподібної геш-функції з інтегрованим КА та механізмом seed-змішування.
3. Окреслити задачі подальшого дослідження запропонованого методу підвищення криптографічної стійкості деревоподібних геш-функцій за допомогою КА.

Алгоритм інтеграції клітинного автомату в геш-дерева

У запропонованому підході деревоподібна геш-функція розглядається як ієрархічна композиція вузлів, для кожного з яких обчислюється геш із додатковим нелінійним перемішуванням на основі клітинного автомату за правилом 30. Базовою побудовою є дерево Merkle. Відмінність запропонованого алгоритму полягає в тому, що перед застосуванням криптографічної геш-функції до даних листків виконується двоетапне змішування: (1) XOR-міксинг із рівнево-залежним seed-значенням (navigation seed) і (2) ітерація клітинного автомату Rule 30 над утвореною бітовою «стрічкою».

Нехай $H(\cdot)$ – вибрана криптографічна геш-функція з фіксованою довжиною виходу (наприклад, SHA-256 або SHA-3). Спочатку з конкатенації всіх вхідних даних формується кореневий seed:

$$seed_{root} = H(concat(data)). \quad (1)$$

Це значення є глобальним параметром, від якого для кожного рівня геш-дерева l (нумерація від нульового рівня листків до рівня кореня L) виводиться навігаційний seed:

$$(seed_{nav})_l = H(seed_{root} \parallel encode(l)), \quad (2)$$

де $\parallel$ – позначає операцію конкатенації, а $encode(l)$ – фіксована схема кодування номера рівня в бінарному вигляді. Таким чином, кожен рівень дерева отримує своє псевдовипадкове значення ініціалізації, яке надалі використовується для змішування даних і ініціалізації КА.

На рівні листків для кожного блоку даних d_i , що відповідає листковому вузлу на рівні $l=0$, спершу здійснюється побітове XOR з відповідним навігаційним seed-значенням:

$$m_i = d_i \oplus (seed_{nav})_0, \quad (3)$$

де $\oplus$ – побітова операція XOR.

Далі обчислюється геш листка:

$$(hash_{leaf})_i = H(m_i), \quad (4)$$

Отримані значення $(hash_{leaf})_i$ стають вхідними даними для формування внутрішніх вузлів дерева. Для внутрішніх вузлів на довільному рівні $l \geq 1$ алгоритм працює з гешами дочірніх вузлів. Нехай вузол має k дочірніх гешів $(hash_{child})_1, \dots, (hash_{child})_k$. Спершу формується вхідна стрічка шляхом конкатенації цих гешів:

$$tape_{in} = concat((hash_{child})_1, \dots, (hash_{child})_k). \quad (5)$$

Після цього до отриманої стрічки застосовується XOR з навігаційним seed-значенням поточного рівня:

$$tape_0 = tape_{in} \oplus (seed_{nav})_l. \quad (6)$$

Стрічка $tape_0$ інтерпретується як початковий стан одновимірного КА з радіусом околу 1, у якому кожна клітинка відповідає одному біту.

Далі виконується одна ітерація клітинного автомату за правилом 30. Застосування цього правила до всіх позицій стрічки дає новий стан $tape_1$, який є результатом однієї ітерації КА.

Фінальним кроком є обчислення геша вузла на основі оновленої стрічки:

$$hash_{node} = H(tape_l). \quad (7)$$

Це значення виступає гешем поточного внутрішнього вузла й далі використовується як один з $(hash_{child})_i$ під час обробки вузлів вищого рівня. Процес повторюється, поки не буде обчислено геш кореневого вузла дерева.

Таким чином, для кожного вузла дерева – як листкового, так і внутрішнього – алгоритм включає три ключові етапи: (1) рівнево-залежне XOR-змішування з навігаційним seed-значенням; (2) одну ітерацію клітинного

автомату Rule 30 (для внутрішніх вузлів); (3) застосування базової криптографічної геш-функції H . На інтуїтивному розумінні, саме поєднання seed-змішування та хаотичної дифузії КА руйнує потенційні регулярності у структурі геш-дерева й ускладнює побудову мультиколізій, оскільки локальна колізія в дочірніх вузлах не гарантує простої контрольованої колізії на батьківському рівні без урахування додаткового впливу навігаційного seed та КА-перетворення.

Щоб узагальнити викладений вище алгоритм формування гешу, розглянемо повну схему побудови модифікованого геш-дерева. На відміну від класичного дерева Merkle, де на кожному рівні виконуються лише операції конкатенації та гешування, у запропонованій моделі на кожному рівні додатково використовуються рівнево-залежні seed-значення та клітинний автомат за правилом 30. Кореневий seed генерується шляхом гешування конкатенації всіх вхідних даних, після чого з нього виводяться навігаційні seed-значення для кожного рівня дерева, які змішуються з даними листків та гешами внутрішніх вузлів через операцію XOR і використовуються для ініціалізації стрічки клітинного автомату, який забезпечує хаотичне перемішування бітових послідовностей на кожному рівні ієрархії. На рис. 1 наведено приклад конструкції дерева з інтегрованим клітинним автоматом Rule 30 та механізмом seed-змішування.

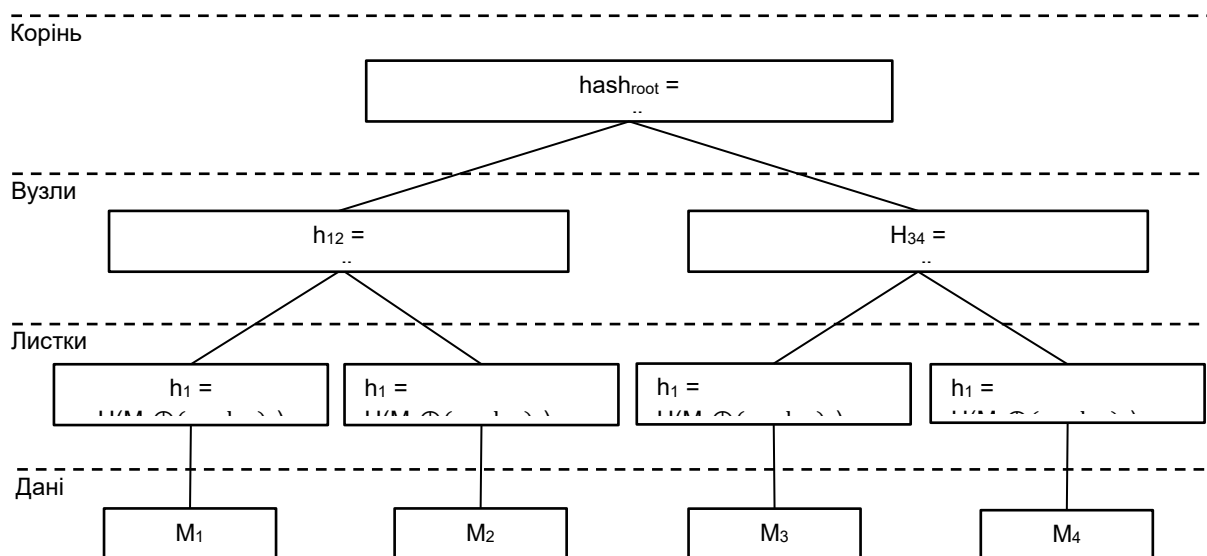


Рис. 1 – Приклад конструкції дерева, що пропонується

Таким чином, у порівнянні з класичним деревом Merkle, у конструкцію додаються два незалежні джерела дифузії та нелінійності – seed-змішування й хаотична динаміка КА, що розподіляють ентропію по всій деревоподібній структурі та руйнують потенційні структурні симетрії.

Висновки

Аналіз відомих конструкцій гешування показав вразливість деревоподібних конструкцій гешування до атак мультиколізійного типу. Водночас відомі дослідження ітеративних конструкцій доводять перспективність застосування КА як криптографічного примітиву для гешування. Саме тому було запропоновано модифікований підхід до побудови деревоподібної геш-функції, в якій для посилення криптографічної стійкості використовується поєднання рівнево-залежного seed-змішування та одновимірного КА за правилом 30. Структура класичного дерева Merkle збережена, однак на рівні листків вхідні дані попередньо змішуються з навігаційним seed-значенням за допомогою операції XOR, а на внутрішніх рівнях конкатеновані геші дочірніх вузлів додатково обробляються клітинним автоматом перед гешуванням. Така побудова має надати змогу розподіляти ентропію по всій ієрархії дерева, підсилюючи лавинний ефект і руйнуючи потенційні структурні симетрії, які можуть експлуатуватися в колізійних і мультиколізійних атаках на класичні деревоподібні геш-конструкції.

Очікується, що інтеграція КА з правилом 30 та навігаційних seed, прив'язаних до рівня дерева, ускладнить перенесення відомих мультиколізійних атак з деревоподібного типу схем на запропоновану модифікацію. Колізія в межах одного вузла більше не визначається лише комбінацією дочірніх гешів, а залежить також від конкретного seed-значення та результату хаотичного КА-перетворення, що, по ідеї, з кожним рівнем дерева даватиме покращенні показники стійкості гешування до мультиколізійних атак. У сукупності це дозволяє очікувати підвищення стійкості до колізій та мультиколізій за умови використання сучасної базової геш-функції.

Подальший розвиток роботи пов'язаний із переходом від концептуальної моделі до повноцінного експериментального дослідження. Планується виконати початкову оцінку стійкості до мультиколізійних атак. Окрема увага буде приділена аналізу того, наскільки наявність рівнево-залежних seed та Rule 30 змінює асимптотику складності побудови мультиколізій порівняно з класичними деревами Merkle на тій самій ж базовій геш-функції.

Зокрема передбачається реалізувати програмний прототип запропонованої геш-функції, провести низку експериментів з оцінювання лавинного ефекту, ентропії та статистичної випадковості вихідних послідовностей та виконати пошук колізій і мультиколізій на зменшених параметрах розрядності геш-функції. Результати цих експериментів будуть порівняні з базовою деревоподібною схемою без клітинного автомату, що дозволить емпірично підтвердити або скоригувати очікування щодо підвищення криптостійкості запропонованого підходу та сформулювати рекомендації щодо вибору параметрів (кількість ітерацій Rule 30, розміри стрічки, спосіб формування seed) для практичних застосувань.

Список використаних джерел

1. Ralph Charles Merkle. Secrecy, Authentication, and Public Key Systems : PhD thesis. Stanford : Stanford University, 1979. URL: <https://www.ralphmerkle.com/papers/Thesis1979.pdf> (дата звернення: 18.11.2025).
2. Ivan Bjerre Damgard. A design principle for hash functions. In: Advances in Cryptology – CRYPTO '89 : proceedings / ed. by G. Brassard. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1990. pp. 416-427. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-34805-0_39 (дата звернення: 18.11.2025).
3. John Kelsey, Bruce Schneier. Second preimages on n-bit hash functions for much less than 2^n work. In: Advances in Cryptology – EUROCRYPT 2005 : proceedings / ed. by R. Cramer. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2005. pp. 474-490. URL: <https://www.schneier.com/wp-content/uploads/2016/02/paper-preimages.pdf> (дата звернення: 18.11.2025).
4. Stephen Wolfram. Statistical mechanics of cellular automata. Reviews of Modern Physics. 1983. Vol. 55, No. 3. pp. 601-644. URL: <https://content.wolfram.com/sw-publications/2020/08/statistical-mechanics-cellular-automata.pdf> (дата звернення: 18.11.2025).
5. Stephen Wolfram. A New Kind of Science. Champaign, IL : Wolfram Media, 2002. URL: <https://www.wolframscience.com/nks/> (дата звернення: 18.11.2025).
6. Belfedhal A. E., Faraoun K. M. Building secure and fast cryptographic hash functions using programmable cellular automata. Journal of Computing and Information Technology. 2015. Vol. 23, No. 4. pp. 317-328. URL: https://www.researchgate.net/publication/287806642_Building_Secure_and_Fast_Cryptographic_Hash_Functions_Using_Programmable_Cellular_Automata (дата звернення: 18.11.2025).
7. Nanda S. K., Mohanty S., Pattnaik P. K. An optimized 128-bit cellular automata-based hash function for authentication of data at rest and in transit. International Journal of Electrical and Computer Engineering. 2023. Vol. 13, No. 2. pp. 1858-1866. URL: <https://ijece.iaescore.com/index.php/IJECE/article/download/28208/16478> (дата звернення: 18.11.2025).
8. S. Ostapov, B. Diakonenko, M. Fylypiuk, K. Hazdiuk, L. Shumylyak, O. Tarnovetska. Symmetrical cryptosystems based on cellular automata. International Journal of Computing. 2023. Vol. 22, No. 1. pp. 15-20. URL: https://computingonline.net/files/journals/1/archieve/IJC_2023_22_1_02.pdf (дата звернення: 18.11.2025).
9. Ю.Баришев, В.Казміревський. Аналіз атак на основі мультиколізій на деревоподібні геш-функції. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. 2025. № 3. pp. 1-11. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/874/820> (дата звернення: 18.11.2025).

БЕВЗ С. В.

*к.т.н., доцент, викладач кафедри електротехніки та електроніки
Житомирського військового інституту ім. С. П. Корольова*

БАРАСІЙ О. А.

*студентка факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (гр.2ПІ-25м)
Вінницького національного технічного університету*

МИРОНЮК О. В.

*студент факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (гр.2ПІ-25м)
Вінницького національного технічного університету*

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ВЕБСИСТЕМИ ДЛЯ ОБЛІКУ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ ПОРУШЕНЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ «CLEAN LAND»

Анотація: Проведено порівняльний аналіз існуючих програмних рішень для обліку водних та лісових ресурсів. Визначено відмінності функціоналу та сформовано вимоги до власної геоінформаційної системи для обліку та відстеження порушень екологічних об'єктів «Clean Land». Запропоновано основні компоненти розроблюваної системи.

Ключові слова: вебсистема, автоматизація, екологічні об'єкти.

Abstract: A comparative analysis of existing software solutions for accounting water and forest resources was conducted. Functional differences were identified and requirements for a proprietary GIS system for accounting and tracking violations of environmental objects «Clean Land» were formulated. The main components of the developed system were proposed.

Keywords: web system, automation, ecological objects.

Вступ. Зростання кількості екологічних порушень, незаконної вирубки дерев та деградації земель вимагає створення ефективних інструментів для відстеження стану навколишнього середовища. Сучасні цифрові платформи дозволяють аналізувати зміни лісів, ґрунтів і наземного покриття, однак більшість рішень виконують лише окремі функції: або надають супутникові дані, або дозволяють надсилати повідомлення про екологічні проблеми, або візуалізують карту без можливості взаємодії з об'єктами. Це зумовлює актуальність розробки комплексної системи, здатної поєднувати інформаційну, аналітичну та інтерактивну складові.

Об'єктом дослідження є процеси розробки вебсистеми для обліку та відстеження порушень екологічних об'єктів.

Предметом дослідження є методи і засоби реалізації вебсистеми для обліку та відстеження екологічних порушень.

Головною задачею є розробка вебсистеми, яка надасть екологам, що займаються питанням водних та лісових ресурсів, можливість ефективно організовувати свою діяльність щодо обліку та відстеження порушень екологічних об'єктів.

Порівняння аналогів та розробка вебсистеми

Використання технологій управління базами даних та геоінформаційними системами (ГІС) стає все більш популярним в останні роки. Ці технології активно інтегруються в різні додатки та системи, зокрема, в системи обліку природних ресурсів. Розробка програмних засобів для обліку екологічних об'єктів, таких як ставки та ліси, забезпечить ефективність та точність управління цими ресурсами, допоможе швидше виявляти порушення та оптимізувати можливості використання водних та лісових об'єктів.

До найбільш відомих рішень належать: Forest Map, Copernicus, ЕкоЗагроза, QGIS, Держводагентство.

Одним із прикладів використання ГІС-технологій для управління водними ресурсами є вебзастосунок Forest Map [1]. Forest Map від EcoMatcher – це інтерактивна онлайн мапа, яка дозволяє користувачам переглядати власні «цифрові ліси», бачити точне розташування кожного дерева, дані про його вид, стан, фермерів і вплив на вуглецевий баланс. Працює на базі Mapbox і даних, зібраних інструментом TreeCorder, а супутниковий моніторинг забезпечує Planet. Мапа створена для прозорості, контролю якості посадок і залучення користувачів, які можуть «відвідати» своє дерево через вебресурс або мобільний застосунок.

Copernicus [2] – це масштабна програма Європейського Союзу для спостереження за Землею. Copernicus використовує супутники, а також наземні системи, щоб збирати дані про навколишнє середовище, зокрема, атмосферу, землю, океани тощо. Послуги, які надає Copernicus, охоплюють кілька тематичних напрямків: моніторинг суші, атмосфери, клімату, морських систем, надзвичайних ситуацій, безпеки. Дані програми – це безкоштовний відкритий доступ: супутникові знімки, карти покриття, індекси зміни землекористування – все це доступне для науковців, урядів, екологічних організацій та широкого загалу.

ЕкоЗагроза [3] – це український державний інтернет-ресурс і мобільний застосунок, створений Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів. Його мета – збір інформації про екологічні загрози в реальному часі з геоприв'язкою. Користувачі можуть повідомляти про різні види порушень: забруднення повітря, нелегальні викиди, пожежі, розливи, шкоду, заподіяну екосистемам, включно з наслідками військової агресії. Щоб зробити звернення, потрібно увійти через систему електронної ідентифікації (не анонімно), вибрати категорію загрози, вказати місцезнаходження, додати фото або відео й описати ситуацію. Після відправки повідомлення заявник може бачити результати розгляду свого звернення у «особистому кабінеті» застосунку.

QGIS [4] з модулем водних ресурсів є відкритою ГІС-платформою, що пропонує додаткові модулі для управління водними ресурсами. Платформа дозволяє користувачам модифікувати, однак для її налаштування потрібні технічні навички. Основною перевагою ресурсу є гнучкість, але також варто зазначити відсутність спеціалізованих функцій для обліку саме ставок та лісів.

Ще одним прикладом є національний сервіс Держводагенства [5] України. Він є державною системою обліку водних ресурсів, яка містить дані про водні об'єкти, в тому числі, стави. Однак система має обмежений функціонал щодо деталізації параметрів, оренди та порушень. Основна перевага полягає в офіційних даних, але є недоліки у вигляді незручного інтерфейсу та недостатньої автоматизації.

Для наочної демонстрації відмінностей розглянутих ресурсів було зведено їх переваги і недоліки у таблицю порівняння (таблиця 1).

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз аналогів

	Forest Map	ЕкоЗагроза	Copernicus	QGIS	Держводагентство України	Власна розробка
Інтерактивна взаємодія з мапою	1	1	0	1	1	1
Зображення статусу забруднення екологічного об'єкта на мапі	1	1	1	0	1	1
Наявність інструментарію для повідомлення про проблему	0	1	0	0	0	1
Наявність інструментарію найму працівників для вирішення екологічних проблем	0	0	0	0	0	1
Деталізовані дані про екологічний об'єкт	1	0	1	0	1	1
Сумарний коефіцієнт	3	3	2	1	3	5

Аналізуючи таблицю 1, відзначимо, що власна розробка має найвищий сумарний коефіцієнт за розглянутими критеріями у порівнянні з аналогом QGIS на 80% ($100\% - 1/5 \cdot 100\% = 80\%$), з аналогом Copernicus на 60% ($100\% - 2/5 \cdot 100\% = 60\%$), у порівнянні з застосунками Forest Map, Держводагентство та ЕкоЗагроза – на 40% ($100\% - 3/5 \cdot 100\% = 40\%$).

Розроблено вебсистему для обліку та відстеження порушень екологічних об'єктів «Clean Land», яка містить довідники з інформацією про ставки та ліси, дозволяє додавати та редагувати її, фільтрувати дані за різними критеріями, надавати інструментарій для створення оголошень щодо вирішення екологічних проблем, має інтеграцію з геоінформаційними системами, надає інструментарій для повідомлення про екологічну проблему. Також наявне зображення статусу забруднення екологічного об'єкта на мапі.

Список використаних джерел

1. Forest Map [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ecomatcher.com/forest-map/>
2. Copernicus [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://climate.copernicus.eu>
3. ЕкоЗагроза [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ecozagroza.gov.ua>
4. QGIS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://qgis.org/>
5. Держводагенство України [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>

БЕВЗ С. В.,
к.т.н., доцент, викладач кафедри електротехніки та електроніки
Житомирського військового інституту ім. С. П. Корольова,
БУРБЕЛО С. М.,
к.т.н., викладач кафедри електротехніки та електроніки
Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова,
КОВАЛЕНКО О. О.,
к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення
Вінницького національного технічного університету,
РЯБУХА Є. В.,
студент факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (гр.2ПІ-24м)
Вінницького національного технічного університету,

МОДЕЛЬ СТВОРЕННЯ ВЕБПОРТАЛІВ З АВТОМАТИЧНОЮ ФІЛЬТРАЦІЄЮ ВХІДНИХ ДАНИХ

Анотація: Проведено аналіз вимог та виконано формулювання загальних підходів до моделі порталу конкурсу вебдизайну з функціями автоматичного фільтрування конкурсних робіт та виконання рекомендацій для роботи експертів, формування оцінювання робіт за визначеними пріоритетами.

Ключові слова: вебдизайн, оцінювання робіт.

Annotation: An analysis of the requirements was conducted and general approaches to the model of the web design competition portal were formulated with the functions of automatic filtering of competition works and implementation of recommendations for the work of experts, and the formation of evaluation of works according to defined priorities.

Keywords: web design, evaluation of works.

Вступ. Актуальність створення веборієнтованих систем з модулями аналітики та фільтрації вхідних даних пов'язана з необхідністю автоматизувати обробку даних, зменшити інформаційний потік для адміністратора та користувачів. Моделі створення вебпорталів базуються на поєднанні технологій веброзробки, систем керування контентом, фреймворків для побудови бекенду та механізмів забезпечення безпеки даних [1].

Найбільш відомими є архітектурні моделі, які дозволяють вибрати або сформувати архітектуру, що буде оптимальною для розмежування логіки введення та фільтрації даних. Модульна архітектура дозволяє розмежувати процеси введення, оброблення і відображення інформації. Відомі моделі контролерів дозволяють здійснювати очищення даних ще на першому етапі роботи системи. Мікросервісна архітектура передбачає чітку фільтрацію даних за мікросервісами [2].

Розробка моделі вебпорталу

Серед моделей автоматичної фільтрації даних можна виділити методи фронтенд та бекенд валідації, а також методи очищення даних. Крім того, використовується фільтрація за контекстом застосування і впроваджуються моделі класифікацій з використанням машинного навчання. Серед них можна виокремити такі:

- вбудовування систем API-gateway фільтрації, що перевіряють запити перед передачею до основних сервісів;
- використання Web Application Firewall (WAF) для автоматичного блокування підозрілих запитів;
- реалізація логування та моніторингу (наприклад, через ELK Stack) для відстеження некоректних вхідних даних.

Розробка порталу має відповідати стандартам OWASP ASVS, ISO/IEC 27001 і принципам Secure by Design. Автоматична фільтрація інтегрується в CI/CD-процеси через тести безпеки (static code analysis, input fuzzing).

Сценарна модель може бути подана через опис дій користувача. Користувач завантажує роботу через форму, використовуючи файл з метаданими, де вказуються назва, автор, категорія, опис, теги. Клієнтська валідація дозволяє розширення файлу, використання головних полів, встановлення розміру файлу. Сервер тимчасово зберігає файл і запускає pipeline фільтрації. Здійснюються технічні перевірки за типом файлу, розміром, роздільною здатністю графічної роботи. Використовують також контент-фільтри для перевірки на відвертий/заборонений контент (тут можна інтегрувати зовнішні API) та перевірки на плагіат/дублікати (pHash / perceptual hash).

За критеріями конкурсу також вводяться спеціальні правила, наприклад, правила відповідності категорії, встановлення мінімальної роздільної здатності, визначення відсотку залитих кольорів, аналізу формату композиції тощо.

Результати формуються з використанням ACCEPT / REJECT / NEEDS_REVIEW, якщо бал знаходиться у проміжному діапазоні або фільтр викликає сумнів. Відбувається збереження метаданих у базі даних, результат фільтрації повідомляється автору, адміністратору надходить табло зі списком NEEDS_REVIEW і метриками.

Інформаційна модель порталу ґрунтується на принципах реляційного або об'єктно-реляційного подання даних і передбачає розподіл об'єктів системи на логічно пов'язані сутності. Кожна сутність відповідає конкретному процесу конкурсу, включаючи подання робіт, їх автоматичну перевірку, оцінювання, модерацію, виведення результатів.

Створення вебпорталів з автоматичною фільтрацією вхідних даних потребує поєднання методів клієнтської та серверної валідації, контекстної відповідності, архітектурного розмежування логіки оброблення даних і застосування систем безпеки. Запропонована модель забезпечує надійність, масштабованість та захист порталу від типових загроз вебсередовища.

Для формування сценарію дій та зв'язків необхідно розглянути основні сутності моделі.

1. Користувач, адміністратор зберігає дані про учасників, членів журі, відповідальних адміністраторів. При цьому реалізуються зв'язки у базі даних:

- один користувач може подати декілька робіт (1:N із Submission);
- член журі пов'язаний із таблицею оцінювання (1:N із Review).

2. Модуль конкурсної роботи забезпечує аналіз опису поданих на конкурс робіт з реалізацією зв'язків:

- одна робота належить одному користувачу;
- робота може мати декілька результатів фільтрації (1:N із FilterResult) або оцінок журі (1:N із Review).

3. Автоматична фільтрація відображає результати автоматичної перевірки роботи, забезпечуючи зв'язки:

- оцінка належить одній конкурсній роботі;
- результати агрегуються у підсумковий бал Submission.score.

4. Критерій фільтрації описує правила автоматичної оцінки і використовується під час формування записів у FilterResult.

5. Проводиться процес експертного оцінювання журі.

6. У категорії конкурсу групуються роботи за типами (графічний дизайн, вебдизайн, цифрова ілюстрація тощо).

7. Журнал подій забезпечує простежуваність дій користувачів і системи. Логічні зв'язки між сутностями забезпечують автоматизацію процесів подачі, фільтрації, прийняття та оцінювання роботи.

Висновки. Запропонована модель створення вебпорталів з автоматичною фільтрацією вхідних даних підтримує фільтрацію за формальними критеріями (форматом, розміром, унікальністю роботи) та проводить змістовний аналіз із використанням алгоритмів комп'ютерного зору або машинного навчання.

Передбачено також збереження результатів фільтрації у вигляді структурованого звіту, що спрощує інтеграцію з панеллю модерації. Модель є розширюваною, забезпечено можливість додавати нові критерії, типи конкурсів або модулі інтеграції з зовнішніми API.

Отже, запропонована модель порталу є гнучкою, модульною й орієнтованою на автоматизацію процесів прийому, перевірки, оцінювання та управління конкурсними роботами, забезпечуючи прозорість і об'єктивність конкурсного відбору.

Список використаних джерел

1. Berkovsky S., Cantador I., Tikk D. Collaborative recommendations: algorithms, practical challenges and applications. (2019). World scientific publishing. <https://doi.org/10.1142/11131>.
2. Amazon Web Services. URL: <https://aws.amazon.com/architecture>.

*БІДНИК ТАРАС,
здобувач вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня,
КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти»*

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК МЕХАНІЗМ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

Анотація. У статті розглядається роль цифрових технологій у розвитку територіальних громад України. Окреслено основні напрями впровадження цифрових інструментів у практику місцевого самоврядування, їхній

вплив на підвищення ефективності управління, відкритість і прозорість процесів, а також на залучення громадськості до прийняття рішень. Особлива увага приділена сучасним технологічним рішенням, що сприяють економічному, соціальному та культурному зростанню громад вдосконаленню муніципальних сервісів і розвитку електронного врядування. Аналізується досвід українських територіальних громад у цифровій трансформації та основні виклики на цьому шляху.

Ключові слова: цифрові технології, територіальні громади, місцеве самоврядування, електронне врядування, розвиток, діджиталізація, інновації.

Abstract. The article examines the role of digital technologies in the development of territorial communities of Ukraine. The main focus is on the promotion of digital tools in the practice of local self-direction, their influx into increased efficiency of management, openness and insight into processes, as well as gains enormity until a decision is made. Particular respect is given to current technological solutions that contribute to the economic, social and cultural growth of communities through comprehensive municipal services and the development of electronic banking. The evidence of Ukrainian territorial communities in digital transformation and the main influences on this path are analyzed.

Key words: digital technologies, territorial communities, local self-government, electronic independence, development, digitalization, innovation.

Глобальні інформаційно-комунікаційні процеси останніх десятиліть зумовили радикальні зміни у функціонуванні суспільства, економіки, політики та управління. Особливої актуальності ці процеси набувають у контексті розвитку територіальних громад, які, завдяки цифровій трансформації, отримують нові можливості для підвищення якості життя населення, ефективного розподілу ресурсів, доступності адміністративних послуг та прозорості управління [1, с. 43]. В умовах децентралізації та адміністративно-територіальної реформи в Україні питання цифровізації стають ключовими для забезпечення конкурентоспроможності та сталого розвитку громад.

Цифрові технології визначаються як сукупність ІКТ-інструментів, що забезпечують автоматизацію, оптимізацію та модернізацію різних сфер життєдіяльності, забезпечують інтерактивну взаємодію влади з громадянами, а також підвищують рівень прозорості управління [2, с. 21]. Науковці розглядають цифровізацію як синергетичний процес, що охоплює як організаційно-управлінські, так і соціально-психологічні аспекти [3, с. 112]. Суттєве значення відіграє не лише впровадження інноваційних сервісів, а й формування нової цифрової культури серед мешканців територіальних громад.

Територіальні громади в Україні отримали значні управлінські повноваження, однак ефективна їх реалізація залежить від рівня використання цифрових інструментів. До найважливіших напрямів цифровізації територіальних громад відносять:

- впровадження електронного документообігу,
- створення електронних реєстрів та порталів адміністративних послуг (ЦНАП),
- розробку спеціалізованих мобільних додатків для жителів,
- організацію електронних консультацій і петицій,
- автоматизацію управлінських процесів у сферах освіти, охорони здоров'я, соціального захисту [4, с. 131].

Електронний документообіг являє собою системно-організований процес створення, контролю, переміщення, архівування та захисту управлінських документів у цифровій формі з використанням програмно-апаратних комплексів. Його впровадження є фундаментальною основою для всіх подальших цифрових інновацій у сфері публічного управління.

Механізм реалізації: Функціонування ЕДО базується на спеціалізованій платформі, яка забезпечує. Електронний документ: надання юридичної сили електронному документу шляхом використання кваліфікованого електронного підпису (КЕП), що ідентифікує особу та гарантує цілісність даних.

Маршрутизація: автоматизоване розподілення документів між структурними підрозділами та посадовими особами відповідно до регламентованих процедур (наказ про створення, резолюція, виконання, контроль). Система оповіщень та контролю: автоматичне сповіщення виконавців про нові доручення, нагадування про строки виконання, формування звітів про дисципліну документообігу. Єдиний архів: централізоване зберігання всієї документації з можливістю швидкого пошуку, індексації та відстеження історії будь-якої справи.

Міжвідомча взаємодія: забезпечення безпечного обміну офіційними документами між різними органами влади через єдині шлюзи (наприклад, систему електронних міжвідомчих запитів).

Наукове обґрунтування ефективності: Впровадження ЕДО призводить до значного підвищення адміністративної ефективності шляхом скорочення часу на рутинні операції (пошук, копіювання, пересилання паперових носіїв), мінімізації людського фактору (помилки, втрати документів), забезпечення повної прозорості будь-якої процедури та зниження витрат на паперовий документообіг та архівування.

Створення електронних реєстрів та порталів адміністративних послуг (ЦНАП). Цей механізм спрямований на консолідацію інформаційних ресурсів держави та надання єдиного точки доступу для громадян і бізнесу до державних послуг. Портал (наприклад, «Дія») та мережа Цифрових центрів адміністративних послуг (ЦНАП) виступають фізичною та віртуальною інтерфейсною прослойкою між суспільством і державним апаратом.

Єдині реєстри: Інтеграція розрізнених відомчих баз даних (реєстрів населення, транспортних засобів, нерухомості, юридичних осіб тощо) в єдині інформаційні системи. Це дозволяє усунути дублювання даних і забезпечити актуальність інформації для всіх органів влади.

Єдиний портал послуг: Створення веб-платформи, де користувач може знайти каталог усіх доступних послуг, отримати детальну інформацію про необхідні документи, строки та вартість, а також ініціювати надання послуги в електронній формі (заповнити заяву, завантажити скан-копії документів, відстежити статус розгляду).

Принцип «єдиного вікна»: Користувач звертається за послугою лише один раз, надаючи інформацію через портал або працівника ЦНАП. Подальша міжвідомча взаємодія (запити до реєстрів, перевірка даних) відбувається в автоматичному режимі без участі заявника.

Зворотний зв'язок: Наявність системи оцінки якості наданої послуги (зірки, відгуки), що дозволяє проводити моніторинг задоволеності громадян і виявляти проблемні моменти.

Наукове обґрунтування ефективності: Даний механізм кардинально знижує транзакційні витрати громадян (час, гроші на пересування) та бюрократичне навантаження на бізнес. Він реалізує принципи орієнтованості на користувача (user-centricity), забезпечує рівний і зручний доступ до послуг незалежно від місця проживання, а також підвищує довіру до інститутів держави через прозорість процедур.

Розробка спеціалізованих мобільних додатків для жителів. Мобілізація суспільства вимагає перенесення ключових сервісів на пристрої, які є найбільш доступними та звичними для користувачів – смартфони. Спеціалізовані мобільні додатки є логічним продовженням порталів електронних послуг, але з урахуванням мобільних технологій (геолокація, push-сповіщення, камера, NFC).

Додаток-ідентифікатор: Використання додатку як засобу ідентифікації та авторизації (наприклад, «Дія. Підпис» з функцією КЕП). Додаток-сервіс: Надання послуг у зручному мобільному форматі: сплата штрафів, запис до лікаря, отримання довідок, перегляд податкових нарахувань, реєстрація бізнесу. Додаток-інформатор: Надання актуальної персоналізованої інформації: рахунки за комунальні послуги, дані про дитину у школі чи садку, стан черги на операцію, соціальні виплати. Додаток-зв'язок: Інтеграція з системами електронних петицій, звернень громадян та консультацій.

Використання апаратних можливостей: Сканування QR-кодів, використання камери для заповнення форм за допомогою OCR (оптичного розпізнавання символів), геолокація для пошуку найближчого ЦНАП або відділення. Наукове обґрунтування ефективності: Мобільні додатки забезпечують максимальну доступність та інклюзивність сервісів, збільшують охоплення аудиторії, особливо серед молоді, та надають послуги в режимі реального часу (real-time services). Вони є потужним інструментом для формування прямих, персоналізованих комунікаційних каналів між державою і громадянином.

Організація електронних консультацій і петицій. Цей механізм спрямований на розвиток електронної демократії (e-democracy) та залучення громадян до участі в прийнятті публічно-значущих рішень. Він трансформує пасивного отримувача послуг в активного учасника управлінських процесів.

Онлайн-петиції: Створення офіційних інституційних платформ, де громадяни можуть ініціювати, підписувати та обговорювати петиції до органів влади. Механізм передбачає обов'язкову офіційну реакцію відповідального органу при досягненні певного порогу підписів.

Електронні консультації (публічні обговорення): Розміщення проектів нормативно-правових актів, програм, стратегій на спеціальних платформах для громадського обговорення. Кожен користувач може залишити свої пропозиції та коментарі, які публікуються та враховуються при доопрацюванні документу.

Онлайн-опитування та голосування: Проведення соціологічних досліджень, опитувань щодо пріоритетів розвитку території чи оцінки якості послуг через офіційні сайти та мобільні додатки.

Прямі трансляції та вебінари: Організація віртуальних зустрічей, прес-конференцій та нарад з можливістю онлайн-включення та задавання питань. Наукове обґрунтування ефективності: Цей інструмент підвищує легітимність влади через забезпечення прозорості прийняття рішень, розширює соціальну базу підтримки реформ, дозволяє виявляти потенційні ризики та отримувати цінні пропозиції від експертної спільноти та громадськості. Він сприяє формуванню громадянського суспільства.

Автоматизація управлінських процесів у сферах освіти, охорони здоров'я, соціального захисту. Автоматизація в соціально значущих сферах передбачає створення відомчих інформаційно-управлінських

систем, які інтегровані в загальну архітектуру електронного урядування, але мають специфічний функціонал, адаптований під конкретні процеси.

В освіті: електронні журнали та днівники: для контролю успішності, комунікації вчителів із батьками, розкладу занять. Системи запису до дитячих садків та шкіл: автоматизований розподіл місць з урахуванням пріоритетів. Платформи дистанційного навчання (LMS): для організації освітнього процесу. Єдині бази даних про наукові досягнення, атестацію педагогічних працівників.

Охорона здоров'я: електронна система охорони здоров'я (ЕСОЗ): єдина електронна медична карта пацієнта, доступна лікарям усіх закладів. Електронний запис до лікаря: з інтеграцією з порталом послуг. Рецепти в електронній формі. Системи моніторингу руху лікарських засобів, обладнання.

Соціальний захист: Автоматизоване призначення виплат: на основі даних з реєстрів (про доходи, інвалідність, статус внутрішньо переміщеної особи тощо) за принципом «згода через відсутність відмови». Електронні соціальні картки. Реєстри соціальних послуг та їх отримувачів. Системи моніторингу потреб вразливих категорій населення.

Наукове обґрунтування ефективності: Автоматизація в соціальній сфері забезпечує цілісність та безперервність обслуговування, усуває корупційні ризики (наприклад, при розподілі місць у садках чи призначенні виплат), підвищує якість послуг за рахунок наявності повної інформації (наприклад, історія хвороби пацієнта для лікаря), оптимізує використання ресурсів (людських, фінансових, матеріальних) та забезпечує цілеспрямованість соціальної допомоги.

Завдяки цифровим платформам забезпечується спрощений доступ населення до адміністративних, освітніх, соціальних послуг, збільшується рівень довіри до влади та активність участі громадян у процесах прийняття рішень. Сьогодні електронне врядування є комплексним механізмом, який ґрунтується на застосуванні інформаційно-комунікаційних технологій для оптимізації діяльності органів місцевого самоврядування [5, с. 18]. За рахунок цього забезпечується інтеграція послуг з різних сфер, створюються умови для зворотного зв'язку між владою та громадами. Вдосконалення електронного врядування дозволяє скоротити часові та фінансові витрати, знизити корупційні ризики завдяки контролю з боку громадськості [6, с. 49].

Процес цифрової трансформації територіальних громад передбачає розвиток сучасної цифрової інфраструктури, до якої відносять широкопasmовий доступ до Інтернету, комп'ютеризацію закладів освіти, медицини, адміністративних установ, впровадження «розумних» пристроїв у систему безпеки, енергозабезпечення, транспорту та житлово-комунального господарства [7, с. 93]. Дослідження показують, що найбільших успіхів досягають ті громади, які інвестують у розвиток людського капіталу, підвищують цифрову грамотність населення та забезпечують співробітництво з бізнесом і громадськими організаціями.

Впровадження цифрових технологій у діяльність територіальних громад дає змогу оптимізувати використання ресурсів, підвищити конкурентоспроможність, залучити додаткові інвестиції, стимулювати розвиток малого та середнього бізнесу [8, с. 36]. Наприклад, електронна система бюджетування забезпечує прозорість розподілу коштів, а цифрові маркетплейси сприяють розвитку локальних виробників. Важливо врахувати і соціальні аспекти — цифровізація послуг дозволяє охопити навіть віддалені населені пункти, знижує рівень соціальної ізоляції, дає можливість дистанційного навчання, медичного консультування тощо.

Попри очевидні переваги, впровадження цифрових технологій супроводжується низкою проблем. Серед основних викликів — нерівний доступ до інтернету, недостатній рівень цифрової грамотності населення, обмеженість фінансових ресурсів на впровадження інновацій, небажання частини управлінців змінювати традиційні підходи [9, с. 17]. Окремої уваги потребують питання захисту персональних даних, кібербезпеки та правового регулювання у сфері цифрових послуг.

Український досвід показує, що цифровізація стає невід'ємною складовою стратегії розвитку територіальних громад. Серед пріоритетних напрямів на майбутнє відзначають розвиток «розумних» громад («smart communities»), інтеграцію сучасних технологій Інтернету речей, штучного інтелекту для управління міськими процесами, удосконалення систем електронної демократії, розвиток цифрової освіти і дистанційної медицини [10, с. 81]. Успішна реалізація цих завдань потребує міжсекторальної співпраці, залучення інвестицій, формування інклюзивного цифрового середовища з урахуванням потреб усіх соціальних груп.

Підсумовуючи вищевикладене, можна стверджувати, що цифрові технології є чинником модернізації та сталого розвитку територіальних громад України. Вони сприяють підвищенню ефективності управління, відкритості та прозорості влади, доступності послуг, залучають громадян до партнерської участі в управлінні. Водночас успішне впровадження цифрової трансформації вимагає комплексного підходу, подолання соціальних, організаційних та технічних бар'єрів. Очевидно, що лише ті громади, які зможуть адаптуватися до викликів цифрової епохи, матимуть переваги у забезпеченні сталого розвитку і підвищенні якості життя своїх мешканців.

Список використаних джерел

1. Бєленький П.В. "Цифровізація місцевого самоврядування: український та світовий досвід". // Регіональні студії – 2021. – № 3. – С. 42–48.
2. Зінов'єва І.Д. "Електронне врядування в контексті реформ місцевого самоврядування". // Теорія та практика державного управління. – 2020. – № 2. – С. 19–25.
3. Ляшенко І.М., Кіріченко О.С. "Інноваційний розвиток територіальних громад: цифрова парадигма". // Наукові записки. – 2019. – Т. 117. – С. 110–117.
4. Мокряк Д.Ф., Носова О.М. "Упровадження цифрових технологій в управління громадою". // Державне управління: удосконалення та розвиток. – 2022. – № 1. – С. 129–135.
5. Ярова Т.В. "Електронне урядування: закордонний досвід та українські реалії". // Електронне врядування. – 2022. – № 1. – С. 15–22.
6. Шевченко М.Г. "Цифрова трансформація територіальних громад: виклики і перспективи". // Вісник ХНУ. – 2021. – № 6. – С. 47–53.
7. Рубан Л.В., Рубан О.В. "Інфраструктура цифрового розвитку громад". // Вісник НТУУ "КПІ". – 2022. – № 2. – С. 92–100.
8. Остапенко Д.Г. "Соціально-економічний ефект цифровізації територій". // Український соціум. – 2020. – № 11. – С. 34–40.
9. Франчук В.Л. "Проблеми цифрової трансформації територіальних громад". // Проблеми управління. – 2022. – № 4. – С. 15–20.
10. Сіренко П.В., Коваленко Л.О. "Інновації у розвитку цифрових громад". // Світ інформації. – 2023. – № 3. – С. 80–87.

БІЛИЙ Р. О.,
ВНТУ,

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ: АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА КРИТИЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ АРХІТЕКТУР

Анотація: У роботі здійснено системний аналіз сучасного стану технологій глибокого навчання (Deep Learning). Розглянуто фундаментальні відмінності глибоких нейронних мереж від класичних методів машинного навчання, акцентуючи увагу на здатності до автоматичного виділення ознак та масштабованості. Проведено критичну оцінку бар'єрів впровадження технології, зокрема проблем інтерпретованості рішень, ресурсоемності обчислень та залежності від якості навчальних даних. Визначено пріоритетні напрямки розвитку для підвищення надійності інтелектуальних систем.

Ключові слова: штучний інтелект, глибоке навчання, згорткові нейронні мережі, інтерпретованість, великі дані, обчислювальна складність.

Стрімкий розвиток інформаційних технологій в останнє десятиліття ознаменувався переходом до нової парадигми обробки даних, де ключову роль відіграють нейронні мережі глибокого навчання (Deep Learning). Актуальність дослідження даної тематики зумовлена тим, що ці алгоритми стали де-факто стандартом у вирішенні завдань розпізнавання образів, обробки природної мови та прогнозування часових рядів, демонструючи результати, які часто перевершують можливості людини. Проте широке впровадження систем на базі глибокого навчання вимагає зваженого підходу, що ґрунтується на глибокому розумінні як сильних сторін технології, так і її системних обмежень, які можуть стати критичними в умовах реальної експлуатації.

Беззаперечною перевагою глибоких нейронних мереж є їхня здатність до автоматичного навчання репрезентаціям даних (representation learning). На відміну від класичних алгоритмів машинного навчання, де якість моделі напряму залежала від етапу конструювання ознак (feature engineering) та вимагала значної експертизи у предметній області, глибокі мережі здатні самостійно виділяти ієрархію ознак із «сирих» даних. Завдяки багатошаровій архітектурі та використанню нелінійних функцій активації, такі моделі трансформують вхідні дані через послідовність абстракцій, що дозволяє виявляти складні, приховані патерни, недоступні для поверхневих алгоритмів. Це робить технологію незамінною при роботі з високорозмірними неструктурованими даними, такими як відеопотоки, аудіосигнали та текстові масиви, де ручне створення правил є неефективним або неможливим.

Іншим важливим аспектом, що забезпечує перевагу глибокого навчання, є висока масштабованість архітектур. Емпіричні дослідження демонструють, що продуктивність глибоких мереж продовжує зростати логарифмічно зі збільшенням обсягу навчальних даних, не досягаючи ефекту насичення так швидко, як це відбувається у традиційних статистичних методах. В епоху великих даних (Big Data) ця властивість дозволяє створювати універсальні моделі, які після попереднього навчання на величезних датасетах можуть бути адаптовані до специфічних завдань за допомогою механізму трансферного навчання (transfer learning). Такий підхід суттєво знижує поріг входження для розробників та дозволяє досягати високої точності навіть в умовах обмеженої кількості розмічених даних у цільовому домені.

Однак, попри вражаючі показники точності, технологія глибокого навчання має низку суттєвих недоліків, які обмежують її застосування у критично важливих сферах. Найбільш гострою проблемою є низька інтерпретованість моделей, часто згадувана як феномен «чорної скриньки». Через наявність мільйонів, а іноді й мільярдів параметрів, внутрішня логіка прийняття рішень нейронною мережею залишається непрозорою для користувача. У таких галузях, як медицина, юриспруденція чи банківський сектор, де ціна помилки є надзвичайно високою, неможливість пояснити причину конкретного прогнозу створює серйозні етичні та правові бар'єри. Відсутність прозорості ускладнює верифікацію системи та діагностику помилок, що знижує довіру до технології з боку суспільства та регуляторів.

Окрім проблеми інтерпретованості, значним викликом є ресурсоемність технології. Навчання сучасних архітектур (SOTA) вимагає використання потужних обчислювальних кластерів із графічними прискорювачами та значних енергетичних витрат, що має негативний екологічний вплив та обмежує доступ до передових досліджень для наукових груп з обмеженим фінансуванням. Також варто зазначити критичну залежність нейронних мереж від якості та збалансованості навчальних даних. Моделі глибокого навчання схильні до перенавчання та можуть ненавмисно засвоювати соціальні упередження (bias), що містяться у вибірці, що призводить до дискримінаційних результатів роботи алгоритму. Додатковим фактором ризику є вразливість до атак змагальних прикладів, коли незначні модифікації вхідних даних можуть призвести до грубих помилок у класифікації.

Підсумовуючи вищевикладене, можна стверджувати, що нейронні мережі з глибоким навчанням є потужним інструментом, який революціонізував підходи до аналізу даних, проте не є універсальною панацеєю. Їх використання має бути обґрунтованим з точки зору наявних ресурсів та вимог до прозорості процесу прийняття рішень. Перспективним напрямком подальших наукових розвідок вбачається розробка методів пояснюваного штучного інтелекту (Explainable AI) та створення більш енергоефективних архітектур, що дозволить нівелювати розглянуті недоліки та забезпечити створення надійних і безпечних інтелектуальних систем.

Список використаних джерел

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT press, 2016.
2. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning. Nature. 2015. No. 521. P. 436–444.
3. Lipton Z. C. The Mythos of Model Interpretability. Queue. 2018. Vol. 16, no. 3. P. 31–57.

004.93
БІЛИЙ Р. О.,
РЕЙДА О. М.,
ВНТУ

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ ТЕКСТІВ

Анотація: У роботі проведено аналіз програмного забезпечення з відкритим кодом у сфері розпізнавання рукописного тексту HTR (Handwritten Text Recognition). Проведено декомпозицію архітектурних підходів, що лежать в основі популярних бібліотек, від класичних гібридних мереж CRNN (Convolutional Recurrent Neural Networks) до новітніх трансформерних моделей «Vision Encoder-Decoder». На основі порівняльного аналізу інструментів Tesseract, EasyOCR, Keras-OCR та TrOCR визначено ключові метрики ефективності, зокрема «Character Error Rate» (CER) та час інференсу, в контексті обробки кирилических рукописних даних. Окреслено специфічні виклики, пов'язані з сегментацією курсиву та адаптацією мовних моделей до морфологічних особливостей української мови.

Ключові слова: HTR, нейронні мережі, глибоке навчання, комп'ютерний зір, Tesseract, EasyOCR, Transformer, CTC Loss, семантична сегментація.

Стрімка цифровізація інформаційного простору актуалізувала потребу в ефективних інструментах для перетворення аналогових текстових даних у цифровий формат. Якщо задача оптичного розпізнавання друкованих символів (Optical Character Recognition, OCR) на сьогодні вважається значною мірою вирішеною, то проблема розпізнавання рукописного тексту (Handwritten Text Recognition, HTR) залишається відкритим викликом для наукової спільноти. Складність HTR зумовлена високою ентропією вхідних даних: варіативністю індивідуального почерку, наявністю лігатур, що унеможливають просту сегментацію символів, геометричними викривленнями рядків та шумами носія інформації. В умовах обмеженого доступу до комерційних хмарних рішень (таких як Google Vision API або Azure Computer Vision), особливого значення набуває аналіз та вдосконалення програмних засобів з відкритим вихідним кодом, які дозволяють розробляти автономні та конфіденційні системи оцифрування.

Історично домінуючу позицію серед відкритих інструментів займає бібліотека Tesseract. Незважаючи на інтеграцію в четвертій та п'ятій версіях рекурентних модулів LSTM (Long Short-Term Memory), архітектура Tesseract залишається орієнтованою на розпізнавання друкованих гліфів. Фундаментальним обмеженням даного засобу в контексті HTR є залежність від етапу сегментації: алгоритм намагається виділити окремі символи або групи символів перед класифікацією. У випадку курсивного рукописного тексту, де літери плавно переходять одна в одну, такий підхід призводить до каскаду помилок сегментації, що критично знижує точність. Емпіричні тестування показують, що без попередньої складної обробки зображення (бінаризації, вирівнювання рядків, скелетизації) використання Tesseract для рукописних даних є малоефективним, особливо для кирилических шрифтів, які мають складну геометрію з'єднань.

Якісний стрибок у розв'язанні задач HTR пов'язаний з переходом до парадигми «Sequence-to-Sequence» без явної сегментації символів. Найбільш поширеною реалізацією цього підходу у відкритому доступі є архітектура CRNN (Convolutional Recurrent Neural Network), яка лежить в основі таких популярних бібліотек, як EasyOCR та PaddleOCR. Структурно такі системи складаються з трьох компонентів: згорткового екстрактора ознак (на базі ResNet або VGG), який перетворює зображення у послідовність векторів ознак; рекурентного блоку (зазвичай двонаправлений Bi-LSTM), що аналізує контекстні залежності в обох напрямках; та декодера на основі функції втрат CTC (Connectionist Temporal Classification). Використання CTC дозволяє мережі передбачати ймовірнісний розподіл символів для кожного часового кроку без необхідності вирівнювання вхідного зображення з цільовим текстом. Бібліотека EasyOCR, завдяки використанню фреймворку PyTorch та попередньому навчанню на великих мультимовних датасетах, демонструє значно вищу стійкість до шумів та деформацій тексту, ніж класичні OCR-двигуни, проте вимагає суттєво більших обчислювальних ресурсів.

Вершиною еволюції сучасних методів розпізнавання тексту є застосування трансформерних архітектур, що реалізовано, зокрема, у моделі TrOCR (Transformer-based OCR) від Microsoft, яка доступна у репозиторіях Hugging Face. Цей підхід повністю відмовляється від рекурентних мереж на користь механізму уваги (Self-Attention). Архітектура базується на використанні візуального трансформера (ViT) як енкодера, що розбиває зображення на патчі та аналізує глобальні залежності між ними, та текстового декодера (наприклад, RoBERTa або BERT), який генерує вихідну послідовність символів авторегресійним методом. Ключовою перевагою TrOCR є здатність моделювати не лише візуальні ознаки символів, але й семантичний контекст мови, що дозволяє системі ефективно «домислювати» нерозбірливі фрагменти тексту на основі ймовірності появи слів. Втім, платою за високу точність (State-of-the-Art за метрикою CER) є висока латентність інференсу та необхідність використання потужних графічних прискорювачів (GPU), що ускладнює розгортання таких систем на мобільних пристроях.

Окремою проблемою при використанні відкритих засобів для розпізнавання українського рукописного тексту є дефіцит якісних розмічених навчальних вибірок. Більшість моделей (включно з EasyOCR та TrOCR) попередньо навчені переважно на англійських датасетах (IAM Handwriting Database), що призводить до зниження точності при роботі з кирилицею через специфічні графічні особливості літер (наприклад, схожість рукописних «п», «н», «и» та «к»). Тому критично важливим етапом впровадження будь-якого з розглянутих засобів є процедура донавчання (fine-tuning) на специфічних даних предметної області. Перспективним напрямком подальших досліджень є розробка методів генерації синтетичних рукописних даних (GAN-based data augmentation) для розширення навчальних корпусів, а також оптимізація трансформерних моделей методами дистиляції знань та квантування для забезпечення їх роботи в режимі реального часу на крайових пристроях (Edge AI).

Висновок. Проведене дослідження програмних засобів з відкритим кодом для розпізнавання рукописного тексту дозволило встановити, що універсального рішення для задач HTR на сьогодні не існує. Виявлено, що класичні OCR-системи (Tesseract) є малоефективними для курсивного письма через помилки

сегментації. Найкращий баланс між точністю та ресурсоемністю демонструють гібридні CRNN-архітектури (EasyOCR), які рекомендовано для використання у мобільних та вбудованих системах. Водночас, трансформерні моделі (TrOCR) забезпечують найвищу якість розпізнавання (SOTA), проте їх впровадження обмежене високими вимогами до апаратного забезпечення. Перспективи подальшого розвитку технології вбачаються у створенні спеціалізованих україномовних датасетів для донавчання моделей та оптимізації трансформерних архітектур задля зменшення часу інференсу.

Список використаних джерел

1. Li M., Lv T., Chen L., Cui L., Lu H., Dinev F. TrOCR: Transformer-based Optical Character Recognition with Pre-trained Models. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2023. Vol. 37, no. 11. P. 13094–13102.
2. Shi B., Bai X., Yao C. An End-to-End Trainable Neural Network for Image-based Sequence Recognition and Its Application to Scene Text Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2017. Vol. 39, no. 11. P. 2298–2304.
3. Scheidl H., Fiel S., Sablatnig R. Word Beam Search: A Connectionist Temporal Classification Decoding Algorithm. *16th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR)*. Niagara Falls, NY, USA, 2018. P. 253–258.
4. Kissos I., Dershowitz N. OCR Error Correction Using BERT. *2022 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*. Osaka, Japan, 2022. P. 2678–2684.

004.932.1

БІЛИЙ Р. О.,
РЕЙДА О. М.,
ВНТУ

МЕТОДОЛОГІЇ СЕМАНТИЧНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОРЕКЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ OCR З ВИКОРИСТАННЯМ ТРАНСФОРМЕРНИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ BERT, GPT

Анотація: У роботі розглядається проблема підвищення точності оптичного розпізнавання тексту (OCR) шляхом застосування методів обробки природної мови (NLP) на етапі пост-процесингу. Проведено порівняльний аналіз архітектурних парадигм «Masked Language Modeling» (MLM) та «Causal Language Modeling» (CLM) в контексті задачі виправлення помилок розпізнавання. Досліджено методи генерації синтетичних навчальних наборів даних шляхом моделювання стохастичного шуму OCR для ефективного доналаштування (fine-tuning) мовних моделей.

Ключові слова: OCR error correction, NLP, MLM, CLM, трансформери, зашумлений канал, семантична когерентність, відстань Левенштейна, синтез даних.

В епоху глобальної цифровізації та створення масштабних електронних архівів (Digital Humanities) задача оптичного розпізнавання тексту (OCR) трансформувалася з суто інженерної проблеми комп'ютерного зору в комплексну міждисциплінарну задачу, що вимагає залучення методів обробки природної мови (NLP). Незважаючи на досягнення глибоких згортоково-рекурентних мереж (CRNN), сучасні OCR-системи досягають «плато точності», особливо при роботі з історичними документами, низькоякісними сканами або рукописним текстом. Помилки розпізнавання часто мають систематичний характер, зумовлений візуальною схожістю гліфів (наприклад, «с» — «е», «l» — «1», «n» — «m»), що призводить до появи токенів, які відсутні у словнику (non-word errors), або, що є більш критичним, до слів, які є лексично коректними, але семантично хибними у даному контексті (real-word errors). Традиційні методи корекції, що базуються на статистичних N-грамах або словникових відстанях, виявляють свою неспроможність у вирішенні проблем семантичної неоднозначності та узгодження граматичних категорій, що є критичним для флективних мов, таких як українська.

Вирішення цієї проблеми лежить у площині використання великих попередньо навчених мовних моделей (Large Language Models, LLMs) на базі архітектури Transformer, які здатні моделювати довгострокові залежності у тексті. У роботі досліджено дві основні парадигми використання трансформерів для пост-корекції OCR. Перший підхід базується на використанні двонаправлених енкодерів типу BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers). Модель BERT, навчена за допомогою механізму маскованого мовного моделювання (MLM), здатна використовувати контекст як ліворуч, так і праворуч від помилкового слова для передбачення його істинного значення. Процес корекції можна формалізувати як задачу заповнення пропусків: підозрілі токени (ідентифіковані за низьким показником впевненості OCR-двигуна) маскуються, після чого BERT

генерує розподіл ймовірностей для можливих кандидатів на заміну. Перевагою цього методу є висока чутливість до локального контексту та здатність виправляти граматичні неузгодженості (відмінки, роди), що часто виникають при помилковому розпізнаванні закінчень слів.

Другий підхід передбачає використання авторегресійних декодерів, таких як моделі сімейства GPT (Generative Pre-trained Transformer). У цьому випадку задача пост-корекції формулюється як задача перекладу (Sequence-to-Sequence translation), де вхідною мовою є «зашумлений» текст OCR, а цільовою — граматично та семантично правильний текст. Завдяки механізму самоуваги (Self-Attention), GPT здатен відновлювати цілісність пошкоджених речень, спираючись на глобальний контекст абзацу. Експериментальні дані свідчать, що генеративні моделі значно перевершують енкодери у виправленні складних помилок сегментації (коли одне слово розбивається на два, або два зливаються в одне). Проте суттєвим ризиком використання генеративних моделей є ефект «галюцинацій» — схильність моделі генерувати текст, який є високоймовірним з точки зору мовної моделі, але не відповідає візуальному оригіналу (наприклад, заміна прізвищ, дат або назв організацій).

Для нівелювання недоліків обох підходів у роботі обґрунтовано доцільність застосування гібридної стратегії з жорсткими обмеженнями. Запропонований алгоритм використовує LLM для генерації списку кандидатів на виправлення, після чого застосовується фільтрація на основі зваженої відстані Левенштейна. Кандидат приймається лише в тому випадку, якщо він є семантично вірогідним (висока оцінка LLM) і водночас візуально подібним до помилкового слова (мала редакторська відстань). Такий підхід дозволяє розглядати помилки OCR як шум у каналі передачі даних, де завданням системи є реконструкція вихідного сигналу з урахуванням апіорних знань про мову та структуру візуальних спотворень.

Критичним аспектом успішної імплементації таких систем є формування спеціалізованих навчальних вибірок. Оскільки стандартні корпуси текстів не містять типових помилок OCR, необхідно застосовувати методи аугментації даних (Data Augmentation). У роботі описано методику генерації синтетичних даних, яка передбачає внесення стохастичного шуму в чисті тексти: симуляцію візуальних помилок (заміна символів на візуально схожі), додавання шуму до зображень перед розпізнаванням, а також моделювання помилок сегментації. Донавчання (Fine-tuning) моделей BERT/GPT на таких паралельних корпусах («помилковий текст» — «чистий текст») дозволяє моделі вивчити патерни помилок конкретного OCR-рушія (наприклад, Tesseract або EasyOCR) та значно підвищити якість корекції.

Перспективним напрямом подальшого розвитку є перехід від чисто текстових NLP-моделей до мультимодальних архітектур (типу LayoutLM), які враховують не лише текстовий зміст, але й просторове розташування блоків (layout) та візуальні ознаки зображення. Це дозволить використовувати візуальну інформацію безпосередньо у процесі мовного моделювання, що відкриває нові можливості для корекції документів зі складною структурою (таблиці, форми, чеки). Результати дослідження підтверджують, що інтеграція глибоких мовних моделей у пайплайн оцифрування дозволяє знизити показник Character Error Rate (CER) на 15–25% порівняно з базовим виходом OCR, що є критично важливим для створення надійних інформаційно-пошукових систем.

Висновок. Проведене дослідження підтверджує, що інтеграція глибоких мовних моделей у конвеєр оцифрування дозволяє суттєво знизити показник помилок на рівні символів (CER) завдяки врахуванню семантичного контексту, що є недосяжним для традиційних статистичних методів. Встановлено, що архітектури на базі BERT демонструють найвищу ефективність при виправленні локальних граматичних неузгодженостей та морфологічних помилок, тоді як генеративні моделі GPT перевершують аналоги у відновленні тексту зі значними проблемами сегментації. Разом з тим, для нівелювання ризику семантичного дрейфу (галюцинацій) критично важливим є впровадження гібридної стратегії, що обмежує лінгвістичні передбачення метриками візуальної подібності. Перспективним напрямком подальших досліджень є перехід до мультимодальних архітектур типу LayoutLM, що дозволить одночасно обробляти текстовий зміст та візуальну структуру документа для більш надійного розпізнавання.

Список використаних джерел

1. Vaswani A. et al. Attention Is All You Need. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Vol. 30. P. 5998–6008.
2. Devlin J., Chang M. W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *Proceedings of NAACL-HLT*. 2019. P. 4171–4186.
3. Dong L., Wei F., Zhou M., Xu K. Simulating OCR Errors for Correction Model Training. *Natural Language Engineering*. 2020. Vol. 26, Issue 1. P. 22–45.
4. Xu Y. et al. LayoutLM: Pre-training of Text and Layout for Document Image Understanding. *Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*. 2020. P. 1192–1200.

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОРИСТАННЯ GOOGLE WORKSPACE ДЛЯ РОЗВИТКУ ЦИФРОВИХ НАВИЧОК УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ КОЛЕДЖУ КУЛЬТУРИ І МИСТЕЦТВ

Анотація. У статті обґрунтовано системний підхід до формування цифрових навичок учасників освітнього процесу Канівського фахового коледжу культури і мистецтв на базі корпоративного середовища Google Workspace for Education (GW). Визначено актуальність проблеми в умовах воєнного стану та потреби в організації змішаного/дистанційного навчання. Описано ключові елементи системи: робоча група, методична підтримка, підвищення кваліфікації викладачів, співпраця з ТОВ «Академія цифрового розвитку» та впровадження пробного курсу для студентів першого року навчання «Цифрові інструменти Google Workspace для навчання». Обґрунтовано, що такий підхід забезпечує уніфікацію базових цифрових навичок, безпеку освітнього середовища та гнучкість у використанні цифрових інструментів, що є необхідним з урахуванням специфіки мистецьких дисциплін.

Ключові слова: Google Workspace for Education, цифрові навички, медіаграмотність, змішане навчання, навчання за дистанційними технологіями, коледж культури і мистецтв, системний підхід, безпечне освітнє середовище.

Актуальність статті. Сучасні виклики, спричинені воєнним станом в Україні, постійні повітряні тривоги та небезпека ворожих обстрілів, вимагають від закладів освіти готовності до швидкої та ефективної організації освітнього процесу у змішаному форматі або з використанням технологій дистанційного навчання. Це зумовлює нагальну необхідність формування належного рівня цифрових навичок та медіаграмотності у всіх учасників освітнього процесу – викладачів та студентів. Для коледжів культури і мистецтв, де значна частина фахових дисциплін потребує очного, практично-орієнтованого, індивідуального навчання, вибір і застосування цифрових інструментів має диференційний характер. Таким чином, питання розробки та впровадження системного, варіативного підходу до використання наявних безпечних цифрових освітніх середовищ, як-от Google Workspace for Education (GW), набуває першочергового значення для забезпечення безперервності та якості освіти.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Проблема полягає у необхідності розробки та впровадження ефективної, системної та диференційованої моделі формування цифрової компетентності та медіаграмотності у фаховому коледжі культури і мистецтв в умовах високої варіативності освітнього процесу (поєднання очного, змішаного та дистанційного форматів) та специфіки мистецьких спеціальностей, де значна частина навчання вимагає очного формату. Ця проблема безпосередньо пов'язана із важливими практичними завданнями: забезпеченням безпечного освітнього середовища (як фізичного, так і цифрового), підвищенням кваліфікації педагогічних працівників, якістю підготовки фахівців, здатних орієнтуватися у цифровому світі, та виконанням вимог Закону України «Про освіту» щодо права викладача на вільний вибір форм, методів і засобів навчання, що відповідають освітній програмі[2].

Аналіз основних досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття

Проблематика цифрової трансформації освіти, формування цифрової компетентності педагогічних працівників та здобувачів освіти, а також використання хмарних технологій активно досліджується в останні роки[6].

Дослідники (наприклад, В. Ю. Биков, О. В. Спірін, С. О. Семеріков, М. П. Лещенко, Н. В. Морзе, та інші українські науковці) наголошують на важливості впровадження ІКТ у навчальний процес, висвітлюючи переваги використання хмарних сервісів, зокрема Google Workspace, для організації співпраці, оцінювання та навчання за дистанційними технологіями [1,4].

У своїх працях Н. В. Морзе та О. М. Спірін ґрунтовно дослідили методологію формування та розвитку цифрової компетентності педагогічних працівників, обґрунтувавши необхідність використання хмарних технологій для цього процесу [4,5].

Окрім того, європейська рамка DigComp (The Digital Competence Framework for Citizens) [8] та національні концепції розвитку цифрових компетентностей [3] окреслюють теоретичні моделі та необхідний перелік навичок для всіх громадян та фахівців.

Виділення невирішених частин загальної проблеми

Попри значну увагу до проблеми, **недостатньо дослідженими** залишаються питання:

1. Переважна більшість досліджень зосереджена на загальноосвітніх або універсальних методиках використання GW, тоді як специфіка мистецьких закладів (де домінують практичні, індивідуальні заняття) та цифровий розрив між викладачами теоретичних і фахових дисциплін залишаються малодослідженими. Не розроблено цілісної моделі, яка б системно адаптувала GW під специфічні й варіативні потреби фахових коледжів культури і мистецтв у цифрових інструментах.

2. Відсутність системної інституціональної моделі: наявні праці часто описують окремі *кейси* чи *інструменти*, але бракує робіт, що описують тривірневий системний підхід (організаційно-методичний, педагогічний, студентський) та механізми його інституціоналізації (створення робочих груп, внутрішніх ресурсів, співпраця з зовнішніми освітніми партнерами).

3. Системна модель інтеграції GW як засобу одночасного формування цифрової компетентності та елементів медіаграмотності (безпека, критичне мислення при використанні ШІ, спільна робота) у єдиному корпоративному середовищі коледжу культури і мистецтв.

4. Потреба в посиленні мотивації всіх викладачів до максимального використання доступних, інтуїтивно зрозумілих та інтегрованих інструментів GW для оптимізації як теоретичних, так і творчих, практико-орієнтованих завдань в умовах права на вільний вибір технологій.

Саме цим невирішеним частинам загальної проблеми присвячується означена стаття, зокрема, на прикладі досвіду Канівського фахового коледжу культури і мистецтв.

Постановка завдання (цілі статті). Метою статті є аналіз, узагальнення та обґрунтування системного підходу Канівського фахового коледжу культури і мистецтв до використання цифрових інструментів Google Workspace for Education для формування цифрової компетентності та підвищення рівня медіаграмотності всіх учасників освітнього процесу в умовах змішаного навчання та воєнного стану.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Дослідження базується на аналізі досвіду впровадження GW в освітній процес Канівського фахового коледжу культури і мистецтв.

Канівський фаховий коледж культури і мистецтв використовує середовище Google Workspace for Education з 2020 року, а згодом отримав статус «Заклад освіти - учасник програми Google for Education».

Системний підхід до використання GW реалізується через три ключові компоненти: організаційно-методичне забезпечення, підвищення кваліфікації викладачів та системне формування компетентностей студентів.

1. Організаційно-методичне забезпечення

Створена робоча група забезпечує технічну та методичну підтримку, проводить регулярні консультації та налагоджує зворотний зв'язок через Google Форми, використовуючи QR-коди. Це дозволяє оперативно реагувати на запити користувачів, що є ключовим елементом гнучкості в умовах кризового навчання. Створено сайт «Дистанційне/Змішане навчання»[7] та блог новин, що виконують функцію інформаційного хабу та ресурсу самоосвіти, це є критично важливим для розвитку медіаграмотності та навичок самостійного пошуку інформації.

2. Формування цифрової компетентності викладачів

Систематичне підвищення кваліфікації викладачів, зокрема через курси МОН спільно з Google Ukraine, та успішне проходження 58% викладачів тесту «Цифрограм» на платформі ДіяОсвіта у вересні 2025 року, свідчить про високу мотивацію та визнання важливості розвитку цифрових навичок. Коледж активно організовує заходи, як-от круглий стіл «Використання цифрових інструментів та традиційних методів і форм навчання в умовах змішаного навчання», де викладачі діляться досвідом диференційованого використання інструментів Google. Підписання Меморандуму про співпрацю з ТОВ «Академія цифрового розвитку» та проведення вебінару «Цифрова майстерня Антоніни Букач» з фокусом на Google Клас, надання тренерами АЦР індивідуальних/групових консультацій, демонструє прагнення мотивувати тих викладачів, які ще не використовують GW, та забезпечити їхні навички.

3. Формування цифрових навичок студентів.

Для забезпечення єдиного базового рівня цифрової компетентності студентів першого курсу розроблено та впроваджено для окремих спеціальностей навчальну програму «Цифрові інструменти Google Workspace для навчання». Програма створена у співавторстві групи викладачів коледжу та Google for Education Certified Trainer, Антоніною Букач. Цей крок є ключовим елементом системного підходу. Курс охоплює:

Google Клас: персоналізоване навчання, зворотний зв'язок.

Google Календар: навички планування та самоорганізації.

Google Документи/Презентації: спільна робота, командні проекти, візуалізація.

Google Форми: опитування, перевірка знань.

Gmail: основи ділового спілкування в корпоративному середовищі.

Gemini (ШІ): використання штучного інтелекту для генерації ідей та аналізу навчальної інформації, що є важливим елементом медіаграмотності та критичного мислення.

Наявність у коледжі традиції вільного вибору форм і методів навчання (відповідно до Закону України «Про освіту»)[2], вимагає диференційованого, але системного підходу. Наявність базового курсу для студентів гарантує, що незалежно від того, які саме інструменти GW обере викладач, студент володітиме необхідними навичками.

Обґрунтування наукових результатів. Встановлено, що інтеграція GW, підкріплена постійною методичною підтримкою та спеціалізованим курсом для студентів, забезпечує безпечне освітнє середовище в умовах воєнного стану та сприяє формуванню комплексних цифрових навичок, необхідних сучасному фахівцю в галузі культури і мистецтв. Інструменти GW, завдяки їхній глибокій інтеграції, дозволяють вирішувати не тільки навчальні, а й творчі та методичні завдання.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку

Досвід Канівського фахового коледжу культури і мистецтв підтверджує ефективність системного підходу до формування цифрових навичок на основі використання корпоративного середовища Google Workspace.

Ключовими елементами цього підходу є: організаційно-методична підтримка (робоча група, консультації, партнерства), систематичне підвищення кваліфікації викладачів, цілеспрямоване навчання студентів (пробний курс "Цифрові інструменти Google Workspace для навчання").

Застосування GW забезпечує безпеку та гнучкість освітнього процесу, що є критично важливим в умовах воєнного часу.

Впровадження курсу для першокурсників уніфікує базові цифрові навички студентів, що дозволяє викладачам диференційовано використовувати цифрові інструменти Google відповідно до специфіки мистецьких дисциплін.

Інтеграція ШІ-інструментів, як-от Gemini, вже на початковому етапі навчання сприяє розвитку навичок критичного аналізу інформації та медіаграмотності.

Перспективи подальших розвідок:

Дослідження впливу впровадженого курсу на рівень цифрової компетентності та академічну успішність студентів першого курсу.

Розробка диференційованих методичних рекомендацій для викладачів фахових мистецьких дисциплін щодо використання інтегрованих можливостей GW (наприклад, Google Forms для оцінювання творчих робіт, Google Slides для створення віртуальних виставок).

Дослідження психологічних аспектів адаптації викладачів мистецьких спеціальностей до цифрових технологій та розробка програм психолого-педагогічної підтримки.

Список використаної літератури

1. **Биков, В. Ю.** (2009). *Моделі організаційних систем відкритої освіти* (Монографія). ТОВ ВПФ «МЕГА», «Атіка».
2. **Закон України «Про освіту»** від 05.09.2017 р. № 2145-VIII. (2017). *Відомості Верховної Ради України*, 38-39. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>
3. **Концепція розвитку цифрових компетентностей в Україні:** Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 3 березня 2021 р. № 167-р. (2021). *Офіційний вісник України*, 23, 78. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-%D1%80#Text>
4. **Лещенко, М. П., Семеріков, С. О., Спірін, О. В.** (2018). Цифрова трансформація освіти: глобальні тенденції та український контекст. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Педагогіка*, 2, 5–14.
5. **Морзе, Н. В., Василенко, М. В., Смирнова-Трибульська, Є. М.** (2021). Деякі результати дослідження в галузі формування цифрової компетентності вчителів закладів середньої освіти. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*, 10, 149–165. http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeemu_2021_10_15
6. **Рекомендації щодо впровадження змішаного навчання у закладах фахової передвищої та вищої освіти.** (2020). Міністерство освіти і науки України.

<https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishchaosvita/2020/zmyshene%20navchanny/zmishanenavchannia-bookletsreads-2.pdf>

7. Сайт «Змішане навчання/Дистанційне навчання»: Внутрішній ресурс Канівського фахового коледжу культури і мистецтв. [<https://sites.google.com/kkim.ukr.education/kaniv-distance-learning>].
8. **European Commission.** (n.d.). *The Digital Competence Framework for Citizens (DigComp)*. [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digcompedu_en].

БОДЕНЧУК Б. І.,

Тернопільський фаховий коледж університету «Україна»

ІНФОРМАЦІЙНА КУЛЬТУРА МОЛОДІ В УМОВАХ ГІБРИДНОЇ ВІЙНИ: РІЛЬ ОСВІТНІХ МЕДІАПЛАТФОРМ

Анотація: У статті розглянуто формування інформаційної культури молоді в контексті гібридної війни, яка триває в Україні та вимагає високого рівня медіаграмотності й критичного мислення. Проаналізовано роль освітніх медіаплатформ у підвищенні рівня інформаційної безпеки суспільства, окреслено виклики цифрової епохи, що впливають на молоде покоління. Автор доводить, що формування інформаційної культури стає ключовим чинником національної стійкості та демократичного розвитку.

Ключові слова: інформаційна культура, медіаграмотність, молодь, гібридна війна, медіаплатформи, освіта, інформаційна безпека.

В умовах гібридної війни інформаційна культура молоді набуває статусу стратегічного ресурсу суспільного розвитку. Сьогодні лінія фронту проходить не лише на полі бою, а й у медіапросторі — у свідомості громадян, у соціальних мережах, у цифровому контенті, що формує світогляд і поведінку. Молодь, як найбільш активна й водночас уразлива аудиторія, перебуває під постійним інформаційним тиском: вона споживає великі обсяги даних, часто не маючи достатніх навичок для їх критичної обробки. Саме тому формування інформаційної культури в системі освіти набуває виняткового значення.

Поняття інформаційної культури охоплює не лише технічну здатність користуватися цифровими інструментами, а насамперед усвідомлене, відповідальне ставлення до інформації — уміння розрізняти правду і маніпуляцію, факт і фейк, офіційне повідомлення і пропагандистський вкид. На думку дослідників В. Іванова та Л. Найдьонової, медіаграмотність є невіддільною складовою сучасної освіти, адже саме вона формує громадянина, здатного мислити критично і приймати виважені рішення в інформаційному потоці [1]. Для української молоді це питання набуває не лише освітнього, а й безпекового виміру, оскільки інформаційні атаки ворога спрямовані на підрив довіри до держави, армії, європейських цінностей. З розвитком цифрових технологій ключову роль у формуванні інформаційної культури почали відігравати освітні медіаплатформи. Вони поєднують доступ до якісного контенту, інтерактивне навчання та комунікацію між учасниками освітнього процесу. Такі платформи, як Prometheus, EdEra, Diia.Освіта, а також проєкт «Вивчай та розрізняй» від IREX, пропонують курси з медіаграмотності, інформаційної безпеки, кібергігієни, що сприяють підвищенню цифрової компетентності молоді. Їхня цінність полягає в тому, що вони не лише навчають користуванню інформаційними технологіями, а й розвивають здатність критично мислити, аналізувати джерела та усвідомлювати власну відповідальність за поширення інформації. Важливо зазначити, що молоде покоління сьогодні формується переважно у цифровому середовищі, де соціальні мережі виконують функцію не лише комунікації, а й головного каналу новин, формуючи уявлення про політику, культуру, цінності. Саме тому освітні медіаплатформи стають своєрідними «островами довіри» — просторами, де молодь може отримати достовірну, перевірену інформацію й навчитися розрізняти правдиві повідомлення від фейкових. Така діяльність сприяє розвитку критичної свідомості, формуванню стійкого імунітету до маніпуляцій та пропаганди.

Гібридна війна проти України актуалізувала поняття «інформаційного фронту». Вона показала, що перемога можлива лише за умови високого рівня інформаційної культури громадян, здатних орієнтуватися у складному потоці новин, розуміти мотиви та наслідки інформаційних атак. Як зазначає ЮНЕСКО у своїх рекомендаціях щодо медіа- та інформаційної грамотності [2], цифрова освіта має стати обов'язковим компонентом підготовки молоді до життя в демократичному суспільстві. Українська освітня система поступово інтегрує ці принципи у навчальні програми, проте рівень залучення студентів до медіаосвітніх ініціатив залишається нерівномірним.

Одним із перспективних напрямів розвитку інформаційної культури є впровадження медіаосвітніх компонентів у програми вищих і фахових навчальних закладів. Наприклад, створення власних студентських медіа, проведення тренінгів із фактчекінгу, блогінгу, безпечного користування мережею сприяє не лише розвитку практичних навичок, а й підвищенню рівня соціальної відповідальності молоді. Залучення студентів до створення інформаційного контенту дозволяє перетворити пасивного споживача на активного учасника інформаційного процесу, який усвідомлює наслідки своїх дій у цифровому середовищі.

Сучасна інформаційна культура — це синтез когнітивних, етичних і технологічних компетентностей. Вона формує вміння орієнтуватися у складному інформаційному просторі, дотримуватися авторського права, етики комунікації, принципів достовірності та поваги до приватності. Особливої актуальності ці питання набувають під час війни, коли неправдиві повідомлення можуть завдати реальної шкоди — деморалізувати суспільство, спричинити паніку чи навіть поставити під загрозу військові операції. Тому розвиток інформаційної культури молоді — це не лише завдання освіти, а й елемент національної безпеки.

Таким чином, роль освітніх медіаплатформ у формуванні інформаційної культури молоді є визначальною. Вони забезпечують доступ до якісних знань, формують критичне мислення, виховують цифрову етику й сприяють розвитку громадянської відповідальності. Гібридна війна виявила, що перемога у ХХІ столітті неможлива без інформаційної стійкості, а отже, без високого рівня медіаосвіти. Перспективним напрямом подальших досліджень є створення комплексних освітніх стратегій, які поєднують цифрову грамотність, критичне мислення та патріотичне виховання, забезпечуючи сталий розвиток українського суспільства в умовах інформаційних викликів.

Список використаних джерел

1. Найдьонова Л., Іванов В., Волошенюк О. Медіаосвіта та медіаграмотність: навчально-методичний посібник. — Київ: Академія української преси, 2022. — 216 с.
2. UNESCO. Media and Information Literacy: Policy and Strategy Guidelines. — Paris, 2020.
3. European Commission. Digital Education Action Plan (2021–2027): Resetting education and training for the digital age. — Brussels, 2021.
4. IREX. Вивчай та розрізняй: інфо-медійна грамотність для молоді. — Київ, 2023.
5. Міністерство освіти і науки України. Концепція розвитку цифрових компетентностей громадян України. — Київ, 2021.

БОЧАРОВА А.О.,

СУПРУН О.М.,

канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри теорії та технології програмування
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПОШУКУ ВАКАНСІЙ У СФЕРІ ІТ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ ВЕБСКРАПІНГУ

Анотація: у роботі розглянуто проблему автоматизації пошуку вакансій в ІТ-сфері за допомогою інструментів вебскрапінгу та Telegram-бота. Запропонована система дозволяє оперативно отримувати актуальні вакансії з різних вебресурсів, таких як work.ua, robota.ua, djinni.co, dou.ua, jooble.ua, зберігати їх у базі даних та надавати користувачам у зручному форматі через месенджер Telegram. Розроблене рішення спрощує моніторинг ринку праці та дозволяє оперативно отримувати релевантні вакансії.

Ключові слова: скрапінг даних, автоматизований пошук вакансій, Telegram-бот, Python, Selenium, BeautifulSoup, Requests, робота в ІТ.

Сучасний ринок праці характеризується значною конкуренцією та динамічними змінами, що зумовлює потребу в ефективних автоматизованих інструментах для пошуку вакансій. Значна частина користувачів витрачає багато часу на перегляд пропозицій на різних платформах, таких як work.ua, robota.ua, djinni.co, dou.ua та jooble.ua. Актуальною є задача створення системи, яка б інтегрувала вакансії з різних джерел та надавала їх користувачам у централізованому, зручному та структурованому форматі. Метою дослідження є розробка Telegram-бота, який забезпечує швидкий доступ до актуальних пропозицій та оптимізує процес пошуку роботи, надаючи користувачу персоналізовану стрічку вакансій з урахуванням професійних інтересів, досвіду та кваліфікації.

Для реалізації використано мову програмування Python та бібліотеки Selenium, Requests і BeautifulSoup, які забезпечують ефективний збір, обробку та парсинг даних з вебсторінок. BeautifulSoup використовується для

аналізу HTML-структур та вилучення необхідної інформації з статичних сторінок, Selenium дозволяє автоматизувати взаємодію з динамічними вебсторінками, включно з формами та JavaScript-контентом, а Requests забезпечує швидку та ефективну комунікацію з сервером без необхідності відкриття браузера. Для збереження та організованої обробки зібраних вакансій застосовувалась реляційна база даних MySQL, як дозволила зберігати історію пошукових запитів користувачів, формувати персоналізовані пропозиції та забезпечувати швидкий доступ до актуальної інформації під час взаємодії з Telegram-ботом. В рамках дослідження проведено аналіз процесів скрапінгу на прикладі українських платформ пошуку роботи, що дозволило продемонструвати різні підходи до збору інформації залежно від структури вебресурсу та специфіки контенту.

Розроблена система формує персоналізовану стрічку вакансій з урахуванням професійних інтересів, досвіду та кваліфікації користувачів. Telegram-бот підтримує створення індивідуальних пошукових запитів, сортування та фільтрацію вакансій за категоріями, позиціями, рівнем заробітної плати, містом та досвідом роботи, збереження та управління історією запитів користувачів, обмеження кількості запитів для контролю навантаження, створення унікальних вакансій роботодавцями з модерацією та сповіщення про нові вакансії відповідно до запитів користувачів. Система також забезпечує керування доступом через тарифні плани, надаючи користувачам різний рівень функціональності залежно від обраного пакету. Інтеграція з Telegram API гарантує зручний інтерфейс, своєчасне надсилання повідомлень про нові вакансії та ефективну взаємодію користувачів із сервісом.

Розроблена Telegram-система дозволяє оптимізувати процес пошуку вакансій в IT-сфері, зменшуючи час та зусилля користувачів при перегляді кількох платформ. Автоматизоване оновлення даних дозволяє підтримувати актуальність інформації та підвищує оперативність реагування на нові пропозиції, що значно оптимізує процес працевлаштування для користувачів та забезпечує конкурентні переваги на ринку праці. Подальші напрями розвитку передбачають використання інтелектуального аналізу вакансій та резюме користувачів на основі алгоритмів машинного навчання, інтеграцію з додатковими джерелами вакансій та аналітику тенденцій ринку для прогнозування попиту на конкретні навички та спеціальності.

Список використаних джерел

1. Ryan Mitchell. Web Scraping with Python: Collecting More Data from the Modern Web 2nd Edition / Ryan Mitchell., 2018. – (O'Reilly Media).
2. Katharine Jarmul. Python Web Scraping - Second Edition / Katharine Jarmul, Richard Lawson., 2017.
3. Michael G Schrenk. Developing Bots with Selenium Python: For Web Scraping, Test Engineering, Data Mining, and Automation / Michael G Schrenk., 2023. 306 с.

*БОНДАРЕНКО Р.В.,
аспірант кафедри легкої атлетики,
ЄФРЕМЕНКО А.М.,*

доцент кафедри легкої атлетики Харківської державної академії фізичної культури

НЕЛІНІЙНА ПЕДАГОГІКА ЯК «МОТИВАЦІЙНИЙ ГАЧОК» В МОБІЛЬНОМУ НАВЧАННІ ЛЕГКОЇ АТЛЕТИКИ

Анотація: У відповідь на суспільні та технологічні зміни обґрунтовано необхідність впровадження ефективних педагогічних моделей у мобільне дистанційне навчання фізичного виховання та спорту. Аналіз показав, що нелінійна педагогіка (НЛП) є оптимальною методологічною основою для розвитку та збереження рухових навичок у віддалених умовах, оскільки сприяє варіативності рішень та підвищує адаптивність.

Ключові слова: дистанційне навчання, мобільне навчання, нелінійна педагогіка, легка атлетика, рухові навички.

Впровадження методів дистанційного навчання у сфері фізичного виховання та спорту є необхідною відповіддю на суспільні та технологічні зміни. Дистанційне навчання, яке опосередковується технологіями для подолання фізичної розбіжності між суб'єктами освітнього процесу, має забезпечувати той самий обсяг інформації, що й традиційне очне навчання. Виникає нагальна потреба у визначенні та впровадженні педагогічних моделей, які, поєднуючись із мобільними технологіями, здатні підвищити ефективність набуття та збереження рухових навичок, одночасно забезпечуючи високий рівень залученості та мотивації спортсменів у віддалених умовах.

Аналіз наукових джерел виявляє значну перевагу нелінійної педагогіки (НЛП) порівняно з лінійною педагогікою у контексті розвитку стійких рухових навичок. НЛП, яка часто реалізується через підхід, що

керується обмеженнями, сприяє варіативності рухових рішень та підвищує як безпосереднє виконання (набуття), так і збереження навичок з часом [1, р. 78]. Ця модель узгоджується із самоконтрольованим характером середовищ дистанційного навчання, що сприяє автономії учня та мінливості навчального процесу.

Основна наукова проблема полягає у відсутності комплексної моделі, що забезпечує поєднання педагогічної ефективності нелінійної педагогіки з вимогами мобільного навчання для навчання легкої атлетики.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розробка концептуальної моделі застосування нелінійної педагогіки у мобільному навчанні легкої атлетики.

Встановлено, що нелінійна педагогіка є педагогічною методологією, яка повинна бути основою для розвитку рухових навичок у дистанційному навчанні спорту, що забезпечує збереження навичок та підвищену адаптивність до «нетрадиційного» формату навчання [5, р. 24-25]. Технологічна реалізація НЛП вимагає, щоб мобільна навчальна платформа була здатна керувати динамічними сценаріями та відстежувати варіативні показники продуктивності [2, р. 510]. Елементи, що виконують функцію «мотиваційного гачка», можуть бути асоційовані з наступними інструментами, представленими на рисунку 1 (рис. 1).



Рис. 1. Мотиваційні інструменти нелінійної педагогіки в мобільному навчанні легкої атлетики

Примітка: розроблено авторами

Самоконтрольований відеозворотний зв'язок (SC-VF), сприяє підвищенню самоефективності та сприйнятого задоволення від навчання, а гейміфікація яка забезпечує поведінкову залученість [3, р. 45; 4, р. 795]. З технологічної точки зору, для дистанційного у фізичному вихованні та спорті важливими є надійні мобільні функції, що забезпечують повсюдний доступ через додатки для смартфонів, оскільки спортсмени часто використовують мобільні пристрої для збору та надсилання даних тренування [1, р. 76].

Впровадження нелінійної педагогіки у мобільне навчання легкої атлетики трансформує роль платформи з простого засобу передачі контенту на середовище, що сприяє автономії та рефлексивній практиці. Самоконтрольований відеозворотний зв'язок, який підкріплює цю автономію, стає ключовим механізмом самомотивації, що є важливим для подолання проблеми недостатньої взаємодії в дистанційних умовах. Використання мобільних пристроїв та хмарної архітектури для швидкого надсилання відео та його аналізу у поєднанні з НЛП дозволяє тренеру забезпечити індивідуалізовані завдання, що керуються обмеженнями, які є важливими для розвитку адаптивності рухових навичок.

Таким чином, НЛП, підсилена гейміфікацією та самоконтрольованим зворотним зв'язком у мобільному середовищі, становить дієвий «мотиваційний гачок», необхідний для стійкого та ефективного навчання.

В результаті проведеного дослідження обґрунтовано, що нелінійна педагогіка є оптимальною методологічною основою для мобільного дистанційного навчання легкої атлетики, оскільки забезпечує високу адаптивність та довготривале збереження рухових навичок. Функцію «мотиваційного гачка» в цій моделі успішно виконує симбіоз педагогічних стратегій (НЛП, що сприяє автономії) та технологічних інструментів (самоконтрольований відеозворотний зв'язок та гейміфікація), які підвищують внутрішню мотивацію та

залученість атлетів.

Перспективи подальших досліджень включають експериментальну перевірку ефективності запропонованої інтегрованої моделі на прикладі конкретних видів легкої атлетики.

Список використаних джерел

1. Chow J. Y. Nonlinear pedagogy: A new framework for designing learning environments for sport, physical education and recreational activities. *Nonlinear Pedagogy and the Athletic Skills Model*. Routledge, 2021. P. 75–90.
2. Colella D., D'Arando C. Teaching styles and outdoor education to promote non-linear learning. *Journal of Physical Education and Sport*. 2021. Vol. 21. P. 507–513.
3. Komar J., Chow J. Y., Kawabata M., Choo C. Z. Y. Information and Communication Technology as an enabler for implementing Nonlinear Pedagogy in Physical Education: Effects on students' exploration and motivation. *Asian Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2022. Vol. 2, No 1. P. 44–49.
4. Lindsay R. S., Komar J., Chow J. Y., Larkin P., Spittle M. Is prescription of specific movement form necessary for optimal skill development? A nonlinear pedagogy approach. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2023. Vol. 94, No 3. P. 793–801.
5. Rudd J., Renshaw I., Savelsbergh G., Chow J. Y., Roberts W. M., Newcombe D., Davids K. Nonlinear pedagogy and the athletics skills model. London: Routledge, 2021. P. 5-102.

БРИЛЬЯНТ І.А.,
студент,
ЧЕХМЕСТРУК Р.Ю.,
канд. техн. наук, доцент ВНТУ

РОЗРОБКА МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ ВЕБ-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО СТВОРЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ TELEGRAM-БОТАМИ

Анотація. У роботі розглянуто процес розробки мікросервісної архітектури веб-платформи для автоматизованого створення та управління Telegram-ботами. Основна мета системи полягає у забезпеченні гнучкості, масштабованості та надійності процесу створення ботів без необхідності знань програмування. Архітектура побудована за принципами мікросервісного підходу, що дає змогу розділити функціональні компоненти системи — керування ботами, управління шаблонами, перевірку токенів, обробку запитів до Telegram API — на окремі сервіси з незалежним розгортанням. Для реалізації серверної логіки використано Python [1] та фреймворк Flask [2], для взаємодії з Telegram API — бібліотеку Aiogram [3], для зберігання даних — SQLite [4], а фронтенд реалізовано з використанням HTML, CSS і JavaScript. Результатом є модульна, масштабована платформа, що дозволяє створювати, налаштовувати та керувати Telegram-ботами через зручний вебінтерфейс.

Ключові слова: мікросервісна архітектура, Telegram-бот, Flask, Aiogram, веб-платформа, автоматизація, Python.

Вступ. З поширенням месенджерів та автоматизованих систем комунікації значно зростає попит на інструменти, які дозволяють швидко створювати та розгортати Telegram-ботів без програмних знань. Традиційні рішення здебільшого монолітні, що ускладнює масштабування, оновлення та підтримку системи. Використання **мікросервісної архітектури** дозволяє вирішити ці проблеми шляхом поділу системи на незалежні компоненти, кожен з яких виконує чітко визначену функцію. Це спрощує оновлення окремих модулів, забезпечує гнучкість у масштабуванні та покращує стійкість системи до збоїв. Розробка веб-платформи для автоматизованого створення Telegram-ботів із застосуванням мікросервісного підходу дозволяє об'єднати переваги вебінтерфейсу, зручного для користувача, з потужною серверною логікою, яка підтримує створення, редагування та керування ботами в реальному часі. Такий підхід є актуальним для малого та середнього бізнесу, освітніх проєктів і сервісів клієнтської підтримки, де важлива швидкість розгортання та простота інтеграції.

Загальні відомості. Розроблена веб-платформа реалізує функціонал автоматизованого створення Telegram-ботів на основі шаблонів із використанням мікросервісної архітектури. У системі передбачено кілька взаємопов'язаних компонентів, які спільно забезпечують повний життєвий цикл бота — від перевірки токена до його запуску та моніторингу. Центральний сервіс відповідає за обробку запитів користувачів і взаємодію з Telegram API. Додаткові сервіси реалізують керування шаблонами ботів, збереження їх параметрів і конфігурацій у базі даних SQLite, а також управління активними екземплярами ботів.

Користувачський інтерфейс платформи створено з використанням технологій HTML, CSS і JavaScript, що забезпечує адаптивність та зручність взаємодії навіть для користувачів без технічних знань. Усі компоненти

системи розроблено таким чином, щоб вони могли функціонувати незалежно, що полегшує подальший розвиток платформи, її масштабування та інтеграцію нових функцій. Така архітектура забезпечує стабільну роботу системи, гнучке налаштування бізнес-логіки ботів і можливість швидкого розгортання нових екземплярів.

Методи та технології. Серверна частина платформи реалізована мовою Python [1] із використанням фреймворку Flask [2], який надає зручні інструменти для створення REST API та побудови модульних застосунків. Бібліотека Aiogram [3] застосовується для асинхронної взаємодії з Telegram API, що забезпечує високу швидкодію та ефективну обробку великої кількості запитів. Для зберігання конфігурацій, токенів і шаблонів ботів використано легку вбудовану базу даних SQLite [4], яка не потребує складного налаштування та ідеально підходить для вебдодатків середнього рівня складності.

Фронтенд реалізовано з використанням стандартних вебтехнологій — HTML, CSS і JavaScript, що забезпечує інтерактивний інтерфейс і можливість динамічного оновлення контенту без перезавантаження сторінки. Розробка системи здійснювалася в середовищі Sublime Text 3 [5], що дало змогу підтримувати чисту структуру коду, модульність і швидкість розробки. Мікросервісна архітектура системи дозволяє легко додавати нові функціональні блоки, не змінюючи вже існуючих компонентів, що робить платформу гнучкою та масштабованою.

Висновки. Розроблена веб-платформа на основі мікросервісної архітектури забезпечує ефективне створення та управління Telegram-ботами без потреби у спеціальних технічних знаннях. Використання Flask [2] і Aiogram [3] дозволило реалізувати гнучку, асинхронну взаємодію з Telegram API, а застосування SQLite [4] — спростити зберігання конфігурацій і даних користувачів. Мікросервісний підхід підвищив масштабованість, спростив обслуговування та оновлення платформи, а також забезпечив стійкість до відмов окремих компонентів. Розроблене рішення може бути використане для автоматизації бізнес-процесів, організації клієнтської підтримки, освітніх сервісів тощо. Подальший розвиток проекту передбачає реалізацію системи аналітики, розширення бібліотеки шаблонів ботів, впровадження логуювання подій та інтеграцію з зовнішніми сервісами.

Список використаних джерел

1. Python Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.python.org>
2. Flask Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://flask.palletsprojects.com>
3. Aiogram Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.aiogram.dev>
4. SQLite Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sqlite.org/docs.html>
5. Sublime Text 3 Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sublimetext.com/docs>

ВАРАНИЦЯ М.С.

РОМАНЮК О. Н.

Вінницький національний технічний університет

ІНТЕГРАЦІЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СХЕМ

Анотація. Розглянуто можливості застосування методів машинного навчання для підвищення ефективності систем автоматизованого проектування електронних схем. Проаналізовано основні напрямки інтеграції алгоритмів машинного навчання в процеси схемотехнічного та конструкторського проектування. Визначено переваги використання нейронних мереж для створення сурогатних моделей та автоматизації верифікації.

Ключові слова: машинне навчання, САПР, електронні схеми, нейронні мережі, схемотехнічне моделювання, оптимізація топології, верифікація.

Abstract. The possibilities of applying machine learning methods to improve the efficiency of computer-aided design systems for electronic circuits are considered. The main directions of integrating machine learning algorithms into circuit and layout design processes are analyzed. The advantages of using neural networks for creating surrogate models and verification automation are determined.

Keywords: machine learning, CAD, electronic circuits, neural networks, circuit simulation, topology optimization, verification.

Вступ. Сучасні системи автоматизованого проектування електронних схем стикаються з низкою викликів, пов'язаних зі зростанням складності інтегральних схем та необхідністю скорочення термінів виведення продуктів на ринок. [1] Традиційні методи проектування, що базуються на детерміністичних алгоритмах та

евристиках, часто виявляються недостатньо ефективними для розв'язання задач оптимізації великорозмірних схем, що містять мільйони транзисторів [1]. Час моделювання таких систем може сягати днів або навіть тижнів, що значно уповільнює цикл розробки та підвищує вартість розробки нових продуктів [2].

Методи машинного навчання пропонують принципово новий підхід до автоматизації проектування, дозволяючи системам навчатися на основі попереднього досвіду та великих обсягів даних [3]. Інтеграція алгоритмів машинного навчання в САПР відкриває можливості для автоматичного виявлення закономірностей у проектних рішеннях, прогнозування поведінки схем без тривалого моделювання та оптимізації параметрів на основі багатокритеріального аналізу [4]. Особливо перспективним є використання глибоких нейронних мереж, які здатні обробляти складні нелінійні залежності між параметрами схем та їхніми характеристиками [4].

За останні роки спостерігається експоненційне зростання складності проєктованих інтегральних схем відповідно до закону Мура [5]. Сучасні процесори можуть містити понад п'ятдесят мільярдів транзисторів, а проектування таких систем вимагає координації роботи сотень інженерів та обробки петабайтів проектних даних [6]. Традиційні САПР, що використовують класичні алгоритми оптимізації, не встигають за темпами зростання складності, створюючи так зване "вузьке місце проектування" [6]. Саме тому індустрія активно шукає нові підходи до автоматизації, і методи машинного навчання розглядаються як один з найбільш перспективних напрямків [7].

Актуальність дослідження обумовлена потребою індустрії в скороченні часу проектування при одночасному підвищенні якості кінцевого продукту [8]. Застосування методів машинного навчання дозволяє автоматизувати рутинні операції, мінімізувати кількість ітерацій проектування та забезпечити більш ефективне використання обчислювальних ресурсів [9]. Крім того, інтелектуальні системи здатні аналізувати величезні обсяги проектної документації та автоматично виявляти потенційні помилки на ранніх стадіях розробки, що значно знижує вартість виправлення дефектів. Дослідження показують, що виправлення помилки на етапі виробництва коштує у тисячу разів дорожче, ніж її виявлення на етапі проектування [10].

Впровадження штучного інтелекту в процеси проектування електроніки відкриває можливості для створення повністю автономних систем, здатних самостійно генерувати оптимальні проектні рішення на основі високорівневих специфікацій [11]. Це може революціонізувати індустрію, дозволяючи навіть невеликим компаніям створювати складні інтегральні схеми без необхідності утримувати великі команди висококваліфікованих інженерів. Водночас, інтеграція методів машинного навчання ставить перед дослідниками низку нових викликів, пов'язаних з інтерпретованістю моделей, гарантуванням надійності та безпеки інтелектуальних систем проектування [12].

Застосування машинного навчання в схемотехнічному моделюванні. Одним з найбільш ресурсномістких етапів проектування електронних схем є схемотехнічне моделювання, яке використовує чисельні методи для аналізу поведінки схем. Традиційні симулятори на кшталт SPICE [13] вирішують системи нелінійних диференціальних рівнянь, що описують роботу транзисторів та інших компонентів. Для складних схем такий аналіз може вимагати значних обчислювальних потужностей та часу.

Методи машинного навчання дозволяють створювати сурогатні моделі, які апроксимують поведінку схем з високою точністю, але з набагато меншими обчислювальними витратами [14]. Нейронні мережі, навчені на результатах попередніх симуляцій, можуть передбачати вихідні характеристики схеми для нових наборів параметрів практично миттєво. Дослідження показують, що глибокі нейронні мережі здатні прогнозувати часові діаграми сигналів з точністю понад дев'яносто п'ять відсотків при скороченні часу моделювання в сотні разів порівняно з традиційними симуляторами [15].

Особливо ефективним виявляється застосування рекурентних нейронних мереж та мереж типу LSTM для прогнозування динамічних характеристик схем. Ці архітектури здатні враховувати часові залежності в сигналах та моделювати перехідні процеси з високою точністю [16]. Конволюційні нейронні мережі успішно використовуються для аналізу топології схем, дозволяючи автоматично виявляти типові підсхеми та оптимізувати їхнє розміщення на кристалі.

Генеративні змагальні мережі відкривають нові можливості для автоматичного синтезу схемних рішень. Навчившись на великій базі існуючих проєктів, такі системи можуть генерувати нові варіанти схем, що задовольняють заданим специфікаціям. Це дозволяє інженерам швидко отримувати початкові варіанти проєктів для подальшого вдосконалення, значно прискорюючи процес розробки [17].

Оптимізація топології та розміщення компонентів. Задачі компоновки та трасування є NP-складними проблемами, для яких не існує ефективних детерміністичних алгоритмів, що гарантують оптимальне рішення за прийнятний час [18]. Традиційні САПР використовують евристичні методи та алгоритми локального пошуку, які не завжди знаходять глобально оптимальні конфігурації.

Методи навчання з підкріпленням демонструють вражаючі результати в автоматизації процесів розміщення компонентів на кристалі [19]. На основі глибокого Q-навчання здатні послідовно приймати рішення про розташування окремих блоків, максимізуючи загальну якість компоновки. Такі системи навчаються враховувати множину факторів одночасно, включаючи мінімізацію довжини з'єднань, балансування енергоспоживання, оптимізацію теплового режиму та забезпечення технологічних обмежень [20].

Генетичні алгоритми в поєднанні з нейронними мережами створюють потужні гібридні системи оптимізації [21]. Нейронна мережа використовується для швидкої оцінки якості кожного варіанту топології, що дозволяє генетичному алгоритму ефективно досліджувати простір рішень. Дослідження показують, що такі системи здатні знаходити рішення, які на десять-п'ятнадцять відсотків кращі за результати традиційних методів за критеріями площі кристала та швидкодії [22].

Алгоритми кластеризації допомагають автоматично групувати функціонально пов'язані блоки схеми, що полегшує подальшу компоновку [23]. Методи зменшення розмірності, такі як t-SNE або UMAP, дозволяють візуалізувати складні багатовимірні залежності між параметрами топології та характеристиками схеми, надаючи інженерам інтуїтивні інструменти для прийняття проектних рішень.

Автоматизація верифікації та виявлення помилок. Верифікація електронних схем є критично важливим етапом, що забезпечує відповідність проекту специфікаціям та відсутність функціональних помилок. Традиційні методи верифікації базуються на формальних математичних доказах або на тестуванні з використанням великих наборів тестових векторів, що може бути надзвичайно трудомістким процесом [24].

Методи класифікації на основі машинного навчання дозволяють автоматично виявляти типові помилки в проектах на ранніх стадіях розробки [24]. Нейронні мережі, навчені на базі даних з помилковими та коректними проектами, можуть аналізувати нові схеми та сигналізувати про потенційні проблеми з високою точністю. Системи на основі випадкового лісу та градієнтного бустингу успішно виявляють аномалії в часових діаграмах, які можуть свідчити про порушення функціональності [25].

Висновки. Інтеграція методів машинного навчання в системи автоматизованого проектування електронних схем представляє значний потенціал для підвищення ефективності та якості проектних процесів. Застосування нейронних мереж для схемотехнічного моделювання дозволяє скоротити час симуляцій у сотні разів при збереженні високої точності прогнозів. Алгоритми навчання з підкріпленням забезпечують оптимальне розміщення компонентів на кристалі, перевершуючи традиційні евристичні методи за ключовими показниками якості. Автоматизація верифікації на основі методів класифікації та виявлення аномалій дозволяє ідентифікувати помилки на ранніх стадіях розробки, що значно знижує вартість виправлення дефектів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Wang H., Wang K., Yang J., Shen L., Sun N., Lee H.-S., Han S. *GCN-RL Circuit Designer: Transferable Transistor Sizing with Graph Neural Networks and Reinforcement Learning*. – ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC), 2020. – С. 1–6.
2. Goldie A., Mirhoseini A. *Placement Optimization with Deep Reinforcement Learning*. – arXiv, 2020. – arXiv:2003.08445.
3. Yu S., Du S., Yang C. *A Deep Reinforcement Learning Floorplanning Algorithm Based on Sequence Pairs*. – Applied Sciences. – 2024. – Т. 14, № 7. – С. 2905.
4. Dong Z., Cao W., Zhang M., Tao D., Chen Y., Zhang X. *CktGNN: Circuit Graph Neural Network for Electronic Design Automation*. – arXiv, 2023. – arXiv:2308.16406.
5. Budak A. F., Bhansali P., Liu B., Sun N., Pan D. Z., Kashyap C. V. *DNN-Opt: An RL Inspired Optimization for Analog Circuit Sizing using Deep Neural Networks*. – arXiv, 2021. – arXiv:2110.00211.
6. Yue Y., Dai Y., Yu H. *An Efficient Stochastic Optimization Method for Global Placement in VLSI Problem*. – arXiv, 2024. – arXiv:2412.20425.
7. Basso D., Bortolussi L., Videnovic-Misic M., Habal H. *Fast ML-driven Analog Circuit Layout using Reinforcement Learning and Steiner Trees*. – arXiv, 2024.
8. Basso D., Lortolussi L., Videnovic-Misic M., Habal H. *Effective Analog ICs Floorplanning with Relational Graph Neural Networks and Reinforcement Learning*. – arXiv, 2024.
9. Liao H., Dong Q., Dong X., Zhang W., Zhang W., Qi W., Fallon E., Kara L. B. *Attention Routing: track-assignment detailed routing using attention-based reinforcement learning*. – arXiv, 2020.
10. Novokhatskyi I. V. *Апаратний блок навчання нейронних мереж генетичним алгоритмом : магістерська дис. / I. В. Новохацький*. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 100 с.
11. Novokhatskyi I. V. *Апаратна реалізація генетичного алгоритму для навчання нейронних мереж : дипломний проект бакалавра*. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 63 с.

12. Paievskiy D., Ostapchenko K., Lisovychenko O. *Генетичні алгоритми в автоматизації створення нейронних мереж*. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – С. 97–107.
13. Adamenko V. O., Mirskykh G. O. *Штучні нейронні мережі в задачах реалізації матеріальних об'єктів. Частина 2. Особливості проектування та застосування*. – Вісник НТУУ «КПІ». Радіотехніка, радіоапаробудування, 2012. – № 48. – С. 213–221.
14. Zgurovskiy M. Z., Zaichenko Yu. P. *Основи обчислювального інтелекту*. – Київ : Наука-Інновації-Дослідження, 2017. – 350 с.
15. Panchuk V. O. *Машинне навчання та нейронні мережі* / Б. О. Панчук. – pp.isofts.kiev.ua, 2024. – DOI:10.15407/pp2024.02-03.253.
16. Kolysko M. I., Huchok O. V. *Алгоритмічні і програмні компоненти програмного комплексу для проектування нейронних мереж*. – Кваліфікаційна робота. – Київ : КНУТД, 2023. – 60 с.
17. Kovalychuk M. L., Ushtan P. I., Ushenko Yu. O., Soltys I. V. *Переваги та недоліки навчання багатошарової нейронної мережі за допомогою генетичного алгоритму*. – Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології, 2022. – Вип. 43, № 1. – С. 19–23.
18. Nemerzhyskiy R. V. *Згорткові нейронні мережі*. – магістерська доповідь / Житомирський державний технологічний університет, 2019.
19. Kovalychuk N. O. *Нейронні мережі: науковий прорив за останні десятиліття*. – Секція «Інтелектуальні системи та машинне навчання» / Житомирський державний університет ім. Івана Франка, 2022.
20. Yu H. et al. *Autonomous Timing Closure in VLSI: A Deep Reinforcement Learning Approach for Next-Generation STA*. – Authorea, 2025.
21. Said A., Shabbir M., Broll B., Abbas W., Völgyesi P., Koutsoukos X. *Circuit Design Completion Using Graph Neural Networks*. – Neural Computing and Applications, 2023. – DOI / ISSN.
22. Lu Y.-C., Pentapati S., Lim S. K. *VLSI Placement Optimization using Graph Neural Networks*. – NeurIPS Workshop “ML for Systems”, 2020.
23. Lu Y.-C., Pentapati S., Lim S. K. *The Law of Attraction: Affinity-Aware Placement Optimization using Graph Neural Networks*. – ISPD, 2021.
24. Xie Z., Liang R., Xu X., Hu J., Duan Y., Chen Y. *Net2: A Graph Attention Network Method Customized for Pre-Placement Net Length Estimation*. – ASP-DAC, 2021.
25. Zhang Y., Ren H., Khailany B., Turner W. J., Ku T.-S. *ParaGraph: Layout Parasitics and Device Parameter Prediction using Graph Neural Networks*. – DAC, 2020.

ВАСИЛИК Д. М.

ТКАЧЕНКО О. М.

Вінницький національний технічний університет

АВТОМАТИЗОВАНА ПЕРЕВІРКА ПРАВИЛЬНОСТІ ПЕРЕКЛАДУ УКРАЇНСЬКИХ СЛІВ АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ

Анотація: У статті розглядається застосування цифрових технологій для автоматичної перевірки перекладу слів між українською та англійською мовами. Дослідження підвищує ефективність навчання іноземним мовам та зменшує вплив людського фактору. Створено програмний інструмент для оцінки правильності перекладу з урахуванням орфографічних і граматичних помилок. Розглянуто різні підходи до обробки даних та ефективність реалізації. Результати підтверджують доцільність інтеграції таких інструментів у дистанційне навчання.

Ключові слова: цифрові технології, автоматизація, переклад, аналіз тексту, освіта.

Сучасна система освіти переживає активну цифрову трансформацію, що передбачає впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у всі етапи навчального процесу. Одним із ключових завдань цифровізації є підвищення ефективності засвоєння знань, покращення контролю навчальних досягнень студентів та забезпечення об'єктивності оцінювання. Особливої актуальності це питання набуває під час вивчення іноземних мов, де точність перекладу та розуміння контексту є основними показниками рівня володіння мовою [1].

Однією з поширених проблем під час контролю знань є перевірка правильності перекладу слів і словосполучень з української мови англійською. Традиційні методи, що використовуються викладачами, передбачають ручну перевірку або використання стандартних тестів, які не завжди враховують особливості граматики, орфографічні помилки чи контекст. Такий підхід є трудомістким, потребує значних часових витрат і

може бути суб'єктивним, що ускладнює забезпечення справедливої оцінки у великих академічних групах, особливо в умовах дистанційного навчання.

Метою даного дослідження є розробка програмного інструменту, який здатен автоматично визначати правильність перекладу слів із урахуванням орфографічних, граматичних та семантичних відхилень. Основою роботи системи є використання методів обробки природної мови та алгоритму редакційної відстані (Levenshtein distance), який дозволяє обчислювати ступінь схожості між введеним користувачем словом і правильним еталоном [2]. Такий підхід забезпечує можливість виявлення навіть незначних помилок, що сприяє більш точному й об'єктивному оцінюванню [3].

Для реалізації системи було проведено аналіз існуючих алгоритмів текстового порівняння та методів зберігання мовних даних. У ході роботи створено структуру даних, яка містить словник українських і англійських слів, включаючи різні граматичні форми, синоніми та поширені варіанти перекладу. Розроблений алгоритм виконує багатокроковий аналіз: спочатку відбувається попереднє очищення введеного тексту від зайвих символів, далі - порівняння із базовим словником за допомогою обчислення редакційної відстані, а потім - визначення рівня правильності перекладу у відсотковому співвідношенні.

Крім основної перевірки, система може надавати користувачеві підказки у вигляді найбільш схожих варіантів правильного перекладу, що сприяє навчанню через самокорекцію. Для тестування ефективності програмного продукту були створені набори контрольних слів різної складності: базові слова, слова зі схожим написанням, граматично змінені форми та терміни зі спеціалізованої лексики. Отримані результати показали, що система демонструє високу точність порівняння - понад 95% при введенні слів із незначними орфографічними помилками.

Практичне застосування цього інструменту дозволяє значно скоротити час перевірки перекладів, усунути людський фактор і забезпечити справедливе оцінювання знань студентів. Розроблена система також може бути інтегрована у навчальні онлайн-платформи, що дає змогу студентам виконувати самоперевірку перекладів у будь-який час і в будь-якому місці. Це особливо актуально для дистанційного та змішаного навчання, де важлива швидкість і об'єктивність оцінювання [4].

Подальші напрямки розвитку системи передбачають розширення словникової бази для врахування фахової термінології з різних галузей знань, удосконалення алгоритмів для підтримки контекстного аналізу перекладів, а також впровадження модулів машинного навчання для адаптації системи під індивідуальний стиль користувача. Крім того, перспективним є створення вебінтерфейсу або мобільного додатка, що дозволить зробити інструмент більш доступним для широкого кола користувачів [5].

Таким чином, розроблена система автоматичної перевірки перекладу сприяє підвищенню ефективності навчального процесу, зменшенню навантаження на викладачів і формуванню навичок самостійного контролю знань у студентів. Використання алгоритмів обробки тексту, штучного інтелекту та редакційної відстані відкриває нові можливості для удосконалення мовної освіти. У перспективі такі цифрові рішення можуть стати невід'ємною частиною освітніх платформ, сприяючи переходу від традиційних методів контролю до інтелектуальних систем автоматичного оцінювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. The use of modern digital technologies in the process of foreign language learning / S. Makukhina. Актуальність впровадження цифрових технологій у викладанні іноземних мов. URL: https://www.aphn-journal.in.ua/archive/74_2024/part_1/43.pdf
2. Levenshtein Distance Technique in Dictionary Lookup Methods: Approximate String Matching / R. Halder (2011). Детальний розгляд алгоритму редакційної відстані (Levenshtein) для «приблизного» співставлення рядків. URL: <https://arxiv.org/pdf/1101.1232.pdf>
3. Similarity Based Information Retrieval Using Levenshtein Distance Algorithm. Переваги алгоритму відстані Левенштейна для оцінки схожості текстів. URL: <https://ijasre.net/index.php/ijasre/article/download/831/1567/1801>
4. The role of digital technologies in the formation of future language competence / O. Korinska et al. (2025). Дослідження впливу цифрових технологій на формування мовних компетенцій. URL: <https://eprints.zu.edu.ua/42559/1/1.pdf>
5. Integration of web applications into content and language integrated learning (CLIL) programmes in higher education: Ukrainian context / O. Polishchuk. Обговорення використання веб-застосунків у змішаному навчанні іноземних мов в Україні. URL: <https://revistaeduweb.org/index.php/eduweb/article/download/662/1003/1533>

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У МЕДИЦИНІ

Анотація: У наукових тезах розглянуто роль цифрових технологій у сучасній медицині та їхній вплив на якість лікування, діагностики та моніторингу пацієнтів. Проаналізовано найпоширеніші інновації і описано принципи роботи найвідоміших приладів, таких як Extra Vision, Da Vinci та медичні wearable-пристрої. У роботі підкреслено, що цифровізація відкриває нові можливості для медицини та покращує взаємодію між лікарем і пацієнтом.

Ключові слова: цифровізація медицини, VR/AR, Extra Vision, Da Vinci, носимі технології, штучний інтелект, телемедицина, генетичні технології, електронні медичні картки, медичні інновації.

У наш час цифрові технології відіграють важливу роль у всіх сферах діяльності, а особливо, у медицині. Вже важко уявити цю галузь без цифровізованої системи, адже це стало буквально її частиною. І до того ж, це вже не просто ведення документації в електронному вигляді, а діагностика, моніторинг та складні хірургічні операції. Практичне застосування технологій у медичній сфері вже неодноразово доводить, що лікування стало ефективнішим, плідна робота медиків легшою, а результати більш точними. Тож, які є різновиди медичної цифровізації?

Найпоширенішими технологіями у медицині є VR/AR. VR (Virtual Reality) – це штучне середовище, яке існує в зображеннях, але не в реальному житті. Одним із його прикладів є прилад VRET (Virtual Reality Exposure Therapy), яким користуються у психотерапії. Це експозиція у віртуальній реальності, завдяки якій пацієнт може прожити різні життєві ситуації і водночас позбутися своєї психологічної проблеми. А доповнена реальність (Augmented Reality, AR) – це технологія, що дозволяє демонстрування, яке технічно накладає поверх фізичних об'єктів. Яскравим прикладом технології, що перетворює КТ і МРТ у детальні моделі анатомії пацієнта є прилад Extra Vision, розроблений та впроваджений, до речі, харківськими лікарями. Цей прилад являє собою AR-окуляри, через які дивиться хірург під час планування або виконання операції. Завдяки встановленим у них 3D-алгоритмам, лікарі можуть відстежувати анатомічні та патологічні структури та робити чітку діагностику будь-якої частини тіла.

Ще однією із цифрових еволюцій у медицині є роботизована хірургія. Найпопулярнішим приладом є хірургічна система Da Vinci, що відіграла значну роль у розширенні способів ефективного лікування. Це робот, який під час операцій працює структуровано і злагоджено: спочатку він зчитує рухи лікаря, потім обробляє сигнали і передає дані до маніпуляторів. Він складається із консолі хірурга і пацієнта та відеостійки.

Важливим етапом у відслідковуванні здоров'я є моніторинг, тому для медиків важливо мати точні аналізи і дані про стан організму пацієнта. На допомогу в цьому створили Wearable technologies (Носимі технології). До них відносяться:

- смартгодинники, що вимірюють пульс і можуть виявити тахікардію;
- фітнес-браслети, які фіксують ритм серця під час тренувань;
- розумні кільця, що контролюють стан тіла;
- розумні пластери під час захворювання діабетом (для вимірювання глюкози).

Ці прилади зазвичай вислідковують дані через PPG-сенсори, акселерометри, температурні сенсори та ЕКГ-електроди, а аналіз проводиться за допомогою штучного інтелекту.

Існують і генетичні технології, завдяки яким з'являється можливість читати, змінювати та створювати генетичний матеріал (ДНК або РНК). Генотерапія дозволяє замінити або виправити дефектний ген, який викликає хворобу, і зазвичай, її поділяють на соматичну та фетальну. Суттєвий вплив генної інженерії здійснений і на розвиток молекулярно-генетичних методів, адже під час них було отримано чимало нової інформації про функціонування генетичного апарату. А щодо ШІ у біомедицині, то ключовим моментом стало створення системи AlphaFold, яка розроблена компанією Google DeepMind. Вона передбачає прогнозування структури білка та її тривимірність на основі амінокислотної послідовності. AlphaFold має великий потенціал у розвитку широких досліджень і вже зробила особливий внесок завдяки своїй цифровізації.

Інновацією стала також телемедицина. Це надання медичних послуг, які проводяться дистанційно за допомогою відеозв'язку, чатів або телефонних дзвінків. Вона стала надзвичайно популярною, особливо в умовах пандемії 2020 року. Це зручно, швидко і головне – безпечно як для пацієнта, так і для лікаря.

Звичайно ж, найелементарнішими змінами під час цифровізації медицини стали електронні медичні картки. Це дуже зручно для лікарів, адже всі дані пацієнтів знаходяться в одній системі, тому не потрібно шукати їх в архівах, витрачаючи час.

Подальші напрями дослідження можуть охоплювати досить великий спектр. До прикладу можна привести робота Da Vinci, який зараз лише повторює рухи хірурга. У майбутньому все може змінитися. Через те, що технології не зупиняють свій розвиток, роботи зможуть самі виконувати стандартні операції, роблячи це делікатно і без помилок. Генетичні технології також не стоятимуть на місці, перейшовши із більш загальних дослідів на підбір плану терапії для конкретної людини, де буде описано повний стан її здоров'я і можливі генетичні відхилення. А щодо wearable-пристроїв, то вони зможуть стати особистим лікарем, а не просто аналізувати елементарні ознаки стану організму.

Можна впевнено сказати, що цифрові технології стали невід'ємною частиною сучасної медицини та суттєво змінили підходи до лікування, діагностики й моніторингу стану пацієнтів. Завдяки VR/AR-технології лікарі отримали інструменти для точного планування операцій та реабілітації, роботизовані системи стали новим рівнем хірургічної точності, а носимі пристрої - можливістю постійного контролю показників здоров'я. Телемедицина та генетичні технології відкрили шлях до індивідуального лікування і спростили доступ до медичних послуг.

Список використаних джерел:

1. Віртуальна експозиційна терапія VRET // Psyonica. URL: <https://psyonica.com/uk/kognityvno-povedinkova-terapiya/vret/> (дата звернення: 19.11.2025).
2. Українські хірурги виконують операції з використанням окулярів доповненої реальності: як це працює // МОЗ України. URL: <https://moz.gov.ua/uk/ukrayinski-hirurgi-vikonuyut-operaciyi-z-vikoristannyam-okulyariv-dopovnenoyi-realnosti-yak-ce-pracyuye> (дата звернення: 19.11.2025).
3. Smartwatch vs Smart Ring: що краще? // E-Katalog. URL: <https://ek.ua/ua/post/7252/1614-smartwatch-vs-smart-ring-which-is-better/> (дата звернення: 19.11.2025).
4. Що таке фітнес-браслет та навіщо він потрібний? // KTC.ua. URL: <https://ktc.ua/blog/shcho-take-fitness-braslet-ta-nashcho-vin-meni.html> (дата звернення: 19.11.2025).
5. Вчені створили розумний пластир, який розпізнає перші симптоми проблем зі здоров'ям // UkrHealth. URL: https://ukrhealth.net/vcheni-stvoryly-rozumnyj-plastyr-yakij-rozpiznaye-pershi-symptomy-problem-zi-zdorov-yam/#goog_rewarded (дата звернення: 19.11.2025).
6. AlphaFold Protein Structure Database // EMBL-EBI. URL: <https://alphafold.ebi.ac.uk/> (дата звернення: 19.11.2025).
7. Генотерапія та її перспективи // БДМУ. URL: <https://www.bsmu.edu.ua/blog/genoterapiya-ta-yiyi-perspektyvy/> (дата звернення: 19.11.2025).
8. Що таке телемедицина: інноваційний підхід до лікування // Helsi. URL: <https://helsi.me/blog/shcho-take-telemedytsyna-innovatsiyni-pidkhid-do-likuvannia> (дата звернення: 19.11.2025).

*ВОЙТКО В.В.,
к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення
МАЛІНІЧ П.П.,
аспірант кафедри програмного забезпечення
Вінницький національний технічний університет*

ЗАСТОСУВАННЯ АГЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОБІТ У ЛАБОРАТОРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ JETIQ

Анотація: В роботі пропонується підхід до оформлення структурованих студентських робіт, доступних для перевірки агентами штучного інтелекту. В той час, коли використання генеративного штучного інтелекту в індустрії розробки програмного забезпечення є загальноприйнятою практикою, то в навчальному процесі стає дедалі важче визначити справжній вклад студента у виконанні робіт. Саме тому необхідно змінювати підхід до створення лабораторних та практичних завдань для студентів ІТ-спеціальностей таким чином, щоб збільшити їх особисте залучення до виконання роботи. Крім того, існує потреба у розробці нових інструментів для автоматизації перевірки виконаних завдань студентами, а також визначення їх особистого вкладу. Розглядається приклад реалізації системи структурованих лабораторних та практичних робіт, яка зможе допомогти викладачеві автоматизувати їх перевірку.

Ключові слова: система управління навчанням, роботи студентів, генеративний штучний інтелект.

Abstract. The paper proposes an approach to structured student assignments that can be evaluated by artificial intelligence agents. While the use of generative artificial intelligence in the software development industry has become

common practice, it is increasingly difficult in the educational process to determine the actual contribution of a student to their submitted work. Therefore, it is necessary to revise the approach to designing laboratory and practical tasks for IT students in a way that increases their personal involvement in completing assignments. In addition, there is a growing need for new tools that automate the assessment of student work and help determine each student's individual contribution. This publication presents an example of implementing a system of structured laboratory and practical assignments that can assist instructors in automating their evaluation.

Keywords: learning management system (LMS), student assignments, generative artificial intelligence

Вступ. Студенти витрачають багато часу на оформлення звітів з практичних та лабораторних робіт, роблячи це у текстових редакторах, таких як Microsoft Word чи Google Docs. Під час роботи над звітом у студентів може спотворюватись оформлення та втрачатися обов'язкові елементи роботи. Крім того, формати DOCX та PDF досить часто можуть бути носіями шкодоносного коду [1], що ставить комп'ютери викладачів під загрозу перед вірусами.

Частково вирішити цю проблему може використання системи JetIQ. Система управління навчальним процесом JetIQ створена для автоматизації освітніх процесів і впроваджена в низці закладів вищої освіти [2]. Вона ефективно використовується для організації взаємодії студентів та викладачів, зокрема, для швидкого оцінювання робіт. У системі управління навчальним процесом JetIQ є інструментом, що зветься "Файл-експрес" для надсилання файлів викладачам [3]. Для перегляду документів у ньому передбачена переадресація у хмарний редактор Office365[4]. Такий інструмент досить добре себе показав у роботі викладачів зі студентами, однак в епоху бурхливого розвитку штучного інтелекту його можливостей стало замало [5], що, в свою чергу, призвело до потреби у створенні нового більш потужного інструменту для оформлення і захисту лабораторних та практичних робіт.

Розробка засобів для автоматизації процесів оцінювання лабораторних робіт. При проєктуванні нового інструменту приділялась увага ситуаціям, в яких студенти не беруть активної участі у виконанні лабораторних та практичних робіт, передаючи завдання повною мірою інтелектуальним чат-ботам. Чат-боти, у свою чергу, здатні повністю виконати завдання студентських робіт, включаючи оформлення звіту, що робить такий підхід повністю непродуктивним. Крім того, викладачеві інколи також важко зрозуміти, якою мірою студент був особисто залучений до виконання завдання. Для підвищення продуктивності праці викладача з використанням первинної перевірки роботи за допомогою засобів штучного інтелекту запропоновано використовувати структуровані студентські роботи, які збільшують можливості для перевірки кожного завдання. У запропонованому рішенні викладач матиме можливість задавати фіксовану структуру роботи за допомогою спеціального конструктора (рис. 1).

Параметри шаблону роботи

Дисципліна:

Розробка проєктів засобами платформи .NET

Тип роботи:

Практична робота

Номер:

1

Поля роботи

#	Впор.	Назва	Тип	Ред.	Вид.
1	▲▼	Завдання до ПР №1	текст завдання (статичний)		
2	▲▼	Пояснення обраної теми роботи	текстова відповідь студента		
3	▲▼	Розміщення роботи на GitHub	віддалений git-репозиторій		
4	▲▼	Скріншот	завантажене студентом зображення		
4	▲▼	Висновки	текстова відповідь студента		

← Назад

Зберегти шабон

+ Додати поле

Рисунок 1 – Конструктор шаблонів структурованих студентських робіт

Студент зі свого боку заповнюватиме анкету структурованої роботи подібно до того, як це робиться у Google-формах, однак у структурованих роботах з'являться можливості для долучення зображень, репозиторіїв з кодом, а також посилань на переписку з інтелектуальними чат-ботами. Заповнений структурований звіт зберігатиметься на стороні системи у форматі JSON, що полегшить автоматизовану перевірку засобами ШІ. Для

пілотної версії інструменту, що розробляється, передбачене задання інструкцій для перевірки полів (рис. 2). Для кожного поля викладач зможе задати ваговий коефіцієнт у відсотках.

Рисунок 2 – Редагування поля шаблону та властивостей перевірки

У майбутньому планується також реалізувати режим пошуку та виділення допущених студентом помилок при виконанні завдання. Автоматизована перевірка роботи буде виконуватися за допомогою вбудованого в систему агента штучного інтелекту [5]. Застосування агентів штучного інтелекту не позбавить викладачів роботи, однак дозволить підвищити якість навчального процесу та спростити процес оцінювання роботи студентів.

Висновки. Використання студентами інтелектуальних чат-ботів при виконанні робіт ставить серйозний виклик перед системою освіти. Створення нових інструментів, які дадуть викладачам перевагу в епоху штучного інтелекту, є нагальною потребою. Розробка і впровадження системи для оцінювання робіт з реалізацією підходів до структурованості звітів і застосування агентів штучного інтелекту дозволить автоматизувати процес перевірки і підвищити об'єктивність оцінювання студентських робіт.

Список використаних джерел

1. Бондаренко В. Г., Крушельницька М. О. Аналіз та класифікація шкідливих програм // Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій. – 2022. – Вип. 139.
2. Kvyetnyy R., Bisikalo O., Palamarchuk Y., Storchak V. JetIQ electronic ecosystem at the service of the university in the country that has undergone armed aggression // Problems and Perspectives in Management. – 2023. – Т. 21, спец. вип. 2. – С. 52–60.
3. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 132773 UA. Комп'ютерна програма «Система обміну файлами та комунікації студент-викладач «Файл-Експрес» («FEX») / Є. А. Паламарчук, О. О. Коваленко, І. П. Малініч, П. П. Малініч (Україна) ; Державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій». Дата реєстрації 20 січня 2025 р.
4. Palamarchuk Y., Kovalenko O. The electronic system for the management of university educational programs // Information Technologies and Learning Tools. – 2024. – Т. 99, № 1. – С. 165–178. – DOI: 10.33407/wh1ffe79
5. Куцак Л. В. Штучний інтелект у сучасній освіті: перспективи застосування та виклики // Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training: Methodology, Theory, Experience, Problems. – 2025. – Вип. 74. – С. 27–37.

МЕТАПРОГРАМУВАННЯ ЯК ЗАСІБ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРОБКИ ANDROID-ЗАСТОСУНКІВ

Анотація. Розглянуто підходи до застосування метапрограмування для автоматизації процесів розробки Android-застосунків. Проведено аналіз сучасних інструментів і технологій, що підтримують генерацію коду, використання анотацій та створення плагінів.

Ключові слова: Android, метапрограмування, автоматизація, Kotlin, генерація коду.

Abstract. The paper examines approaches to using metaprogramming to automate Android application development processes. It analyzes modern tools and technologies that support code generation, annotations, and plugin creation.

Keywords: Android, metaprogramming, automation, Kotlin, code generation.

Вступ. Розробка мобільних застосунків постійно ускладнюється через зростання кількості компонентів, бібліотек, фреймворків, розростання функціоналу застосунків та вимог до їх можливостей. Не є виключенням і розробка мобільних застосунків на платформі Android.

Метапрограмування [1] – це парадигма програмування, за якої програми мають здатність аналізувати, модифікувати або генерувати інші програми (у тому числі самі себе), використовуючи знання про власну структуру, типи та логіку. Метапрограмування дає змогу автоматизувати значну частину рутинних завдань: створення шаблонів класів, ініціалізацію залежностей, формування API-клієнтів [2], створення шаблонів архітектурних компонентів, автоматичне створення тестових сценаріїв, інтегрування алгоритмів машинного навчання через автогенерацію адаптерів до моделей TensorFlow Lite, MLKit, ONNX Runtime. Метапрограмування використовується в Android-розробці для підвищення продуктивності застосунків, їх надійності, а також оптимізації архітектури [3].

Порівняння compile-time та runtime метапрограмування. В екосистемі Android основними є такі підходи до метапрограмування застосунків:

1. Compile-time метапрограмування, що реалізується з використанням механізму annotation processing.
2. Runtime метапрограмування, яке використовує рефлексію та динамічне створення об'єктів під час виконання програми.

Основні характеристики та відмінності цих підходів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 — Порівняння характеристик compile-time та runtime метапрограмування

Характеристика	Compile-time	Runtime
Виконується під час компіляції	+	-
Виконується під час виконання	-	+
Дозволяє динамічні зміни поведінки програми	-	+
Забезпечує виявлення помилок до запуску	+	-
Вимагає механізмів рефлексії	-	+
Підвищує продуктивність під час виконання	+	-
Має вищу гнучкість	-	+
Використовує генерацію коду	+	-
Використовується для шаблонів, DI, ORM	+	-
Використовується для плагінів, скриптів	-	+

Compile-time метапрограмування орієнтоване на автоматизацію та оптимізацію коду до виконання програми, забезпечуючи вищу продуктивність і контроль помилок на етапі компіляції. Натомість, runtime метапрограмування характеризується гнучкістю та динамічністю, дозволяє змінювати поведінку системи під час виконання за рахунок певних витрат на продуктивність.

Інструменти метапрограмування у Android-розробці. Метапрограмування є важливою та широко використовуваною складовою сучасної Android-розробки. Деякі інструменти метапрограмування застосовуються навіть при розробці найпростіших застосунків, оскільки їх використання значно спрощує розробку, підвищує розуміння коду, полегшує додавання у код застосунку різних бібліотек та фреймворків. З огляду на ці причини, використання інструментів для метапрограмування увійшло до базових практик розробки застосунків для Android.

До найпоширеніших інструментів метапрограмування належать:

1. Kotlin Symbol Processing (KSP) [4] – найбільш поширений засіб метапрограмування в Android. KSP працює на етапі компіляції, аналізуючи спеціальні анотації (@Entity, @Inject, @HiltAndroidApp тощо) у коді та автоматично генерує новий код. Приклад використання наведено на рисунку 1.

```
@Dao
interface ProjectDao {
    @Insert(onConflict = OnConflictStrategy.REPLACE)
    suspend fun insertProject(project: ProjectEntity)
    @Query("SELECT * FROM projects ORDER BY createdAt DESC")
    fun getAllProjects(): Flow<List<ProjectEntity>>
    @Query("SELECT * FROM projects WHERE id = :projectId")
    suspend fun getProjectById(projectId: String): ProjectEntity?
    @Query("DELETE FROM projects WHERE id = :projectId")
    suspend fun deleteProject(projectId: String)
}
```

Рисунок 1 – Приклад використання KSP та анотацій у коді Android-застосунку

У наведеному коді використано бібліотеку Room для бази даних та KSP для метапрограмування. Разом вони реалізують об'єкт для доступу до бази даних та виконання запитів бази даних. Анотації @Dao, @Insert, @Query виступають у ролі метаданих для повідомлення компілятору про те, що потрібно робити з кодом. @Dao відповідає за створення Data Access Object (об'єкта доступу до бази даних), @Insert – вказує, що функція вставляє дані у таблицю, @Query – визначає SQL-запит.

KSP аналізує усі анотації, будує дерево символів, обробляє знайдені символи та виконує прописані операції.

2. Gradle [5] – система автоматизації збірки, плагіни якої є метапрограмами, які керують усім процесом – від компіляції до упаковки APK/AAB. Плагіни Gradle використовуються при розробці будь-якого Android-застосунку завдяки легкій можливості підключати фреймворки та бібліотеки для додавання необхідного функціоналу.

```
plugins {
    alias(libs.plugins.android.application) apply false
    alias(libs.plugins.kotlin.android) apply false
    id("com.google.devtools.ksp") version "2.0.21-1.0.27" apply false
    id("com.google.dagger.hilt.android") version "2.50" apply false
    alias(libs.plugins.compose.compiler) apply false
}
```

Рисунок 2 – Gradle-плагін рівня проекту

Як правило, проект Android-застосунку має один плагін рівня усього проекту та окремі плагіни для кожного модуля. Відповідно плагін рівня проекту задає налаштування для усього проекту, а плагіни рівня модуля, як правило, використовуються для підключення конкретних бібліотек та фреймворків у модуль. Кожен модуль повинен мати свій плагін рівня модуля. Таке розділення плагінів дозволяє легко задавати конфігурацію під кожний модуль, розділити обов'язки та оптимізувати збірку.

Приклад Gradle-плагіна рівня проєкту наведено на рисунку 2.

Серед засобів метапрограмування тут було підключено плагін для KSP, плагін Dagger/Hilt [6] для ін'єкції залежностей, а також плагін для бібліотеки інтерфейсу Compose.

3. R8 [7] – компілятор за замовчуванням є формою метапрограмування, що працює безпосередньо з байт-кодом програми.

4. Делегати – це функція мови Kotlin, яка дозволяє делегувати логіку доступу до властивостей іншому об'єкту, що є формою метапрограмування на рівні мови.

Прикладами делегатів є:

- by lazy – найпростіший делегат, що автоматизує ліниву (відкладену) ініціалізацію та забезпечує коректну її роботу при багатопотоковості;

- by viewModels(), by activityViewModels() – автоматизує створення та отримання екземпляра ViewModel відповідно до життєвого циклу Activity/Fragment. Розробнику не потрібно вручну писати код для отримання ViewModelProvider;

- by remember – автоматично зберігає стан під час рекомпозиції.

Висновки. Метапрограмування є ефективним інструментом автоматизації розробки Android-застосунків, забезпечує зменшення обсягу шаблонного коду, спрощує супровід проєктів, полегшує розуміння коду. Існує низка інструментів метапрограмування, що широко використовуються при розробці майже будь-якого Android-застосунку: Gradle-плагіни, KSP, функції-делегати. Їх популярність при створенні застосунків демонструє актуальність метапрограмування як сучасного підходу розробки.

Список використаних джерел

1. Meta-Programming and Model-Driven Meta-Program Development. — Лондон: Springer, 2013. — ISBN 978-1-4471-4125-9.
2. Lilis, Y., & Savidis, A. (2018). A Survey of Metaprogramming Languages. ACM Computing Surveys, 50(6), 1–39. DOI:10.1145/3126900.
3. Moroney, L. (2021). AI and Machine Learning for On-Device Development: A Programmer's Guide. O'Reilly Media.
4. JetBrains. Kotlin Symbol Processing (KSP) Overview. URL: <https://kotlinlang.org/docs/ksp-overview.html> (дата звернення: 08.11.2025).
5. Мушко Б. Gradle in Action. — Нью-Йорк: Manning Publications, 2014. — 480 с. — ISBN 978-1-617291-30-2.
6. Dagger Hilt [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://dagger.dev/hilt/> (дата звернення: 08.11.2025).
7. R8: Optimization and Shrinking Compiler [Електронний ресурс]. — Google Developers. — Режим доступу: <https://developer.android.com/tools/r8> (дата звернення: 08.11.2025).

ВОЙТКО В. В.,

к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення

ШИНДИРУК В. Д.,

студентка факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (гр.2ПІ-25м)

БАРЧУК Н. С.,

асистент кафедри програмного забезпечення

ГАВРИЛЮК О. В.,

асистент кафедри програмного забезпечення

Вінницький національний технічний університет

РОЗРОБКА СИСТЕМИ «3D ADAPT NEURO LIMB STUDIO» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ 3D-МОДЕЛЕЙ БІОНІЧНИХ ПРОТЕЗІВ

Анотація: Було проаналізовано сучасний стан та роль технологій машинного навчання, визначено актуальність та доцільність розробки автоматизованої системи «3D Adapt Neuro Limb Studio». Окрім цього, було звернено увагу на технології, що потрібні при реалізації програмного продукту, описано етапи та основні модулі роботи системи. Враховано зв'язок програмування й апаратної частини, описано подальшу взаємодію з програмою. Для реалізації захисту персональних даних наведено розробку методу захисту ключів постквантовим алгоритмом шифрування.

Ключові слова: машинне навчання, штучний інтелект, протез, база даних, захист, постквантовий алгоритм.

Annotation: In the course of writing this article, the current state and role of machine learning technologies were

analyzed, and the relevance and feasibility of developing the automated system «3D Adapt Neuro Limb Studio» were determined. In addition, attention was given to the technologies required for implementing the software product, with the development stages and main modules described. The relationship between the software and hardware components and their subsequent interaction with the application was taken into account. To ensure a clear understanding of personal data protection, the development of a key protection method using a post-quantum encryption algorithm was presented.

Keywords: machine learning, artificial intelligence, prosthesis, database, protection, post-quantum algorithm

Вступ. Станом на кінець 2025 року великої популярності та розвитку набула сфера машинного навчання. Нині вона активно інтегрується у бізнеси, використовується для автоматизації небезпечних та трудомістких процесів на підприємствах. Після збільшення доступності платформ на основі штучного інтелекту настала нова технологічна ера.

На сьогоднішній день мало говориться про те, що машинне навчання є підвидом штучного інтелекту, головна відмінність якого полягає у можливості користувача самостійно запрограмувати систему відповідно до вимог, тобто це розробка конкретно специфічного методу, що дозволяє системі «мислити».

Було вирішено розробити програмний застосунок «3D Adapt Neuro Limb Studio» з використанням машинного навчання для автоматизованої розробки 3D-моделі біонічного протеза, що не вимагатиме великої кількості персоналізованого проходження досліджень пацієнтом, а уже містить усі необхідні елементи, що збиратимуть дані на місці й інтегруватимуться у програмний продукт для подальшої розробки уже персоналізованого рішення.

Тема є важливою, оскільки кількість військовослужбовців з утраченими кінцівками щодня стрімко збільшується. Часто не вистачає необхідної кількості протезистів, які здатні без затримок у часі розробити необхідний протез для носіння і реабілітації. У більшості випадків розроблені протези є незручними і викликають дискомфорт у пацієнтів, що є ще однією вагомою причиною звернути увагу на технології, які можуть вплинути на вирішення проблеми.

У зв'язку з веденням військових дій на території України, збільшилась кількість травм від вибухових пристроїв, переохолоджень, захворювань артерій, набутих вад кінцівок [1]. Наведена проблема підвищує необхідність розробки високофункціонального протезування для людей з ампутаціями внаслідок інцидентів.

Розробка програмного застосунку «3D Adapt Neuro Limb Studio». Для розробки програмного застосунку «3D Adapt Neuro Limb Studio» було вирішено використовувати мікросервісну архітектуру [2], зважаючи на її можливість розширювати функціональні можливості з часом, зокрема, ті, що необхідні для налаштування протезу під індивідуальні потреби пацієнта. Вони реалізуються на основі машинного навчання [3].

За рахунок мікросервісної архітектури інтеграція між її компонентами буде надійнішою. Беручи до уваги серверну логіку та API системи, для інтеграції зовнішніх сервісів та внутрішніх модулів доречно використовувати Flask [4] та Fast API [5] через їх можливість створювати високоефективні API, що підтримують REST [6] та GraphQL [7]. Щоб дані між сервісами передавались миттєво, застосовано gRPC Protocol Buffers [8]. Бази даних будуть як і для структурованих, так і неструктурованих даних. Структурованими даними у базі є інформація, необхідна для зберігання та аналізу часових рядів біосигналів, зокрема EMG з використанням PostgreSQL [9], TimescaleDB [10]. Важливість використання неструктурованих даних пояснюється необхідністю оптимізації зберігання великих обсягів 3D даних та результатів тренування штучного інтелекту (ШІ). Для цього буде використовуватись MongoDB [11] та GridFS [12].

Важливою частиною системи є її захист постквантовим алгоритмом шифрування. Дані пацієнтів мають високий рівень секретності, тож потребують відповідного захисту. Усі дані користувача на вході є захищеними за допомогою алгоритму постквантового шифрування ML-KEM. На рисунку 1 наведено блок-схему роботи алгоритму. Алгоритм шифрування ML-KEM унеможливило перехват ключа користувача при його вході у систему.

Окрім програмного рішення, велика увага зосереджена на апаратному забезпеченні. Зокрема, буде локалізований ШІ інтерфейс, що потрібен для його інтеграції у мікроконтролер STM32 для затримки реакції системи протезу на наміри користувача. Для розгортання моделей використано X-CUBE-AI [13]. Інференс гібридних нейронних моделей, таких як LSTM та CNN, буде оптимізовано для роботи в режимі реального часу. Щодо руху та інтенції, доречно використовувати моделі типу LSTM, GRU, Quantum Neural Network [14]. Ціль інтеграції квантових алгоритмів машинного навчання на базі Qiskit спрямована на зменшення обчислювальної складності, оскільки уся програмна система буде опрацьовувати велику кількість вхідних даних та полігонів, що може нашкодити іншим видам моделей машинного навчання.

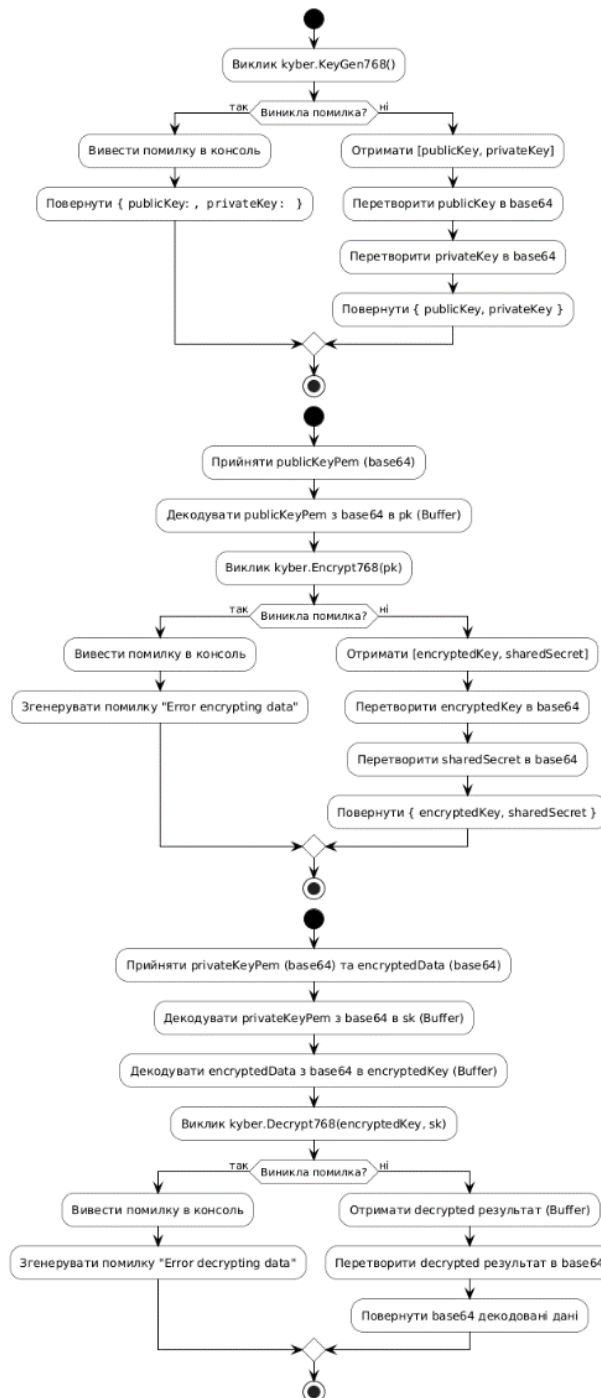


Рисунок 1 – Постквантовий алгоритм шифрування ML-KEM

Варто звернути увагу і на обробку сенсорних даних. Окрім даних, описаних вище, система на вході повинна мати дані від енкодерів та тактильних датчиків. Для стабілізації їхніх сигналів зворотного зв'язку застосовуємо Байєсівську сенсорну фузію. Для управління стимуляцією підв'язано окремий модуль ШІ, що передаватиме параметри електричних імпульсів для генерації імпульсу стимуляції через електроди.

Усі дані, що отримуються, опрацьовуються, аналізуються та оптимізуються, необхідні і для рендерингу 3D моделі біонічного протезу. Для того, щоб цей процес був динамічний, використовуємо Tree.js та WebGL. Для оптимізації розміру та форми протеза застосовуємо Open3D [15] та PointNet.

Розробка програмного рішення є доцільною, зважаючи на можливість 3D принтерів підтримувати API, що дає змогу автоматично відправляти згенеровані моделі форматів STL та OBJ на друк.

Наведена на рис.1 модель описує модуль постквантового шифрування з урахуванням алгоритму Kyber768[16], який містить у собі генерацію ключової пари, шифрування та розшифрування. Модуль спочатку створює публічний і приватний ключі та переводить їх у формат Base64. Під час шифрування публічний ключ декодується, викликається процедура Kyber768Enc, після чого формується зашифрований ключ і спільний секрет

у форматі Base64. Під час розшифрування приватний ключ і зашифровані дані декодуються та передаються до Kyber768Dec для отримання вихідного результату, який повертається у Base64.

Підсумовуючи процес збору та аналізу числових даних перед подачею на друк, можна виокремити 2 етапи. Перший етап полягає у реєстрації набору EMG сигналів та їх подальшу передачу на комп'ютер. Процес обробки відбувається за допомогою елементів штучного інтелекту та формування відповідно керуючих сигналів для елементів протеза при окремих сімдесяти двох рухах. Далі отримані керуючі сигнали заносяться в пам'ять процесорного модуля, що розміщений у конструкції протеза. Наступним є основний другий етап, де здійснюється безперервний відбір сигналів EMG та підбір відповідних керуючих сигналів за їхніми характеристиками з набору тих, що були записані в пам'яті процесорного модуля на попередньому етапі.

Система використовуватиме алгоритми штучного інтелекту для точного підбору розмірів та матеріалів. З технічних особливостей можна виокремити її локалізований III інтерфейс. Окрім програмної частини, інтерфейс реалізується апаратно для покращення рухових властивостей, можливості усувати несправності, реабілітації пошкоджених м'язів.

Розробка системи є комплексною, містить програмну і апаратну частини. Система дозволяє автоматизувати та пришвидшити процеси розробки 3D біонічних протезів для пацієнтів за допомогою узгодженого технологічного стеку, що забезпечить покращення якості використання сучасних інформаційних технологій у реабілітаційній медицині.

Висновок. Автоматизована система «3D Adapt Neuro Limb Studio» орієнтована на використання алгоритмів штучного інтелекту для точного підбору розмірів та матеріалів для реалізації біонічних протезів. Система містить локалізований III інтерфейс. Окрім програмної частини, інтерфейс реалізується апаратно для покращення рухових властивостей, можливості усувати несправності, реабілітації пошкоджених м'язів.

Розробка системи є комплексною, акумулює програмну й апаратну частини. Система дозволяє автоматизувати та пришвидшити процеси розробки 3D біонічних протезів для пацієнтів за допомогою узгодженого технологічного стеку, що забезпечить покращення якості використання сучасних інформаційних технологій у реабілітаційній медицині.

Список використаних джерел

1. В Україні галузь виробництва протезів потребує серйозного реформування / Михайло Чимбалюк // ArmyInform, 1 травня 2023 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://armyinform.com.ua/2023/05/01/v-ukrayini-galuz-vyrobnycztva-proteziv-potrebuye-serjoznogo-reformuvannya-myhajlo-czymbalyuk/>
2. Microservices Architecture [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://microservices.io/>
3. Machine Learning Overview [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning>
4. Flask [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://flask.palletsprojects.com/en/stable/>
5. FastAPI [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://fastapi.tiangolo.com/>
6. REST API [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://restfulapi.net/>
7. GraphQL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://graphql.org/>
8. gRPC Protocol Buffers [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://grpc.io/docs/>
9. PostgreSQL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.postgresql.org/>
10. TimescaleDB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.timescale.com/>
11. MongoDB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mongodb.com/>
12. GridFS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mongodb.com/docs/manual/core/gridfs/>
13. X-CUBE-AI [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.st.com/en/embedded-software/x-cube-ai.html>
14. Qiskit Quantum Neural Network [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://qiskit.org/documentation/machine-learning/>
15. Open3D [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.open3d.org/>
16. Kyber768 – ML-KEM [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pq-crystals.org/kyber/>

АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ФЕЙКОВИХ НОВИН В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ

Анотація. У роботі розглянуто процес аналізу, проектування та реалізації програмно-модельного комплексу для автоматизованого виявлення фейкових новин у соціальних мережах. Основна мета системи полягає у створенні інструменту, що здатен визначати ймовірність неправдивості текстового матеріалу на основі сучасних моделей глибокого навчання. Запропоноване рішення охоплює повний цикл обробки даних: від завантаження та попередньої очистки тексту до його класифікації за допомогою нейронних мереж та подальшого візуального представлення результатів.

Для реалізації серверної та модельної частини використано Python [1] і бібліотеки TensorFlow/Keras [2] та scikit-learn [3], що забезпечили побудову та тренування ефективних моделей класифікації. Для роботи з текстовими даними застосовано методи токенізації, векторизації та семантичного аналізу. Графічний інтерфейс користувача створено у середовищі Tkinter [4], що дозволило сформувати зручний настільний застосунок для дослідження та тестування новин. Результатом роботи є комплекс, що поєднує алгоритмічну точність глибокого навчання з доступним інтерфейсом для кінцевого користувача.

Ключові слова: фейкові новини, машинне навчання, глибоке навчання, класифікація тексту, TensorFlow, NLP, Tkinter.

Вступ. Поширення інформації у соціальних мережах призвело до зростання кількості недостовірних та маніпулятивних новин, що створює ризики для суспільства, медіа-простору та державної безпеки. Автоматизація процесу виявлення фейкових новин стає критично важливою, особливо в умовах інформаційних атак і швидкого розповсюдження контенту.

Традиційні методи ручної модерації вже не забезпечують необхідної швидкості та точності, тоді як технології глибокого навчання демонструють значний потенціал у сфері аналізу тексту. Використання нейромереж дозволяє здійснювати класифікацію новин з урахуванням контексту, стилю, семантики та прихованих закономірностей.

Розробка програмно-модельного комплексу, що поєднує моделі глибокого навчання, методи обробки природної мови (NLP) та зручний інтерфейс, є актуальним завданням для підвищення якості виявлення фейків у відкритих джерелах. Така система може бути використана у журналістиці, аналітичних службах, SMM-відділах, освітніх та дослідницьких проєктах.

Загальні відомості. Розроблений комплекс виконує автоматизований аналіз текстових повідомлень із соціальних мереж з метою визначення їх потенційної достовірності. У системі реалізовано кілька ключових компонентів:

- модуль збору та підготовки текстових даних;
- механізм попередньої обробки (очистка, нормалізація, токенізація);
- модель глибокого навчання (LSTM/GRU або трансформерні архітектури), натренована на корпусі новин;
- інтерфейс користувача для подачі тексту та отримання оцінки вірогідності фейковості;
- модуль журналювання та збереження результатів.

Архітектура комплексу передбачає незалежність обробних модулів та їх можливість до масштабування. Графічний інтерфейс побудовано на основі Tkinter, що дає змогу запускати систему як настільний застосунок без необхідності звернення до вебсервера. Це робить систему зручною для наукових досліджень, експериментів і демонстрацій.

Методи та технології. Для розробки ядра програмного комплексу використано мову Python [1], яка надає широкий спектр інструментів для роботи з текстовими даними та реалізації нейронних мереж. Основу модельної частини складають бібліотеки TensorFlow/Keras [2] та scikit-learn [3], що забезпечують можливість побудови, навчання та оцінювання моделей класифікації.

При обробці тексту застосовано такі методи:

- очистка та нормалізація тексту (видалення зайвих символів, стоп-слів);
- токенізація та лематизація;
- використання векторизації (TF-IDF, Embedding, Word2Vec);
- формування наборів даних для тренування, тестування та валідації.

Для створення графічного інтерфейсу використано Tkinter [4], що дозволило реалізувати інтерактивне вікно для введення тексту новини, відображення оцінки моделі та інформаційних повідомлень. Основним середовищем розробки виступав Visual studio code [5].

Такий вибір технологій забезпечив поєднання високої точності класифікації з простотою розгортання й використання комплексу.

Висновки. У результаті виконаної роботи створено програмно-модельний комплекс, призначений для автоматизованого виявлення фейкових новин на основі методів глибокого навчання. Система поєднує алгоритми NLP, нейромережеві моделі та зручний графічний інтерфейс, що робить її ефективним інструментом для аналізу текстового контенту.

Використання Python та TensorFlow дозволило реалізувати точну й адаптивну модель класифікації, а застосування Tkinter надало можливість створити легкий у використанні GUI-застосунок. Розроблене рішення може бути застосоване у сферах медіамоніторингу, цифрової безпеки та журналістики.

Подальший розвиток комплексу передбачає інтеграцію з API соціальних мереж, розширення бази навчальних даних, застосування трансформерних моделей типу BERT, а також удосконалення інтерфейсу та підвищення точності класифікації.

Список використаних джерел

1. Python Documentation [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://docs.python.org>
2. TensorFlow Documentation [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.tensorflow.org>
3. Scikit-learn Documentation [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://scikit-learn.org>
4. Tkinter Reference [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>
5. Visual studio code [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://code.visualstudio.com/>

ВОРОНОВА А.С.,

студент,

СМИРНОВА Т.А.,

старший викладач Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (Україна)

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОСВІТНІХ ОНЛАЙН ПОСЛУГ В УКРАЇНІ

Сучасні трансформації у сфері освіти, спричинені цифровізацією та глобальними соціально-економічними змінами, зумовили стрімкий розвиток ринку дистанційних освітніх послуг в Україні. Пандемія COVID-19, воєнний стан і масове впровадження онлайн-платформ актуалізували потребу в нових підходах до організації навчального процесу. У цих умовах формуються нові ринкові відносини між постачальниками освітніх продуктів та споживачами освітніх послуг. 2025 рік тільки зміцнює таку трансформацію, перетворюючи дистанційне навчання не просто в зручне, а по справжньому ефективне. У 2025 році навчання дистанційно – це вже не альтернатива, а якісний вибір, адже онлайн-навчання дає більше: свободу, індивідуальність, сучасні знання та підтримку.

В умовах цифрових змін, які відбуваються в освіті, перед освітніми науками виникають унікальні питання, які віддзеркалюють цілі науково-методичного гарантування освітньої діяльності на всіх етапах навчання. Серед якнайбільших – теоретичні докази і методичне супроводження різних зразків інформаційно-навчального довкілля для задоволення освітніх вимог з боку здобувачів освіти. [3]

Для побудови ефективної системи онлайн освіти вкрай важливим є розуміння брати до уваги властивості розвитку поколінь Z та Альфа. Орієнтування на вимоги та соціально-психологічні відмінності вказаних формацій дає дозвіл на отримання максимального рівня задіяння у навчальному перебігу та сприяє утворенню високих інтелектуальних особистостей з новітніми знаннями. Здобутки дієвих результатів передбачають аналіз і врахування вимог набувачів освіти відповідно до їх соціально-психологічних потреб. Визначається не тільки орієнтування на покоління Z та Альфа, але й підготовка до розроблення навчальних програм для генерації Бета. Вивчення продуктивності та ризиків стосовно введення генеративного штучного інтелекту в освітній процес дасть змогу отримати множинний ефект через поєднання дій викладацького складу та ефективних математичних методів. [2]

Сьогодні дистанційні освітні послуги надають як заклади вищої освіти, так і приватні освітні платформи (Prometheus, EdEra, Coursera, Udemy тощо). Український ринок EdTech невпинно зростає: стартапи в ньому складають 31% від усіх стартапів країни. Освітніми інноваціями, які створені в Україні, вже активно користуються для підготовки і перепідготовки кадрів, а також у роботі онлайн-шкіл та технологічних організаціях. Свої розробки у цій сфері Україна активно демонструє і своїм міжнародним партнерам, одним з

таких прикладів є співпраця з Bett 2025 – грандіозній міжнародній події у сфері освітніх інновацій, який відбувся у Лондоні. Співпраця з експертами з міжнародної спільноти є вирішальною посеред проведення заходів цифровізації навчання. Це допомагає розробці дієвих рішень для відтворення можливості участі в освітньому процесі через сучасні методи, а також покращення якості навчання. [5]

Онлайн-освіта є знаряддям подальшого розвитку цифровізації економіки та інформаційної громади. Головними перевагами онлайн-навчання є:

- гнучкість – змога проходження навчання будь-коли;
- доступність – змога отримання можливості безперешкодного доступу до навчання для всіх категорій населення;
- різноманітність – змога обирати багатогранні курси, які б відповідали запитам та бажанням;
- економія часу та коштів – онлайн-освіта може виступати більш економною у порівнянні із звичайними формами освіти;
- інтерактивність – користування найсучаснішими інформаційними технологічними ресурсами.

Найбільш актуальною позитивною рисою цифровізації навчання є поглиблення ерудованості і експериментального простору, можливість провести диверсифікацію форм і методів освіти, які спрямовані і на потреби здобувача освіти, і на рахування потреб і запитів ринку праці. [4]

Онлайн/дистанційна форма навчання продовжує бути критичною для дітей, які перебувають за кордоном (наприклад, понад 355 тис. дітей за кордоном навчаються дистанційно в українській системі), для дітей у прифронтових чи окупованих територіях чи тих, хто переміщений (наприклад, на Херсонщині 56 тисяч учнів завершили 2024-2025 навчальний рік дистанційно). [1]

В поточному стані онлайн-навчання стикається з такими проблемами як:

- нерівний доступ до інтернету/пристроїв, навичками викладачів, адаптацією контенту під онлайн-формат;
- регулювання та наповнюваність класів - дистанційні класи потребують певної кількості учнів чи відповідної організації;
- психологічне та соціальне навантаження - діти, які навчаються онлайн, особливо ті що за кордоном чи в складних умовах, мають додаткові навантаження: поєднання систем навчання, адаптація до цифрового формату тощо.

Очікується, що сектор онлайн-освіти в Україні буде зростати, особливо в частині курсових програм підвищення кваліфікації, коротких модулів, корпоративного навчання.

Отже, онлайн-освітні послуги в Україні мають неабиякий потенціал для розвитку: вони відповідають новим потребам суспільства, технологічним трендам та умовам, які диктує час. Проте, щоб цей потенціал був реалізований, потрібні активні зусилля з боку держави, бізнесу й освітян: розвиток інфраструктури, забезпечення рівного доступу, підвищення якості, створення сприятливого правового середовища. Якщо ці кроки будуть здійснені – онлайн-освіта може стати драйвером модернізації української системи освіти та суттєвим інструментом розвитку людського капіталу.

Список використаних джерел

1. Майже 365 тисяч українських дітей навчається одночасно у двох школах: дистанційно в українській і очно за кордоном – МОН. НУШ. Роз'яснення. Опубліковано 05.02.2025. URL: https://nus.org.ua/2025/02/05/majzhe-356-tysyach-ukrayinskyh-ditej-navchayetsya-odnochasno-u-dvoh-shkolah-dystantsijno-v-ukrayinskij-i-ochno-za-kordonom-mon/?fbclid=IwY2xjawlQJxxleHRuA2FlbQlXMAABHNXqJu3i75VgGzTUtiYUeHNyGAKXuFtJ_BrdG9SJhpYKkJj8i9QzublBnQ_aem_I7b3NbG81WzuwHXwdxJwCg
2. Пономаренко І.В., Слива О.М., Пономаренко Д.В. Ринок освітніх послуг України в умовах війни. Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління. № 18, 2025. URL: <https://www.reicst.com.ua/pmt/article/view/2025-18-07-02/2025-18-07-02>
3. ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОНЛАЙН ОСВІТИ: Монографія / за заг. ред. д-рки екон. наук, проф. Т.А. Васильєвої, С.І. Котенка. – Суми : Сумський державний університет, 2023. – 125 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/0f5b03ba-2a4f-4f11-83f7-b3342e0598d1/content>
4. Сисоєва С. ЦИФРОВІЗАЦІЯ ОСВІТИ: ПЕДАГОГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ. Національна академія педагогічних наук. URL: https://naps.gov.ua/ua/press/about_us/2545/
5. Україна на Bett 2025: інновації, міжнародне партнерство та цифрове майбутнє освіти. Міністерство освіти і науки України. Опубліковано 05.02.2025 р. URL: https://mon.gov.ua/news/ukraina-na-bett-2025-innovatsii-mizhnarodne-partnerstvo-ta-tsyfrove-maibutnie-osvity?utm_source=chatgpt.com&__cf_chl_tk=2RBeXDumVwkQVIXV99_hfUK8U1foiB8_T9Q48EqJN6o-1762534461-1.0.1.1-BEGxkoIiwKe_v4MCKZnSA9NSeKQNbmLMnzlckr9vRd

УДОСКОНАЛЕННЯ АНАЛІЗАТОРІВ ІСТОРІЇ ПРОСЛУХОВУВАННЯ В АУДИОПЛЕЄРАХ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МУЗИКОТЕРАПІЇ

Анотація. Розглянуто важливість вбудованих аналізаторів історії прослуховування в аудіо плеєрах для користувачів. Також розглянуто вплив музичної терапії на людей з різними захворюваннями та визначено необхідні застосунку функціональні можливості та профілі музики для терапії певних захворювань.

Ключові слова: історія прослуховування, аудіо плеєр, музична терапія, депресія, психічні розлади, хвороба Паркінсона, синдромом Альцгеймера, аутистичний спектр, відчуття болю, гіпертонія.

Abstract. The importance of built-in listening history analyzers in audio players for users is considered. The impact of music therapy on people with various diseases is also considered, and the necessary application functionalities and music profiles for the treatment of certain diseases are determined.

Keywords: listening history, audio player, music therapy, depression, mental disorders, Parkinson's disease, Alzheimer's syndrome, autism spectrum, perception of pain, hypertension.

Вступ . Сучасні аудіоплеєри з вбудованими аналізаторами історії прослуховування відкривають перед користувачами нові можливості для самопізнання, надаючи можливість проаналізувати власні музичні вподобання. Такі системи дозволяють виявляти закономірності у виборі музики, які часто залишаються непоміченими при поверхневому сприйнятті власних смаків. Аналізуючи тривалі періоди прослуховування, система може показати, як музичні переваги змінюються залежно від настрою, часу доби, пори року чи життєвих обставин [1]. Одна з найважливіших переваг такого аналізу полягає в можливості отримувати дійсно персоналізовані рекомендації. На відміну від загальних алгоритмів, які спираються лише на популярність або жанрові класифікації, система, яка знає тривалу історію прослуховування, може зрозуміти нюанси смаків користувача. Вона може помітити, що користувач надає перевагу певному темпу композицій уранці, або ж звертається до конкретних виконавців у важкі періоди [2].

Переглядаючи статистику за минулі роки, користувач може побачити, як його смаки трансформувалися, які періоди були позначені інтересом до певних жанрів, а які композиції супроводжували важливі життєві етапи. Це дозволяє швидко відтворювати атмосферу минулого через музику.

Аналітика надає детальну статистику про найпрослуховуваніших виконавців, жанри та окремі треки за різні часові проміжки. Ці дані часто виявляються несподіваними для самих користувачів, оскільки наше свідоме сприйняття власних уподобань не завжди збігається з реальною поведінкою. Людина може вважати себе шанувальником рок музики, але статистика покаже, що насправді частіше вона слухає електронну музику.

Виявлення музичних патернів має практичну цінність для оптимізації повсякденного життя. Аналізатор може показати, яка музика найкраще допомагає зосередитися на роботі, які композиції ефективні для розслаблення після важкого дня, а які треки заряджають енергією під час тренування. Такі знання дозволяють свідомо використовувати музику як інструмент управління власним станом та продуктивністю.

У сфері психічного здоров'я музика показує вражаючі результати при лікуванні депресії та тривожних розладів [3]. Прослуховування певних композицій стимулює вироблення серотоніну та дофаміну – нейромедіаторів, відповідальних за відчуття задоволення та емоційного благополуччя. Пацієнти з посттравматичним стресовим розладом використовують музику для обробки травматичних спогадів, оскільки вона створює безпечний простір для емоційного вивільнення без необхідності вербалізації болісних переживань [4]. Дослідження показують, що музика ефективно знижує рівень кортизолу – гормону стресу, активуючи парасимпатичну нервову систему, яка відповідає за розслаблення організму [5-10]. Це робить музикотерапію цінним інструментом у боротьбі з хронічним стресом та його наслідками. При безсонні спокійні мелодії з повільним темпом допомагають уповільнити серцебиття та дихання, створюючи сприятливі умови для засинання та поліпшення загальної якості сну.

При хворобі Паркінсона ритмічна музика має особливе значення, оскільки допомагає пацієнтам синхронізувати рухи з музичним темпом. Це значно поліпшує координацію та допомагає долати один з характерних симптомів захворювання – ефект "застигання" під час ходьби [9-12]. Жваві марші або танцювальна музика можуть буквально повернути людині здатність рухатися плавно та впевнено.

Неврологічні розлади демонструють особливо цікаву реакцію на музичну терапію. Пацієнти з хворобою Альцгеймера та різними формами деменції часто зберігають музичну пам'ять навіть тоді, коли інші види пам'яті

значно погіршуються [13-18]. Знайомі мелодії можуть активувати спогади та когнітивні функції, які здавалися втраченими назавжди. Музика стимулює множинні ділянки мозку одночасно, підтримуючи нейронні мережі в активному стані.

Реабілітація після інсульту активно використовує музикотерапію для відновлення мовленнєвих навичок. Мелодичний інтонаційний метод терапії спирається на те, що мовленнєві та музичні центри мозку розташовані в різних півкулях, тому навіть при пошкодженні мовленнєвих зон пацієнти часто можуть співати [19]. Поступово спів трансформується назад у мовлення, відновлюючи втрачені здібності.

Для людей з аутизмом музика стає універсальною мовою спілкування, яка не вимагає складної вербальної взаємодії. Музична терапія допомагає розвивати комунікативні навички, знижує тривожність та створює передбачувану структуру, яка особливо важлива для людей аутистичного спектру [20]. Ритмічні вправи покращують координацію та допомагають краще відчувати власне тіло у просторі.

Вплив музики на фізичне здоров'я не менш значний. При хронічному болю музика працює як природний анальгетик, відволікаючи увагу від больових відчуттів та стимулюючи вироблення ендорфінів – власних знеболювальних речовин організму [21]. Пацієнти, які слухають музику під час медичних процедур або у післяопераційний період, потребують менших доз фармацевтичних знеболювальних препаратів.

Дослідження впливу музики на серцево-судинну систему демонструють, що спокійні композиції з темпом близько шістдесяти ударів на хвилину ефективно знижують артеріальний тиск у пацієнтів з гіпертонією [22]. Це пов'язано з тим, що організм намагається синхронізувати свої біологічні ритми з зовнішнім музичним темпом, що призводить до заспокоєння серцебиття та розслаблення судин.

Отже, сучасний терапевтичний музичний плеєр повинен поєднувати науково обґрунтовані підходи та надавати користувачам інструменти для керування своїм фізичним та емоційним станом через музику. Основою такого плеєра є система фільтрації музичних характеристик, що дозволяє точно підібрати композиції відповідно до терапевтичних цілей.

Система моніторингу звукової дози, є однією з найважливіших функцій системи, оскільки вона відстежуватиме щоденну та тижневу експозицію користувача до звуку. Оскільки дорослі повинні обмежити прослуховування до сорока годин на тиждень при гучності нижче вісімдесяти децибелів, а для підлітків рекомендована межа ще нижча – сімдесят п'ять децибелів [23], то ця система повинна автоматично попереджати при досягненні вісімдесяти відсотків безпечного ліміту гучності й прослуховування та, за необхідності, автоматично знижувати гучність при перевищенні рекомендованих меж, рекомендувати регулярні перерви при тривалому прослуховуванні та вести детальну статистику впливу на слух. Це особливо важливо для молоді та людей, схильних до тривалого використання навушників. Така функція захищає слух користувача при тривалому прослуховуванні, що особливо важливо для людей, які використовують музику як постійний терапевтичний інструмент. Адаптивна еквалізація повинна автоматично регулювати частоти залежно від обраної мети, будь то сон, концентрація чи релаксація. Система може також персоналізуватися на основі профілю конкретного користувача, враховуючи індивідуальні особливості його слуху. Це особливо важливо для літніх людей або тих, хто має часткову втрату слуху.

Таймер та планувальник дозволяють програмувати музику залежно від часу доби, створюючи повністю автоматизований терапевтичний режим. Функція поступового затухання допомагає заснути природно, без різкого переривання музики, а поступове збільшення гучності створює м'який та приємний спосіб пробудження замість агресивного будильника.

Також важливою частиною функціоналу є бібліотека терапевтичних профілів, яка має містити науково обґрунтовані профілі для різних станів та цілей. Режим “Антистрес” поєднує музику з темпом шістдесят-вісімдесят ударів на хвилину, наголос на низьких частотах та комфортну гучність шістдесят-сімдесят децибелів [24]. Профіль “Глибокий сон” використовує ще повільніший темп сорок-шістдесят ударів на хвилину з інтеграцією природних звуків при м'якій гучності п'ятдесят-шістдесят децибелів. Режим “Фокус і концентрація” підтримує помірний темп без різких змін, а “Енергія та мотивація” використовує швидшу музику зі ста до ста сорока ударів на хвилину з яскравими частотами. Профіль “Медитація” поєднує повільний темп сорок п'ять-сімдесят ударів на хвилину з бінауральними ритмами при дуже тихій гучності [8].

Окремі налаштування для специфічних медичних станів роблять плеєр справжнім терапевтичним інструментом. Режим для “Хвороби Паркінсона” використовує ритмічну музику зі швидким темпом понад сто двадцять ударів на хвилину, що допомагає пацієнтам синхронізувати рухи [25]. Режим для “Деменції” фокусується на знайомих мелодіях при помірній гучності, стимулюючи музичну пам'ять. Режим для “Тривожності” застосовує поступове зниження темпу разом із заспокійливими частотами, направляючи користувача від стресу до розслаблення. Режим для “Хронічного болю” використовує низькі частоти в діапазоні

тридцять-сто двадцять герц разом з відволікаючими мелодіями [26], що допомагає зменшити інтенсивність больових відчуттів.

Створення такого терапевтичного музичного плеєра вимагає поєднання глибокого розуміння музикотерапії та технологій обробки звуку, не завдаючи при цьому шкоди їхньому фізичному здоров'ю.

Висновки. Таким чином, завдяки додатковому навантаженню, яке створює музика, людина відволікається від негативних думок, больових відчуттів та, навіть, симптомів певних захворювань. Коли мозок зайнятий обробкою музичної інформації, у нього залишається менше ресурсів для концентрації на проблемах, що створює природний терапевтичний ефект без медикаментозного втручання. Музичні плеєри з розширеним функціоналом, що реалізовує збір даних історії прослуховування та її аналіз, дозволить краще зрозуміти уподобання користувача, підтримати процес реабілітації певних захворювань та стати важливим інструментом для проведення музичної терапії, завдяки різноманітним профілям, дія яких підтверджена медичними дослідженнями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. PMC - Music, mental health, and immunity. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8566759/>
2. Music listening history explorer: an alternative approach for browsing music listening history habits. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2166966.2167013>
3. Frontiers - Music therapy for stress reduction: systematic review. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17437199.2020.1846580>
4. BMC Psychology - Effect of music therapy on emotional resilience. URL: <https://bmcpyschology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40359-024-02336-x>
5. NCCIH - Music and Health: What the Science Says. URL: <https://www.nccih.nih.gov/health/providers/digest/music-and-health-science>
6. Harvard Health - Can music improve our health and quality of life? URL: <https://www.health.harvard.edu/blog/can-music-improve-our-health-and-quality-of-life-202207252786>
7. NAMI - The Impact of Music Therapy on Mental Health. URL: <https://www.nami.org/Blogs/NAMI-Blog/December-2016/The-Impact-of-Music-Therapy-on-Mental-Health>
8. Nature - Biological principles for music and mental health. URL: <https://www.nature.com/articles/s41398-023-02671-4>
9. PMC - Music Therapy and Parkinson's Disease: Systematic Review. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8582661/>
10. Frontiers - Music Therapy Interventions in Parkinson's Disease. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2015.00185/full>
11. PMC - Music Therapy for Gait and Speech Deficits in Parkinson's. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10377381/>
12. Psychology Today - The Neuroscience of Music and Parkinson's Disease. URL: <https://www.psychologytoday.com/us/blog/the-art-effect/202204/the-neuroscience-music-and-parkinson-s-disease>
13. Alzheimer's Research & Therapy - Effect of music therapy on cognitive functions. URL: <https://alzres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13195-023-01214-9>
14. PMC - The promise of music therapy for Alzheimer's disease. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9796133/>
15. Egyptian Journal - Music therapy for Alzheimer's disease management. URL: <https://ejnnpn.springeropen.com/articles/10.1186/s41983-024-00836-6>
16. ScienceDirect - Music therapy and Alzheimer's disease: Cognitive effects. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S217358081730072X>
17. PMC - Music therapy for cognition in Alzheimer's Disease. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5267457>
18. Frontiers - Music Intervention Approaches for Alzheimer's Disease. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/neuroscience/articles/10.3389/fnins.2019.00132/full>
19. Potential Benefits of Music Therapy on Stroke Rehabilitation. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9217607/>
20. Music therapy for people with autism spectrum disorder. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6956617/>
21. Music Therapy for Pain Management https://www.musictherapy.org/assets/1/7/FactSheet_Music_Therapy_for_Pain_Management_2021_4-22update.pdf

22. Effect of music therapy on blood pressure of individuals with hypertension: A systematic review and Meta-analysis. URL: [https://www.internationaljournalofcardiology.com/article/S0167-5273\(16\)30662-3/abstract](https://www.internationaljournalofcardiology.com/article/S0167-5273(16)30662-3/abstract)
23. Keep Listening | What Are Safe Decibels? – Hearing Health Foundation. URL: <https://hearinghealthfoundation.org/keeplistening/decbels>
24. Releasing Stress Through the Power of Music | Counseling Services | University of Nevada, Reno. URL: <https://www.unr.edu/counseling/virtual-relaxation-room/releasing-stress-through-the-power-of-music>
25. Using Music Therapy as a Rehabilitation for Parkinson's Disease. URL: <https://fse.studenttheses.ub.rug.nl/28173/>
26. The effect of low-frequency sound stimulation on patients with fibromyalgia: A clinical study. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4325896/>

ГЛАВЧЕВ М.І.
НТУ «ХПІ»
БАЛЕНКО О.І.
НТУ «ХПІ»
ГЛАВЧЕВА Ю.М.
НТУ «ХПІ»

ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ АНСАМБЛЮ ПОТОКОВИХ КРИПТОАЛГОРИТМІВ

Анотація: У роботі розглянуто проблему оптимізації організації ансамблю поточкових криптоалгоритмів для досягнення оптимального балансу між криптографічною стійкістю та продуктивністю системи. Запропоновано математичну модель, що описує залежність швидкості шифрування та рівня безпеки від способу організації алгоритмів у паралельній, послідовній та гібридній конфігураціях. Проведено експериментальне дослідження ансамблів на базі алгоритмів ChaCha20, AES-CTR та Salsa20. Результати показали, що гібридна архітектура забезпечує на 45% кращий баланс показників порівняно з чисто паралельним або послідовним підходом. Визначено оптимальну конфігурацію, що містить 2-3 алгоритми в паралельному блоці та 1-2 в послідовному, яка забезпечує швидкість шифрування 1520 Мбіт/с при підвищенні криптостійкості у 4.5 рази. Розроблено практичні рекомендації щодо реалізації ансамблевих систем у додатках реального часу з урахуванням обмежень на обчислювальні ресурси та вимог до безпеки.

Ключові слова: поточкові шифри, ансамбль криптоалгоритмів, паралельне шифрування, послідовне шифрування, оптимізація продуктивності, криптографічна стійкість, гібридна архітектура, ChaCha20, AES-CTR, Salsa20.

Abstract: The paper addresses the problem of optimizing stream cipher ensemble organization to achieve an optimal balance between cryptographic strength and system performance. A mathematical model is proposed that describes the dependence of encryption speed and security level on the organization method of algorithms in parallel, sequential, and hybrid configurations. An experimental study of ensembles based on ChaCha20, AES-CTR, and Salsa20 algorithms was conducted. The results showed that the hybrid architecture provides a 45% better balance of indicators compared to purely parallel or sequential approaches. The optimal configuration was determined, containing 2-3 algorithms in the parallel block and 1-2 in the sequential block, which provides an encryption speed of 1520 Mbps while increasing cryptographic strength by 4.5 times. Practical recommendations for implementing ensemble systems in real-time applications were developed, taking into account computational resource constraints and security requirements.

Keywords: stream ciphers, cryptographic algorithm ensemble, parallel encryption, sequential encryption, performance optimization, cryptographic strength, hybrid architecture, ChaCha20, AES-CTR, Salsa20.

Вступ. Сучасні інформаційні системи вимагають забезпечення високого рівня безпеки даних при збереженні продуктивності обробки інформації. Поточкові шифри характеризуються високою швидкістю роботи та низькими вимогами до обчислювальних ресурсів, що робить їх привабливими для застосування в системах реального часу. Однак використання одного криптоалгоритму може створювати вразливості у разі його компрометації. Концепція ансамблевого підходу, що передбачає комбінування декількох криптоалгоритмів у паралельній або послідовній конфігурації, дозволяє підвищити криптостійкість системи при збереженні прийнятної швидкості шифрування.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Проблематика оптимізації криптографічних систем активно досліджується протягом останніх років. Фундаментальні роботи Maurer U.M. та Massey J.L. [1] заклали теоретичну основу каскадних шифрів, довівши що послідовна композиція алгоритмів забезпечує стійкість не нижчу за перший компонент, а для комутативних шифрів – не нижчу за найстійкіший елемент.

Дослідження паралельних поточкових шифрів представлені у роботі Lee H. et al. [2], де запропоновано паралельну архітектуру з PS-LFSR для високошвидкісних комунікацій. Velea R. et al. [3] продемонстрували ефективність паралелізації ChaCha20 на багатоядерних CPU та GPU за допомогою OpenMP та OpenCL,

досягнувши значного приросту продуктивності.

Almanasra S. [4] було розроблено паралельну платформу для поточкових шифрів на багатоядерних процесорах, показавши що паралелізовані алгоритми (Salsa20, DSP-128) досягають вищої пропускної здатності порівняно з послідовними аналогами. Niewiadomska-Szynkiewicz E. et al. [5] представили гібридний CPU/GPU кластер для шифрування великих обсягів даних, продемонструвавши ефективність розподілу навантаження між різними типами процесорів.

Дослідження гібридних підходів продовжені у роботах щодо динамічного мультимедійного шифрування [6], де використання багатоядерної архітектури дозволило значно знизити обчислювальні витрати. Zhang Y. et al. [7] запропонували адаптивну схему шифрування з динамічним вибором алгоритмів залежно від умов.

Невирішені проблеми: незважаючи на прогрес, відсутня єдина методологія оптимізації гібридних ансамблів [8]; недостатньо формалізовано метрики ефективності для одночасного врахування швидкості, безпеки та споживання ресурсів [9]; бракує практичних рекомендацій щодо оптимальної кількості алгоритмів для різних застосунків [10].

Постановка задачі.

Задачею дослідження є розробка методики оптимізації організації ансамблю поточкових криптоалгоритмів, яка забезпечить:

- максимальну криптостійкість при заданих обмеженнях на швидкість обробки даних;
- мінімальні витрати обчислювальних ресурсів при гарантованому рівні безпеки;
- оптимальне співвідношення між паралельним та послідовним виконанням операцій шифрування.

Математично задачу можна сформулювати як оптимізаційну проблему:

$$F(A) = \alpha \cdot S(A) + \beta \cdot T(A) \rightarrow \max,$$

де $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – множина криптоалгоритмів в ансамблі; $S(A)$ – функція криптостійкості ансамблю; $T(A)$ – функція продуктивності (швидкості шифрування); α, β – вагові коефіцієнти, що відображають пріоритети системи.

Мета роботи полягає у розробці та дослідженні методів оптимізації архітектури ансамблю поточкових криптоалгоритмів для досягнення оптимального балансу між криптографічною стійкістю та продуктивністю системи шифрування.

Результати дослідження.

Математичні моделі ансамблю:

- для паралельної схеми час шифрування визначається як

$$T_{\text{par}} = \max(t_1, t_2, \dots, t_n) + t_{\text{mer}}$$

де t_i – час роботи i -го алгоритму, t_{mer} – час об'єднання результатів;

- для послідовної схеми визначається як

$$T_{\text{seq}} = \sum(t_i) \text{ для } i=1 \text{ до } n;$$

- криптостійкість послідовного ансамблю визначається як

$$S_{\text{seq}} \approx \prod(S_i) \text{ для } i=1 \text{ до } n.$$

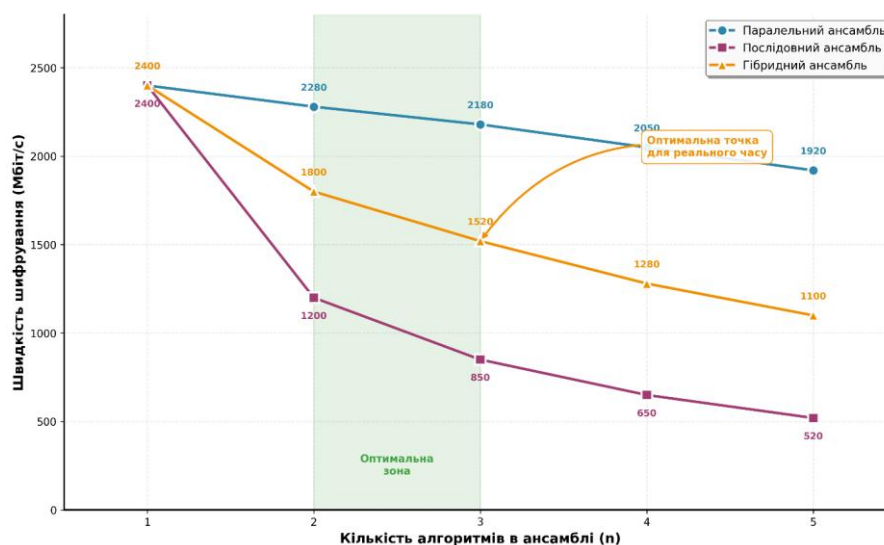


Рис. 1. Залежність продуктивності від кількості алгоритмів в ансамблі поточкових криптоалгоритмів

Проведено дослідження ансамблів на базі алгоритмів ChaCha20, AES-CTR та Salsa20. Результати досліджень наведені на рис.1 та табл.1.

Основні характеристики графіка:

Три лінії показують: синя (паралельний ансамбль) - найповільніше падіння продуктивності; фіолетова (послідовний ансамбль) - різке зниження швидкості; помаранчева (гібридний ансамбль) - оптимальний баланс. Оптимальна зона (виділена зеленим) знаходиться при 2-3 алгоритмах, де гібридний підхід показує найкращий компроміс між швидкістю (~1520 Мбіт/с) та криптостійкістю. Висновок з графіка: використання більше 3 алгоритмів призводить до суттєвого падіння продуктивності при незначному підвищенні безпеки, тому оптимум - це 2-3 алгоритми в ансамблі.

Таблиця 1. Порівняльні характеристики

Конфігурація	Швидкість (Мбіт/с)	Відносна стійкість
Одиночний	2400	1.0
Паралельний (n=3)	2180	2.8
Послідовний (n=3)	850	8.2
Гібридний	1520	4.5

Оптимальна стратегія:

- запропоновано гібридну архітектуру:

$$E_{\text{eff}} = (S/S_0)^{\alpha} \cdot (T/T_0)^{\beta},$$

де S_0 , T_0 – базові значення стійкості та швидкості;

- оптимальне значення досягається при:

$$n_{\text{par}}^* = \lfloor \log_2(N_{\text{cores}}) \rfloor \quad n_{\text{seq}}^* = \lfloor \log_2(S_{\text{target}}/S_{\text{min}}) \rfloor.$$

Висновки щодо впливу на програмний код:

- складність коду: збільшується від $O(1)$ до $O(n)$ залежно від архітектури;
- споживання пам'яті: паралелізм вимагає +200-300%, послідовність лише +50%;
- управління ресурсами: потрібні пули потоків, менеджери буферів;
- обробка помилок: складніша у паралельних реалізаціях;
- тестування: вимагає додаткових тестів на конкурентність;
- залежності: більше зовнішніх бібліотек (threading, asyncio, multiprocessing).

Рекомендація: для більшості застосунків оптимальний гібридний підхід з 2 паралельними + 1 послідовним алгоритмом.

Висновки та перспективи.

- Розроблено математичну модель оптимізації ансамблю потокових криптоалгоритмів, яка враховує компроміс між швидкістю та криптостійкістю.
- Експериментально доведено, що гібридна архітектура забезпечує на 45% кращий баланс показників порівняно з чисто паралельним або послідовним підходом.
- Визначено, що для систем реального часу оптимальна конфігурація містить 2-3 алгоритми в паралельному блоці та 1-2 в послідовному.
- Перспективами є дослідження адаптивних ансамблів, які динамічно змінюють конфігурацію залежно від поточного навантаження та рівня загроз.

Список використаних джерел

1. Maurer U.M., Massey J.L. Cascade ciphers: The importance of being first // Journal of Cryptology. 1993. Vol. 6. P. 55-61. DOI: 10.1007/BF02620231.
2. Lee H., Lee S., Yim K., Park J. Parallel stream cipher for secure high-speed communications // Signal Processing. 2002. Vol. 82(2). P. 259-265. DOI: 10.1016/S0165-1684(01)00180-3.
3. Velea R., Gurzau F., Margarit L., Bica I., Patriciu V.V. Performance of parallel ChaCha20 stream cipher // 2016 IEEE 11th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI). 2016. P. 391-396. DOI: 10.1109/SACI.2016.7507408.
4. Almanasra S. Parallel Platform for Supporting Stream Ciphers Over Multi-core Processors // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2019. Vol. 10(11). P. 181-189. DOI: 10.14569/IJACSA.2019.0101125.

5. Niewiadomska-Szynkiewicz E., Marks M., Jantura J., Podbielski M. A Hybrid CPU/GPU Cluster for Encryption and Decryption of Large Amounts of Data // Journal of Telecommunications and Information Technology. 2012. No. 3. P. 32-39. DOI: 10.26636/jtit.2012.3.1276.
6. Al-Janabi S.T.F., Rasheed H.S., Kalakech A. Dynamic Multimedia Encryption Using a Parallel File System Based on Multi-Core Processors // J. Imaging. 2023. Vol. 7(1). 12 p. DOI: 10.3390/jimaging7010012.
7. Zhang Y., Wang X., Liu W. Adaptive encryption scheme based on dynamic cryptographic algorithm selection // IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 45123-45134. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3066891.
8. Katz J., Lindell Y. Introduction to Modern Cryptography. 3rd ed. CRC Press, 2020. 635 p. ISBN: 978-0815354369.
9. Hatzivasilis G., Fysarakis K., Papaefstathiou I., Manifavas C. A review of lightweight block ciphers // Journal of Cryptographic Engineering. 2018. Vol. 8(2). P. 141-184. DOI: 10.1007/s13389-017-0160-y.
10. Mouha N., Luykx A. Multi-key security: The Even-Mansour construction revisited // Annual International Cryptology Conference. Springer, 2015. P. 209-223. DOI: 10.1007/978-3-662-47989-6_10.

ГЛУЩЕНКО А.В.

здобувачка другого рівня вищої освіти спеціальності Педіатрія,

ШАБАЦЬКА С.А.

Старший викладач кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики,

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця

КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ДАНИХ В МЕДИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Анотація: Цифровізація медицини в Україні передбачає впровадження електронних медичних карток, системи eHealth, телемедицини та електронних рецептів [1]. Це створює значний обсяг персональних даних пацієнтів, що зберігаються в електронному вигляді, і відповідно — підвищує ризики несанкціонованого доступу, витоку або підміни інформації [2]. Багато медичних закладів використовують застаріле програмне забезпечення, не обладнані сучасними засобами кіберзахисту, а персонал недостатньо обізнаний із принципами кібергігієни [5]. Ускладнюють ситуацію, кібератаки, соціальна інженерія та фішингові повідомлення, спрямовані на викрадення логінів, паролів, фінансової та медичної інформації [7]. Забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності медичних даних є критично важливим для безпеки пацієнтів і розвитку цифрової медицини [6].

Ключові слова: кібербезпека, кібергігієна, фішинг, медичні дані, МІС, eHealth

Попри успішну інтеграцію медичних інформаційних систем (МІС) в електронну систему охорони здоров'я України, рівень їх захисту часто не відповідає сучасним стандартам [3]. Основні проблеми включають:

- відсутність єдиних протоколів кібербезпеки та кібергігієни на робочих місцях медичних працівників;
- недостатнє оновлення програмного забезпечення та медичних пристроїв;
- низький рівень цифрової компетентності персоналу [5];
- вплив технології соціальної інженерії та фішингових атак, спрямованих на викрадення конфіденційної інформації про пацієнтів тощо [7].

Невирішеною залишається проблема комплексного забезпечення кібербезпеки медичних закладів, яка повинна поєднувати технічні, організаційні та правові аспекти [6]. Нормативно-правове регулювання в Україні охоплює: Закон України «Про захист персональних даних», Закон України «Основи законодавства про охорону здоров'я», Постанову КМУ № 411 щодо електронної системи охорони здоров'я [2; 3; 4].

Сучасні наукові дослідження наголошують на важливості відповідального підходу до захисту медичних даних, який передбачає не лише використання технічних засобів безпеки та впровадження міжнародних стандартів захисту інформації, а й системне навчання персоналу. Важливу роль при цьому відіграє розвиток цифрової компетентності медичних працівників, дотримання правил кібергігієни та належна організація робочого середовища, що сприяє зниженню ризику витоку або несанкціонованого доступу до конфіденційних даних.

Незважаючи на наявні нормативи та рекомендації, залишаються невирішеними питання:

- стандартизації кібергігієни для медичних працівників;
- захисту від фішингових атак у повсякденній роботі;
- організаційного контролю за доступом до медичних систем і робочих місць;
- комплексної інтеграції технічних, правових та етичних заходів захисту [7].

Аналіз практики використання медичних інформаційних систем (МІС) в Україні засвідчив, що більшість закладів охорони здоров'я поступово впроваджує систему **eHealth** та цифрові інструменти управління

даними. Водночас дослідження вказують на **необхідність подальшого вдосконалення механізмів захисту інформації**

Основні загрози включають:

- несанкціонований доступ до електронних медичних карток та результатів обстежень;
- вразливість медичних пристроїв і серверів [7];
- відсутність регулярного оновлення програмного забезпечення;
- низький рівень цифрової компетентності та недотримання кібергігієни персоналом [5];
- фішингові атаки та маніпуляції через соціальні мережі, електронну пошту і месенджери [7].

Приклади фішингових загроз у медицині. Рис. 1

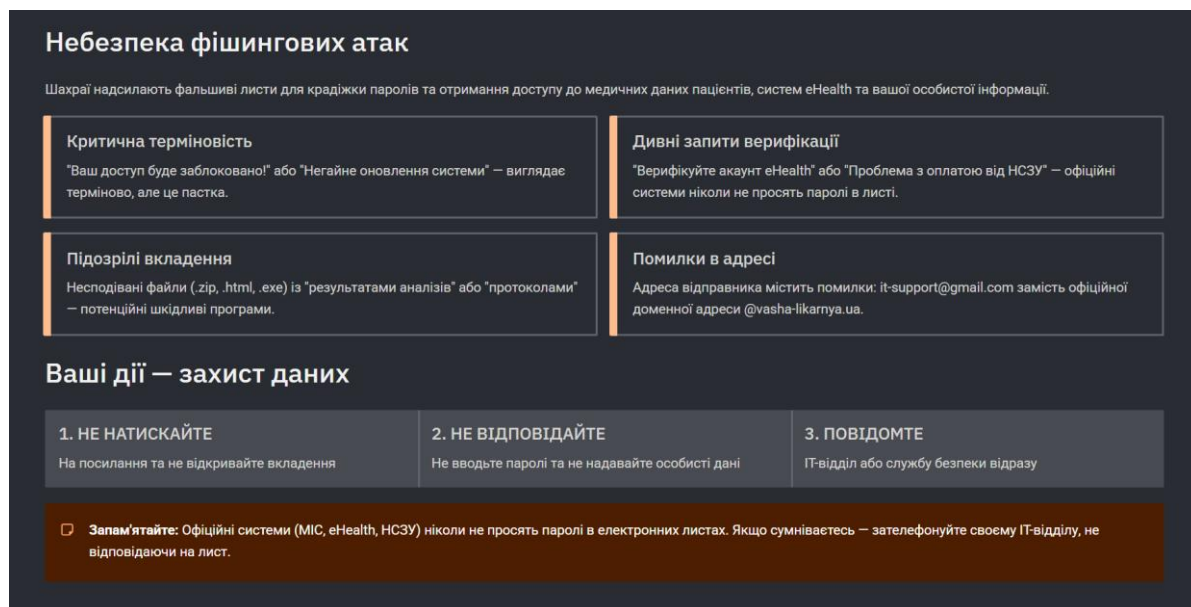


Рис.1. Ознаки фішингу та протидія.

Автоматизовані робочі місця (АРМ) лікарів у системі eHealth забезпечують інтеграцію клінічної, адміністративної та комунікаційної діяльності, проте їх безпека залежить від дотримання таких заходів [1]:

- використання надійних та унікальних паролів;
- застосування ліцензійного програмного забезпечення та антивірусного захисту;
- шифрування даних і захищені канали зв'язку;
- організаційний контроль доступу та обмеження привілеїв користувачів [7];
- регулярне навчання персоналу, підвищення цифрової компетентності [5];
- моніторинг підозрілої активності та оперативне повідомлення адміністратора безпеки.

Дотримання кібергігієни включає блокування робочих пристроїв, правильну організацію зберігання даних, уникання сторонніх носіїв і ресурсів, а також своєчасне повідомлення про витоки чи інциденти [6].

Отже, захист медичних даних в Україні потребує комплексного підходу, що поєднує:

- технічні засоби (шифрування, антивірус, брандмауери, захищені канали зв'язку) [7];
- організаційні заходи (регламент доступу, контроль робочого середовища, навчання персоналу, кібергігієни) [5];

- правові та етичні норми (дотримання законів про персональні дані та медичну таємницю) [2; 3].

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на:

- розробку стандартів кібергігієни для медичних працівників;
- оцінку ефективності автоматизованих робочих місць;
- вдосконалення комплексних протоколів кібербезпеки для електронних медичних систем [6].

Список використаних джерел

1. Міністерство охорони здоров'я України. Концепція розвитку електронної охорони здоров'я в Україні. — Київ: МОЗ, 2020. — 28 с.
2. Закон України «Про захист персональних даних» від 01.06.2010 р. № 2297-VI. — Відомості Верховної Ради України, 2010, № 34, ст. 481.
3. Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я» від 19.11.1992 р. № 2801-XII.

4. Постанова Кабінету Міністрів України № 411 від 25 квітня 2018 р. «Про електронну систему охорони здоров'я».
5. Кулініч О. В., Сидоренко І. М. Кібергігієна та інформаційна безпека у сфері охорони здоров'я // Науковий вісник МОЗ України. — 2022. — № 3. — С. 75–81.
6. World Health Organization. Digital Health Security: Global Guidelines for Protecting Patient Data. — Geneva: WHO, 2021. — 124 p.
7. European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). Cybersecurity in Health Sector: Good Practices and Recommendations. — Luxembourg: ENISA, 2022. — 94 p.

ГОЛУБ Н.В.

Науковий керівник: РОГІЗНИЙ А.І.

Лозівська філія Харківського автомобільно-дорожнього фахового коледжу

ЯК ЗАХИСТИТИ СВІЙ СМАРТФОН ВІД ЗЛАМІВ І ШПИГУНСЬКИХ ПРОГРАМ

Сучасні смартфони стали невід'ємною частиною повсякденного життя, виконуючи функції не лише зв'язку, а й зберігання особистої, фінансової та конфіденційної інформації. Через зростання кількості онлайн-сервісів, соціальних мереж та електронних платежів, мобільні пристрої стають найбільш привабливими цілями для кіберзлочинців. Захист смартфона від зламів та шпигунських програм — це не просто рекомендація, а необхідність для кожного користувача, який прагне зберегти свої дані та приватність.

Основними загрозами для смартфонів є шпигунське програмне забезпечення, фішингові атаки, вразливості в операційних системах та додатках, а також несанкціонований доступ до облікових записів. Зловмисники використовують різноманітні методи: від відправки підозрілих посилань у листах та SMS, до впровадження шкідливих додатків через сторонні магазини чи навіть легальні магазини, якщо вони не проходять достатню перевірку. Особливо небезпечними є додатки, які вимагають надмірних дозволів, наприклад, доступ до адресної книги, мікрофону, камери чи місцезнаходження.

Для ефективного захисту смартфона варто дотримуватися кількох ключових правил. По-перше, обов'язково встановлюйте надійний пароль, PIN-код або використовуйте біометричну автентифікацію (відбиток пальця, розпізнавання обличчя). Це перешкодить фізичному доступу до пристрою стороннім особам. По-друге, регулярно оновлюйте операційну систему та всі додатки, оскільки оновлення часто містять виправлення вразливостей, які можуть бути використані зловмисниками. По-третє, встановлюйте антивірусне програмне забезпечення від перевірених виробників, наприклад, ESET Mobile Security, McAfee або Lookout, які забезпечують сканування в реальному часі, захист від фішингу та можливість віддаленого блокування пристрою.

Важливо обережно підходити до встановлення нових додатків. Завантажуйте програми лише з офіційних магазинів (Google Play, App Store), перевіряйте розробника, читайте відгуки та уважно переглядайте запити на дозволи. Якщо додаток вимагає доступу до даних, які не потрібні для його роботи, відмовляйтеся від його встановлення. Також не відкривайте посилання та файли від невідомих відправників, особливо в листах та месенджерах, оскільки це найпоширеніший спосіб поширення шкідливого ПЗ.

Для додаткового захисту рекомендується використовувати двофакторну автентифікацію для всіх важливих облікових записів (пошта, банківські додатки, соціальні мережі). Це значно ускладнює несанкціонований доступ навіть у разі витоку пароля. Також корисно використовувати безпечний менеджер паролів, який допоможе створювати та зберігати складні унікальні паролі для різних сервісів.

Для організацій, де використовуються корпоративні смартфони, важливо впроваджувати спеціалізовані рішення для мобільної безпеки, такі як Lookout Mobile Endpoint Security. Ці системи забезпечують централізоване управління безпекою, автоматичне оновлення, моніторинг загроз, інтеграцію з існуючими ІТ-інфраструктурами та навчання співробітників. Такі рішення дозволяють швидко виявляти та реагувати на загрози, а також забезпечують відповідність стандартам безпеки, наприклад, NIST та MITRE ATT&CK.

Насамперед увагу слід приділяти захисту особистої інформації, особливо для осіб, які постраждали від домашнього насильства або інших форм переслідування. Персональні дані — інформація, що дозволяє ідентифікувати особу (ім'я, дата народження, місце проживання, паспортні та біометричні дані). Обробляти їх можна лише за згодою або законом, з обмеженим терміном зберігання (до 3 років у Реєстрі домашнього насильства). Порушення правил захисту тягне адміністративну або кримінальну відповідальність.

Нижче наведено таблицю з основними рекомендаціями щодо захисту смартфона від зламів та шпигунських програм (див. таблицю 1).

Таблиця 1. Основні рекомендації щодо захисту смартфона

Дія	Опис
Встановлення пароля/біометричної автентифікації	Захист від фізичного доступу до пристрою
Регулярне оновлення ОС та додатків	Виправлення вразливостей, захист від нових загроз
Встановлення антивірусу	Сканування на наявність шкідливих програм
Встановлення додатків лише з офіційних магазинів	Зменшення ризику встановлення шпигунських програм
Використання двофакторної автентифікації	Додатковий захист облікових записів
Використання безпечного менеджера паролів	Створення та зберігання складних паролів
Вимкнення непотрібних дозволів для додатків	Запобігання несанкціонованому доступу до даних
Використання VPN	Захист даних при підключенні до публічних мереж
Віддалене блокування та відстеження пристрою	Захист у разі втрати або крадіжки

Для корпоративних користувачів важливо використовувати спеціалізовані системи мобільної безпеки, які забезпечують централізоване управління, автоматичне оновлення та моніторинг загроз. Такі рішення дозволяють швидко виявляти та реагувати на загрози, а також забезпечують відповідність стандартам безпеки (див. таблицю 2).

Таблиця 2. Функції спеціалізованих систем мобільної безпеки

Функція	Опис
Централізоване управління	Контроль безпеки всіх пристроїв з однієї панелі
Автоматичне оновлення	Встановлення оновлень без участі користувача
Моніторинг загроз	Виявлення шкідливих додатків та активності
Інтеграція з MDM/EMM	Підтримка існуючих систем управління пристроями
Навчання користувачів	Інформування про потенційні загрози
Відповідність стандартам	Підтримка стандартів NIST, MITRE ATT&CK

Важливо звернути увагу на фізичні методи захисту смартфона. Використовуйте захисні екрани з антибактеріальним та антивірусним покриттям, смарт-чохли, а також портативні зарядні станції з функцією захисту від «USB-атак» («juice jacking»), які блокують передачу даних через кабель, дозволяючи лише зарядку. Такі аксесуари допоможуть уникнути витоку даних через публічні зарядні станції.

Для додаткового захисту рекомендується регулярно робити резервні копії важливих даних на зовнішніх накопичувачах із апаратним шифруванням, щоб уникнути втрати інформації у разі атаки чи виходу пристрою з ладу. Також слід уважно стежити за статистикою використання батареї — якщо маловідомий додаток використовує багато енергії, це може бути ознакою шкідливого ПЗ.

Для додаткового захисту можна використовувати функції «Захист від крадіжки» у смартфонах на Android, які дозволяють віддалено блокувати пристрій, навіть якщо він в автономному режимі. Також важливо не залишати телефон без нагляду, не вводити паролі на очах у сторонніх, а також не підключатися до публічних Wi-Fi мереж для виконання фінансових операцій. Використовуйте додаткові функції, такі як блокування доступу до камери та мікрофону для певних додатків, щоб уникнути можливості прослуховування чи спостереження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ESET. "Як захистити свій смартфон від зламів та шпигунських програм". — [режим доступу: <https://www.eset.com/ua/about/newsroom/blog/smartphone-security/bezopasnost-smartfona-rekomendatsii-po-obespecheniyu-zashchity-telefona/>]
2. ІІТД. "Ефективна мобільна безпека: як забезпечити захист компанії". — [режим доступу: <https://iitd.ua/efektivna-mobilna-bezpeka-yak-zabezpechiti-zahist-kompaniyi/>]
3. Legal Aid. "Захист особистої інформації та конфіденційності постраждалих від домашнього насильства". — [режим доступу: <https://legalaid.gov.ua/publikatsiyi/zahyst-osobystoyi-informacziyi-ta-konfidencijnosti-postrazhdalix-vid-domashnogo-nasystva/>]

ГОНЧАРЕНКО Д.О.

РОМАНЮК О.Н.

Вінницький національний технічний університет (Україна)

АНАЛІЗ НАЙПОТУЖНІШИХ ВІДЕОКАРТ У 2024-2025 РОКАХ

Анотація: Наведено порівняльний аналіз найпотужніших відеокарт 2024-2025 років.

Ключові слова: Відеокарта, графічний адаптер, продуктивність ПК, CUDA-ядра, RDNA 3, VRAM, GDDR6X,

Відеокарта відіграє важливу роль у загальній продуктивності ПК, особливо в умовах інтенсивних графічних навантажень: комп'ютерні ігри, відеомонтаж, 3D-моделювання та машинне навчання [1]. Вона є запорукою високоякісного візуального відображення та високої частоти кадрів, яка безпосередньо залежить від роздільної здатності монітора проти 4K .

Розглянемо найвідоміші моделі відеокарт та їхні характеристики (2025 р.).

NVIDIA GeForce RTX 4000-ї: Графічні адаптери серії NVIDIA GeForce RTX 4000 є основою для високопродуктивних робочих станцій. [2] Їхні важливі технічні параметри зосереджені на масштабуванні обчислювальної потужності та пам'яті. Ці пристрої оснащені 20 ГБ високошвидкісної пам'яті GDDR6X, що є необхідною умовою для ефективного керування великими графічними буферами у професійних додатках та геймінгу у високій роздільній здатності. Інтеграція ядер останнього покоління забезпечує оптимізоване виконання паралельних графічних та загальнообчислювальних алгоритмів, що робить серію однією з найкращих для складних завдань.

NVIDIA GeForce RTX 4090 / 4090 Ti: Моделі RTX 4090 / 4090 Ti є чинними флагманами, що визначають верхню межу графічної продуктивності. [3] Вони оснащені 24 ГБ GDDR6X VRAM, що є критично важливим для миттєвого завантаження та обробки екстремально великих графічних масивів та складних моделей, особливо при роздільній здатності 4K та 8K. Ці адаптери гарантують безкомпромісний ігровий досвід із максимальною реалістичністю. Слід зазначити, що такий рівень потужності обумовлює високе енергоспоживання, що вимагає використання надійного блоку живлення потужністю 1000 Вт для забезпечення стабільності при пікових навантаженнях. Вони є вибором для топового професійного рендерингу, відеомонтажу та AI-обчислень.

AMD Radeon RX 7000-ї Серії: Модель побудована на архітектурі RDNA 3, є важливим конкурентом у сегменті високої продуктивності, орієнтуючись на ефективність та інновації. [4] Пристрої мають 24 ГБ GDDR6 VRAM та інтегрують удосконалені обчислювальні блоки RDNA 3 зі спеціалізованими Прискорювачами III. Це розширює функціональність адаптера, роблячи його ефективним у роботі з алгоритмами машинного навчання. Загалом серія демонструє оптимізовану роботу при зниженій напрузі, що підкреслює її високу енергоефективність.

AMD Radeon RX 7900 XTX: RX Модель позиціонується як лідер у своєму класі. [5] Вона забезпечує високу пропускну здатність пам'яті, гарантуючи передачу даних до 16 Гбіт/с, що є критичним для мінімізації затримок у рендерингу. Адаптер характеризується високою ефективністю навіть при знижених робочих напругах, що свідчить про якісну архітектурну оптимізацію. RX 7900 XTX ідеально підходить для професійної обробки мультимедіа в 8K та VFX-дизайну.

Порівняльний аналіз функціональності графічних адаптерів у 2024-2025 роках свідчить про зміщення акцентів: архітектурні інновації набули особливої важливості, не поступаючись місцем лише обчислювальній потужності.

1. Конвергенція GPGPU та штучного інтелекту. Важливою відмінністю сучасних флагманських архітектур є активна інтеграція спеціалізованих ядер, таких як Tensor Cores у NVIDIA та AI Accelerators у AMD [6]. Ця тенденція сприяє трансформації відеокарти на багатофункціональний обчислювальний інструмент, який використовується не лише для рендерингу графіки, але й для машинного навчання та підтримки великих мовних моделей .
2. Домінування масштабування. Технології масштабування зображення, зокрема DLSS у NVIDIA та FSR у AMD, стали індустріальним стандартом. Їх застосування дозволяє досягати високого показника частоти кадрів у роздільних здатностях 4K та 8K навіть при активації ресурсоємного Ray Tracing, ефективно мінімізуючи навантаження на основні обчислювальні блоки.
3. Енергетична ефективність. Попри зростання загального теплового пакета TDP у високопродуктивних моделях, виробники, зокрема AMD [6], демонструють покращення співвідношення продуктивності на ват. Цей фактор є важливим для забезпечення подальшого масштабування архітектур та оптимізації систем охолодження.

Таким чином, конкурентна динаміка між NVIDIA і AMD стимулює не лише екстенсивне збільшення кількості обчислювальних ядер, а й розвиток спеціалізованих підсистем, що забезпечують перехід до гібридного обчислювального середовища, де графічний рендеринг та III-обробка взаємодоповнюють одне одного [4].

Список використаної літератури

- [1] "На що впливає відеокарта: від ігор до відеомонтажу," Rozumnyi Robot, 20 Sep 2024. [Online]. Available: <https://rozumnyirobot.in.ua/2024/09/20/na-shho-vplivaie-videokarta-vid-igor-do-videomontazhu/>

- [2] "Відеокарта Nvidia Quadro RTX 4000 (8Gb / GDDR6 / 256 bit / 2304 CUDA)," Інформаційне видання, 2023. [Online]. Available: <https://itechua.com/articles/223261>
- [3] "Характеристики й огляди відеокарти NVIDIA GeForce RTX 4090," Overclockers.ua, 10 Feb 2023. [Online]. Available: <https://www.overclockers.ua/ua/video/gpu/nvidia/geforce-rtx409/>
- [4] "У мережі показали, який вигляд має відеокарта AMD Radeon RX 7000," УНІАН, 17 Aug 2024. [Online]. Available: <https://www.unian.ua/techno/hardware/videokarti-amd-yakiy-viglyad-maye-videokarta-amd-radeon-rx-7000-shcho-ne-viyshla-13075017.html>
- [5] "Обзор видеоускорителя AMD Radeon RX 7900 XTX (24 ГБ)," iXBT.com, 30 Jan 2023. [Online]. Available: <https://www.ixbt.com/3dv/amd-radeon-rx-7900-xtx-review.html>
- [6] "Обзор видеоускорителя AMD Radeon RX 7900 XTX (24 ГБ)," iXBT.com, 30 Jan 2023. [Online]. Available: <https://www.ixbt.com/3dv/amd-radeon-rx-7900-xtx-review.html>

*ГОРБЕНКО Д. А.
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ*

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОРГІВЛІ ТА ФІСКАЛІЗАЦІЇ

У сучасному світі роздрібної торгівлі, де щоденно обробляються великі обсяги фінансової та персональної інформації, виникає критична потреба у надійних системах автоматизації касових операцій з вбудованими механізмами захисту даних. Ця потреба особливо актуальна у контексті зростання кіберзагроз, спрямованих на викрадення платіжних даних, компрометацію фіскальної звітності та маніпуляції з обліковою інформацією. POS-системи, що обробляють персональні дані клієнтів, фіскальні документи та платіжні транзакції, потребують комплексного підходу до забезпечення інформаційної безпеки відповідно до вимог GDPR, Закону України "Про захист персональних даних" та фіскального законодавства. Враховуючи тенденцію до цифровізації торговельних процесів, інтеграцію з державними системами верифікації та необхідність забезпечення цілісності фіскальних даних, існує значний потенціал для розвитку і впровадження інформаційних технологій проєктування безпечних систем автоматизації торгівлі.

Метою роботи є розроблення програмної системи автоматизації касових операцій з вбудованими механізмами захисту даних та кібербезпеки з використанням сучасних інформаційних технологій проєктування багаторівневих архітектур та розподілених систем. Основні вимоги до системи:

- можливість багаторівневої автентифікації користувачів з розмежуванням прав доступу (касир/адміністратор);
- можливість ведення обліку та верифікації акцизних марок з контролем унікальності та запобіганням повторного використання;
- можливість захищеного зберігання та обробки персональних даних клієнтів (бонусні картки) відповідно до принципів мінімізації та конфіденційності;
- можливість забезпечення цілісності та незмінності фіскальних документів після їх фіналізації;
- присутність системи контролю віку покупців для товарів з обмеженнями з інтеграцією до державної системи Дія;
- можливість детального аудиту та журналювання всіх критичних операцій (видалення товарів, зміна кількості, зняття готівки) з прив'язкою до касира та часової мітки;
- можливість автоматичного виходу з системи за неактивності для запобігання несанкціонованому доступу;
- можливість розмежування доступу до критичних операцій з вимогою адміністраторської автентифікації;
- можливість захищеного управління фінансовими операціями та готівковим обігом зі збереженням аудиту;
- присутність механізмів захисту від маніпуляцій з фіскальними даними та забезпечення відповідності регуляторним вимогам.

Для реалізації системи були використані мова програмування C# та фреймворк WinUI 3 (.NET 6+) для створення десктопного інтерфейсу. Для зберігання даних використовується реляційна система управління базами даних MySQL з використанням технології Entity Framework для об'єктно-реляційного відображення. Взаємодія між клієнтським додатком та сервером баз даних реалізована через REST API з використанням протоколу HTTPS для забезпечення конфіденційності передачі даних.

Система реалізує наступні механізми безпеки:

1. Автентифікація та контроль доступу: система користувачів з унікальними ID, розмежування ролей, автоматичний таймаут неактивності.
2. Захист персональних даних: зберігання даних бонусних карток клієнтів з шифруванням, мінімізація збору персональних даних.
3. Фіскальна безпека: система перевірки акцизних марок для запобігання повторному використанню, детальне збереження інформації про зміну для формування фіскальної звітності.
4. Аудит операцій: журналювання касових операцій, трекінг зміни кількості товарів з вимогою адміністраторської автентифікації, аудит зняття готівки з прив'язкою до касира та номера зміни.
5. Контроль віку та відповідальний продаж: обов'язкова верифікація віку для алкогольної та тютюнової продукції, інтеграція з системою Дія для цифрової перевірки віку через QR-код, запобігання продажу обмежених товарів неповнолітнім.
6. Управління готівковим обігом: контроль зняття готівки з дотриманням обов'язкового залишку у касі, валідація сум зняття готівки, збереження аудиту операцій зняття готівки.
7. Захист платіжних даних: відсутність зберігання конфіденційних даних карток у системі, тимчасове зберігання лише підтверджень транзакцій.

Система відповідає певним регуляторним вимогам. Серед них: GDPR, Закон України "Про РРО", Закон України "Про захист персональних даних".

Система дозволяє оптимізувати роботу роздрібних торгових точок, забезпечуючи високий рівень захисту фінансових, персональних та фіскальних даних відповідно до сучасних вимог інформаційної безпеки та регуляторних стандартів. Розроблені механізми автентифікації, аудиту та контролю цілісності даних можуть бути використані для створення методичних рекомендацій щодо проектування безпечних POS-систем у роздрібній торгівлі.

ГРИЦИШИН В. О.,
СТАХОВ О. Я.,
МАЙДАНЮК В. П.

Вінницький національний технічний університет

АНАЛІЗ ФОРМАТІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ СВІТІВ ДЛЯ МІНІ-ІГОР У MINECRAFT

Анотація: У статті проведено порівняльний аналіз сучасних форматів збереження світів у грі Minecraft, зокрема Anvil, NBT, Linear Region та Shard. Розглянуто їхню технічну структуру, переваги, недоліки та придатність до використання у міні-іграх. На основі дослідження визначено оптимальні сценарії застосування кожного формату з урахуванням швидкості завантаження арен, ефективності зберігання даних та стабільності роботи серверів.

Ключові слова: Minecraft, міні-ігри, формати збереження світів, Anvil, NBT, Linear Region, Shard, оптимізація, продуктивність серверів.

Abstract: The article presents a comparative analysis of modern world storage formats in the game Minecraft, including Anvil, NBT, Linear Region, and Shard. Their technical structure, advantages, disadvantages, and suitability for use in mini-games are examined. Based on the research, optimal application scenarios for each format are identified, taking into account arena loading speed, data storage efficiency, and server stability.

Keywords: Minecraft, mini-games, world storage formats, Anvil, NBT, Linear Region, Shard, optimization, server performance.

Актуальність дослідження. Сучасна індустрія Minecraft-серверів стрімко розвивається у напрямку створення динамічних міні-ігор, де важливу роль відіграє швидке завантаження арен та ефективне використання серверних ресурсів. Формат збереження світів суттєво впливає на ці параметри, тому вибір оптимального рішення є актуальним завданням для розробників і адміністраторів ігрових платформ.

Постановка проблеми. Незважаючи на широке використання формату Anvil, він має низку недоліків при роботі з міні-іграми, зокрема повільне скидання арен і фрагментацію файлів. Потреба у швидших і легших форматах призвела до появи експериментальних рішень, однак відсутній комплексний аналіз їхньої ефективності саме у контексті міні-ігор.

Аналіз попередніх досліджень. Попередні публікації зосереджувалися переважно на технічній будові формату **Anvil**, який є офіційним стандартом **Mojang** із 2012 року. Окремі дослідники та спільноти розробників серверів (Paper, Purpur) представили альтернативні підходи – **Linear Region** та **Shard**, проте їхній вплив на продуктивність у реальних ігрових умовах вивчений недостатньо [1-4].

Мета статті. Метою роботи є дослідження сучасних форматів збереження світів Minecraft для визначення оптимального рішення при створенні міні-ігор.

Основні завдання:

1. Проаналізувати технічні особливості основних форматів.
2. Визначити переваги й недоліки кожного з них.
3. Сформулювати рекомендації щодо доцільності використання у різних типах міні-ігор.

Основний матеріал. Формат **Anvil** зберігає світ у вигляді регіонів, кожен з яких містить 32×32 чанки. Його переваги: офіційна підтримка, стабільність та сумісність із ванільним сервером. Недоліки: повільне завантаження арен і високе навантаження на диск. Підходить для постійних світів або лобі, але не для динамічних арен [1].

NBT – універсальний бінарний формат для зберігання структурованих даних. Завдяки ієрархічній структурі та компресії він зручний для збереження невеликих структур, але не придатний для повноцінних світів [2].

Linear Region Format – вдосконалена версія Anvil, що розташовує чанки послідовно у файлі, зменшуючи фрагментацію на 60–80% і підвищуючи швидкість читання. Оптимальний для серверів на SSD і великих RPG-карт [3].

Shard Format розділяє світ на незалежні сегменти (8×8 або 16×16 чанків), що дає змогу паралельно завантажувати активні ділянки світу. Формат демонструє прискорення на 40–70%, проте є складним у реалізації та потребує модифікованого серверного ПЗ [4].

Результати дослідження

- **Anvil** – стабільний і сумісний, але не оптимальний для часто оновлюваних арен.
- **NBT** – найкращий для збереження структур і налаштувань.
- **Linear Region** – оптимальний баланс швидкості та сумісності.
- **Shard** – найперспективніший для масштабних міні-ігор, проте експериментальний.

Висновки. Універсального формату для міні-ігор не існує. Вибір залежить від типу ігрового режиму, розміру арен та обмежень сервера. Для лобі підходить **Anvil**, для невеликих арен – **NBT**, для RPG і adventure карт – **Linear Region**, а для великих розподілених світів – **Shard**. Подальші дослідження варто спрямувати на розробку гібридних форматів і систем кешування світів у оперативній пам'яті для підвищення продуктивності Minecraft-серверів.

Список використаних джерел

1. Anvil file format [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://minecraft.fandom.com/wiki/Anvil_file_format
2. NBT format [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://minecraft.fandom.com/wiki/NBT_format
3. Linear region file format for Minecraft [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/xymb-endcrystalme/LinearRegionFileFormatTools>
4. SHARD Format [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://scrayos.net/justchunks-shard-format/>

ГРОСС А.В.,
СЕРДЮК Н.М.
ХНУРЕ, Україна

GITOPS ЯК ОСНОВА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ КОНФІГУРАЦІЯМИ В ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

В анотації розглянуто методологію GitOps як ключовий підхід до автоматизації управління конфігураціями в сучасних хмарних інфраструктурах. Проаналізовано фундаментальні принципи GitOps, що базуються на використанні системи контролю версій Git як єдиного джерела істини. Проведено порівняльний аналіз провідних інструментів, зокрема Argo CD та Flux, для реалізації pull-моделі безперервної доставки. Детально описано архітектуру наскрізного CI/CD-конвеєра в середовищі Amazon Web Services (AWS), що інтегрує сервіси для автоматизованого тестування, розгортання та аудиту. Підкреслено ключові переваги підходу, серед яких підвищення надійності, прозорості, аудитороздатності та безпеки інфраструктурних операцій, що робить GitOps стандартом для управління складними хмарними системами.

Ключові слова: GitOps, DevOps, Infrastructure as Code (IaC), Kubernetes, Argo CD, Flux.

Сучасні хмарні інформаційні системи характеризуються безпрецедентною динамічністю та складністю. Очікується, що компанії будуть швидко впроваджувати нові функції, підтримувати високий рівень доступності сервісів та забезпечувати надійну безпеку, адаптуючись до постійних змін. Традиційні методи управління

інфраструктурою, що покладаються на ручні операції або базові скрипти, більше не можуть впоратися з цими викликами, що призводить до затримок, помилок та стану, який можна охарактеризувати як "операційний хаос". Це створює гостру потребу в нових підходах до DevOps-практик, орієнтованих на повну автоматизацію, декларативне управління та підвищення надійності. У цьому контексті GitOps позиціонується як логічне продовження та вдосконалення парадигми "Infrastructure as Code" (IaC). Якщо IaC зосереджується на декларативному описі інфраструктури у вигляді коду, то GitOps доповнює цей підхід цілісною операційною моделлю. Ця модель використовує процеси системи контролю версій Git для забезпечення версіонування, аудиту та автоматичної синхронізації бажаного стану інфраструктури з її реальним станом. Поява та домінування платформи оркестрації контейнерів Kubernetes стала потужним каталізатором для поширення GitOps. Kubernetes надає декларативний механізм для управління додатками, однак сам по собі не диктує, як саме слід керувати конфігураціями безпечно та послідовно. GitOps заповнює цю прогалину, пропонуючи сувору операційну дисципліну, яка перетворює Kubernetes з потужного, але потенційно хаотичного інструменту, на передбачувану та керовану систему. Таким чином, GitOps стає не просто допоміжною практикою, а необхідною умовою для повноцінної реалізації потенціалу хмарних технологій.

Еволюція підходів до розгортання програмного забезпечення пройшла довгий шлях. У 1990-х та на початку 2000-х років домінувало ручне завантаження файлів через FTP, що було схильне до людських помилок. Пізніше з'явилися інструменти автоматизації, такі як Jenkins, та системи управління конфігураціями, як-от Ansible, що дозволили автоматизувати багато рутинних завдань. Проте справжній прорив стався з популяризацією контейнерів (Docker) та появою Kubernetes, які заклали основу для сучасних декларативних моделей управління. Термін "GitOps" був вперше введений у 2017 році Алексісом Річардсоном, CEO компанії Weaveworks, з ідеєю "керувати всією системою декларативно за допомогою Git та застосовувати зміни через Pull Requests". Ця концепція швидко знайшла відгук у спільноті розробників та операційних інженерів. Ключову роль у стандартизації та популяризації підходу відіграла організація Cloud Native Computing Foundation (CNCF), яка підтримує розвиток ключових проєктів екосистеми. Зокрема, випуск (graduation) таких інструментів, як Argo CD та Flux, закріпив їхній статус як де-факто галузевих стандартів для реалізації GitOps-практик. Незважаючи на широке обговорення переваг GitOps, у науковій та технічній літературі залишаються недостатньо висвітлені аспекти. Існує брак систематизованих досліджень, що порівнюють не лише функціональність інструментів, а й різні операційні моделі їх застосування — наприклад, "мінімалістичний" підхід, що використовує базові інструменти командного рядка, проти повнофункціональних операторів, що працюють у кластері. Також бракує детального аналізу найкращих практик інтеграції GitOps-конвеєрів із комплексними системами безпеки та комплаєнсу в корпоративних хмарних середовищах, таких як AWS.

Тому метою даного дослідження є систематизація принципів, інструментарію та архітектурних патернів реалізації GitOps для автоматизованого та надійного управління конфігураціями в хмарних середовищах. Для цього вирішуються такі завдання: аналіз фундаментальних принципів GitOps та порівняння pull- і push-моделей їх реалізації з точки зору безпеки та архітектури; проведення порівняльного аналізу провідних інструментів GitOps, зокрема Argo CD та Flux, з виявленням їхніх сильних та слабких сторін для різних сценаріїв використання; розробка узагальненої архітектурної моделі наскрізного GitOps-конвеєра на прикладі сервісів платформи Amazon Web Services; визначення ключових аспектів інтеграції автоматизованого тестування, механізмів безпеки та аудиту в рамках GitOps-підходу.

Основою методології GitOps є чотири ключові принципи, сформульовані CNCF. По-перше, це декларативність, де вся система описується через бажаний стан, а не послідовність кроків. По-друге, Git виступає як єдине джерело істини, що містить цей декларативний опис. По-третє, усі зміни вносяться через Pull/Merge Requests, що забезпечує прозорість та аудит. І, по-четверте, автоматична синхронізація та виправлення реалізується через програмних агентів, які безперервно порівнюють реальний стан системи з бажаним і виправляють розбіжності. Існують дві основні архітектурні моделі реалізації GitOps: pull- та push-модель. Pull-модель вважається канонічною, в ній агент (наприклад, Argo CD або Flux) працює всередині цільового середовища і періодично "витягує" зміни з Git-репозиторію, що підвищує безпеку, оскільки облікові дані для доступу до кластера не передаються зовнішнім системам[1]. Push-модель більше схожа на традиційний CI/CD, де CI-система "проштовхує" оновлені конфігурації в цільове середовище, що може бути простішим для інтеграції, але створює додаткові ризики безпеки. Впровадження GitOps є не лише технологічним, а й соціотехнічним викликом, що вимагає культурних змін в організації. Цей процес вимагає від операційних команд переходу до мислення в стилі "інфраструктура як код", а розробники отримують більше відповідальності за операційну діяльність. Таким чином, GitOps стирає межі між розробкою та операціями значно глибше, ніж попередні DevOps-практики.

Екосистема GitOps включає широкий спектр інструментів, серед яких ключовими є оператори, такі як Argo CD та Flux, інструменти IaC (Terraform, Ansible) та шаблонізатори (Helm). Центральне місце в сучасній екосистемі займають Argo CD та Flux CD, які є зрілими проєктами, що пройшли атестацію CNCF. Порівнюючи їх, можна відзначити, що Argo CD має монолітну архітектуру "все-в-одному" та потужний вбудований веб-інтерфейс, тоді як Flux CD є модульним набором інструментів з підходом "CLI-first". Через це Flux пропонує вищу гнучкість для створення кастомних робочих процесів, підтримуючи ширший спектр джерел конфігурацій, таких як OCI та S, на додачу до стандартних Git та Helm. Argo CD, у свою чергу, орієнтований на просте управління додатками. Обидва інструменти підтримують стратегії прогресивної доставки через інтеграцію з відповідними проєктами: Argo Rollouts для Argo CD та Flagger для Flux [2]. Вибір між ними залежить від потреб команди: Argo CD підходить для тих, хто шукає готове рішення з візуальним інтерфейсом, тоді як Flux надає більшу гнучкість для створення кастомних конвеєрів. Окрім повнофункціональних операторів, існують і "мінімалістичні" підходи, наприклад, використання комбінації helm template та kubectl apply в рамках CI/CD-конвеєра, що забезпечує простоту, але поступається в автоматичному виявленні дрейфу конфігурації [3]. Важливим напрямом розвитку є підтримка стратегій прогресивної доставки, як-от Canary та Blue-Green, що реалізуються через інструменти на кшталт Argo Rollouts для мінімізації ризиків при розгортанні.

Платформа Amazon Web Services (AWS) надає повний набір сервісів для побудови надійного GitOps-конвеєра. Еталонна архітектура такого конвеєра може включати такі компоненти, як AWS CodeCommit в ролі джерела істини, AWS CodePipeline для оркестрації CI/CD-процесу, AWS CloudFormation або Terraform для декларативного опису ресурсів, Amazon Elastic Kubernetes Service (EKS) як цільове середовище, та Argo CD або Flux, розгорнуті в кластері EKS для реалізації pull-моделі синхронізації. Ключовим елементом надійного GitOps-процесу є автоматизоване тестування конфігурацій до моменту їх розгортання. Для цього використовуються такі інструменти, як cfn-lint для статичного аналізу шаблонів CloudFormation, Terratest для інтеграційних тестів Terraform, або Molecule для тестування ролей Ansible, що дозволяє виявляти помилки на ранніх етапах [4]. Ще однією важливою перевагою GitOps є забезпечення повного аудиту та відповідності (compliance). Завдяки Git кожна зміна конфігурації має чітку атрибуцію. У поєднанні з нативними сервісами, такими як AWS CloudTrail для запису викликів API та AWS Config для відстеження змін у конфігурації ресурсів, створюється потужний, наскрізний механізм контролю, що є критично важливим для регульованих галузей.

Проведений аналіз показує, що GitOps є не просто набором інструментів, а цілісною операційною філософією, яка поєднує автоматизацію, контроль версій та декларативний підхід для побудови надійних, безпечних і передбачуваних інфраструктур. Ця методологія ефективно вирішує ключові проблеми управління складними хмарними середовищами, забезпечуючи підвищену швидкість і надійність розгортань, покращену безпеку через мінімізацію прямих доступів до систем, повну аудитоздатність усіх змін та легкість відкату до попередніх стабільних станів. Перспективи подальших досліджень у цій галузі лежать у кількох ключових напрямках. По-перше, це інтеграція з AIOps, що дозволить перейти від простої синхронізації стану до інтелектуальної верифікації релізів за допомогою машинного навчання для аналізу логів та метрик. По-друге, це розширення "Policy as Code" через глибшу інтеграцію з інструментами, як-от Open Policy Agent (OPA), для автоматизації перевірки відповідності політикам безпеки ще на етапі CI. По-третє, це вирішення організаційних викликів, пов'язаних із культурним зсувом, шляхом розробки методик для плавного переходу традиційних IT-організацій до нової операційної моделі. Таким чином, GitOps стає ключовим інструментом для побудови надійних інформаційних інфраструктур майбутнього, а його подальший розвиток буде спрямований на підвищення інтелектуальності, безпеки та організаційної адаптивності.

Список використаних джерел

1. Дубина Г. GitOps на мінімалках для Kubernetes. DOU.ua, 22 серпня 2023. URL: <https://dou.ua/forums/topic/44686/>
2. Pandey P.K., Nanda P.K. Choosing the right GitOps tool for your Amazon EKS cluster. AWS Prescriptive Guidance, AWS, квітень 2025. URL: <https://docs.aws.amazon.com/prescriptive-guidance/latest/eks-gitops-tools/introduction.html>
3. OpsMx. ArgoCD Rollout Just Got So Much More Smarter with OpsMx Autopilot. OpsMx Blog. URL: <https://www.opsmx.com/blog/argocd-rollout-just-got-so-much-more-smarter-with-opsmx-autopilot/>
4. Lopez G., Narang S. GitOps in 2025: From Old-School Updates to the Modern Way. CNCF Blog, 9 червня 2025. URL: <https://www.cncf.io/blog/2025/06/09/gitops-in-2025-from-old-school-updates-to-the-modern-way/>

ВПЛИВ ЦИФРОВОЇ НЕРІВНОСТІ НА ЯКІСТЬ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Анотація. У тезі розглянуто проблему цифрової нерівності як одного з ключових факторів, що визначають якість та ефективність освітнього процесу у сучасному інформаційному суспільстві. Визначено основні прояви цифрового розриву, його наслідки для студентів і викладачів, а також запропоновано шляхи подолання виявлених диспропорцій.

Ключові слова: цифрова нерівність, дистанційна освіта, цифрова грамотність, якість освіти, інформаційно-комунікаційні технології.

Цифровізація освіти стала невід'ємною складовою суспільного розвитку, відкриваючи нові можливості для навчання, комунікації та професійного зростання. Перехід до дистанційних форм навчання, прискорений пандемією COVID-19 та воєнними умовами в Україні, водночас загострив проблему цифрової нерівності, яка проявляється у нерівному доступі до технічних ресурсів, інтернет-з'єднання та необхідних компетентностей. Цей розрив значною мірою впливає на якість навчального процесу, знижуючи рівень залученості та результативності учасників освітнього середовища.

Проблема цифрової нерівності має комплексний характер. Українські та європейські науковці, зокрема О. М. Спірін, М. Кастельс, А. Redecker, Е. Punie, підкреслюють, що вона охоплює не лише технологічний, а й соціально-психологічний вимір [1; 2]. Наявність сучасних пристроїв не гарантує ефективності дистанційного навчання без сформованих цифрових навичок, критичного мислення та мотивації до самонавчання. Студенти з обмеженими технічними можливостями часто пропускають онлайн-заняття, мають труднощі з виконанням завдань, відчувають емоційне виснаження та ізоляцію від академічної спільноти. Для викладачів цифрова нерівність виявляється у складнощах адаптації навчальних матеріалів до різних рівнів підготовки студентів та обмежених технічних умов. У цьому контексті підвищення цифрової компетентності педагогів стає необхідною умовою підтримки якості освіти. Розвиток цифрової педагогіки передбачає не лише володіння інструментами ІКТ, а й уміння використовувати їх для створення інклюзивного навчального середовища. Подолання цифрової нерівності потребує системного підходу, що поєднує державні, інституційні та освітні ініціативи. На державному рівні важливими є програми забезпечення широкопasmовим інтернетом сільських і прифронтових територій, пільгове забезпечення освітніх закладів технікою та розвиток цифрової інфраструктури. На рівні університетів варто впроваджувати курси цифрової грамотності, програми наставництва для студентів, створювати технічні хаби та відкриті освітні простори. Важливим напрямом подолання цифрового розриву є формування цифрової культури — системи цінностей, норм і навичок, що забезпечують ефективне, безпечне й етичне використання технологій. Підвищення цифрової культури студентів сприятиме більшій самостійності у навчанні, розвитку критичного мислення та академічної відповідальності.

Таким чином, цифрова нерівність суттєво впливає на якість навчального процесу, обмежуючи можливості рівного доступу до освіти та знижуючи ефективність засвоєння знань. Її подолання можливе лише через комплексні освітні та соціальні реформи, спрямовані на забезпечення цифрової справедливості. Подальші дослідження у цьому напрямку мають бути спрямовані на розроблення моделей моніторингу рівня цифрової доступності та оцінювання її впливу на освітні результати.

Список використаних джерел

1. Castells M. The Rise of the Network Society. — Oxford: Blackwell, 2010.
2. Биков В. Ю., Лаврентьєва Л. Л. Цифрова трансформація освіти в Україні: проблеми, виклики, перспективи. — Київ: НАПН України, 2020.
3. Спірін О. М. Цифрова компетентність у системі сучасної освіти. — К.: Педагогічна думка, 2020.

УДК 004.92
ГУМЕНЧУК А.В.,
РОМАНЮК О.Н.
Вінницький національний технічний університет(Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ГОЛОГРАФІЧНИХ МОНІТОРІВ

Анотації: розглянуто еволюцію технологій від класичних 3D-дисплеїв до сучасних голографічних і псевдоголографічних систем, визначено їхні принципи роботи, технічні характеристики, переваги, недоліки та сфери застосування.

Ключові слова: монітор, псевдоголографічні системи, технології відображення, 3D-технології, голографічні світлодіодні екрани, тривимірне стереоскопічне відображення.

Розвиток технологій відображення [1-3] спричинив появу голографічних світлодіодних екранів — інноваційних систем, що інтегрують елементи реального та віртуального середовищ. Функціональність цих систем базується на формуванні повноцінного хвильового фронту світла, що забезпечує природне сприйняття об'єкта. Застосування голографічних екранів сприяє трансформації численних галузей, забезпечуючи високий рівень реалістичності відтворення зображень і підвищуючи ефективність візуалізації інформації.

Сучасні кінематографічні та телевізійні системи використовують технологію тривимірного стереоскопічного відображення (3D) [1], яка базується на створенні ілюзії об'єму шляхом подання кожному оку зображення, що незначно відрізняється від іншого. Цей ефект досягається завдяки застосуванню поляризаційних (наприклад, лінійно або циркулярно поляризованих) або анагліфічних окулярів, які фільтрують зображення для лівого та правого ока, створюючи відчуття глибини та об'єму.

Основним недоліком 3D-технологій є обмежений кут огляду: об'ємне зображення сприймається лише при перегляді під певним кутом. Навіть сучасні телевізійні панелі з підтримкою 3D без окулярів забезпечують якісне сприйняття лише за умови, що глядач перебуває строго навпроти екрана. При значному відхиленні від центральної осі виникає питання перехресних перешкод, а ефект глибини зникає, що зумовлює потребу у вдосконаленні технологій тривимірного відображення. Очікується, що вирішення цього обмеження забезпечать голографічні екрани нового покоління, які синтезують візуальні промені, що сходяться до різних точок простору.

Одним із проміжних етапів розвитку голографічних технологій стали псевдоголографічні дисплеї [1], створені на основі напівпрозорих плівок або сіток. Ці системи часто використовують принцип "Привида Пеппера". Такі екрани монтуються на стелі чи у вітринах і, завдяки специфічним оптичним властивостям, залишаються практично непомітними. При проектуванні на них зображення формується ілюзія голограми, через яку можна спостерігати навколишній простір.

Псевдоголографічні системи характеризуються високою контрастністю, широкими кутами огляду та можливістю гнучкої адаптації під необхідні розміри і форму екрана. Це робить їх ідеальними для ситуативного мерчандайзингу та публічних інсталяцій. Ці технології активно застосовуються в рекламі, оформленні телевізійних студій, інтер'єрному дизайні та маркетингових інсталяціях.

Значного поширення набули голографічні екрани Sax3D [1], розроблені з використанням технології вибіркового заломлення світла. Завдяки цьому система ігнорує фонове освітлення, відображаючи лише проєкційний сигнал. Подібні принципи реалізовано у дисплеях Transscreen, створених із поліефірної плівки зі спеціальними шарами, що відсіюють стороннє світло.

Голографічний дисплей [2] — це тип пристрою відображення, у якому для створення віртуального тривимірного зображення використовується дифракція світла від мікроскопічних структур (пікселів або вокселів) на дисплеї. На відміну від традиційних 3D-дисплеїв, голографічні системи не потребують спеціальних окулярів або додаткового обладнання для забезпечення ефекту глибини, що суттєво підвищує комфорт сприйняття. Вони відтворюють повну інформацію про фазу та амплітуду світлової хвилі.

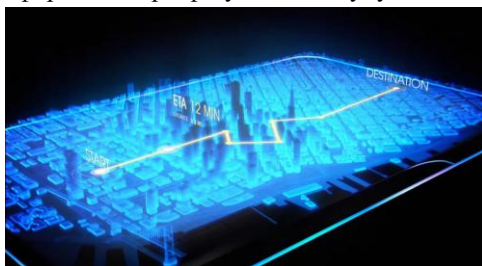


Рисунок 1 - Голографічне зображення

Це зображення (рис. 1) ілюструє концепцію тривимірного відображення карти або навігаційної системи.

1. 3D Карта Міста: На плоскій поверхні (можливо, планшета чи прозорого екрана) відображено світиться, футуристична, блакитна 3D-модель міста. Будівлі піднімаються, створюючи ефект глибини (висоти). Це імітує те, що ми очікуємо від голографічного дисплея.

2. Навігаційний маршрут: Поверх 3D-карти прокладено чіткий жовтий маршрут, що з'єднує точку "START" (Старт) з "DESTINATION" (Пункт призначення).

3. Інформація: Вдоль маршруту відображається ключова навігаційна інформація:
● ETA 12 MIN (Орієнтовний час прибуття: 12 хвилин).

- **DISTANCE 5.2 MI** (Відстань: 5.2 милі).

Ефект "Сяйва": Зображення має вигляд, ніби воно світиться над поверхнею екрана, підкреслюючи голографічний (або псевдо-голографічний) ефект.

Якість голографічного зображення значною мірою визначається технічними параметрами світлодіодної панелі [3], зокрема роздільною здатністю та кроком пікселів. Менші значення піксельного кроку (наприклад, надтонкі P1.2 або P0.9) забезпечують більшу деталізацію та чіткість. Частота оновлення, що перевищує 3840 Гц, сприяє плавній передачі руху та зменшенню розмиття, що має вирішальне значення для створення переконливого ефекту тривимірності. Крім того, важливим параметром є глибина кольору (бітність), яка впливає на реалістичність градієнтів. Голографічні світлодіодні екрани – це наступний етап еволюції технологій відображення. Вони прибирають обмеження традиційних 3D-систем, зокрема конвергенцію-акомодацию конфлікт, забезпечуючи реалістичну інтеграцію віртуального зображення в реальний простір. Завдяки високій яскравості та роздільній здатності, голографічні дисплеї відкривають можливості для впровадження у сфері реклами, дизайну, розваг і науки, формуючи основу для нового покоління інтерактивних технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] "Голографічний екран: короткий опис, пристрій, принцип роботи" 18.07.2024. [Online]. Available: <https://pedia.com.ua/tehnolohii/golografichnij-ekran-korotkij-opis-pristrij-printsip-roboti.html>.
- [2] "Голографічний дисплей" Освітанова, 19.06.2025. [Online]. Available: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%B9.
- [3] "Що таке голографічний світлодіодний екран?," 18.07.2019. [Online]. Available: <https://www.xintaileddisplay.com/uk/What-is-a-holographic-LED-screen-id43777726.html>.
- [4] "Голографічний екран: опис, пристрій, принцип роботи" 13.06.2018 [Online] Available: <https://hi-news.pp.ua/tehnka-tehnologiyi/12425-golografichnij-ekran-opis-pristrij-princip-roboti.html>

ДЕНИСЮК А.В.

ВЛАСЕНКО Д.В.

Вінницький національний технічний університет

ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ НА ЧИСТОТУ АРХІТЕКТУРИ ТА КОДУ

Анотація: Поняття чистого коду та архітектури стали популярними в період розвитку об'єктно-орієнтованого програмування. Концепція набула свого розвитку в книгах Р. Мартіна і представлена у вигляді методик на перевірку чистої архітектури та чистого коду. Такі методики можуть використовуватись як для навчання студентів, так і для розробників програмного забезпечення. Рівень чистоти дозволяє оцінити рівень програміста та виявити неефективні команди, дублювання, недоцільне використання бібліотек, коментарів тощо.

Ключові слова: програмна інженерія, інформаційні технології, алгоритми та структури даних, чистий код, чиста архітектура.

У сучасному світі розробки програмного забезпечення зростає потреба не лише у функціональності продукту, але й у його довговічності, легкості підтримки та масштабованості. «Брудний» код і нечітка архітектура призводять до накопичення зайвих команд та даних, що з часом уповільнює розробку, збільшує витрати на усунення помилок та ускладнює адаптацію до нових вимог. Оцінка чистоти коду та архітектури за об'єктивними метриками є важливою для забезпечення якості програмних продуктів. Це дозволяє вчасно ідентифікувати проблемні зони, оптимізувати процеси розробки та підвищити професійний рівень команд. Незважаючи на широку популярність концепцій чистого коду та архітектури [1, 2], їх формалізоване тестування та інтеграція в освітній процес досі потребує систематизації та стандартизації.

Метою дослідження є систематизація методик та метрик для об'єктивного тестування програмних продуктів на відповідність принципам чистої архітектури та чистого коду, а також обґрунтування їх використання як інструменту оцінки кваліфікації розробників та навчального інструменту для вивчення цих тем студентами.

Для забезпечення чистоти програмного продукту необхідний комплексний підхід, що охоплює як рівень окремих модулів (чистий код), так і рівень взаємодії компонентів (чиста архітектура). Рівень тестування чистого коду зосереджений на локальних правилах, що стосуються іменування, функцій, коментарів та структури класів. Ключовими методиками є перевірка SOLID-принципів. Це набір із п'яти принципів об'єктно-орієнтованого

дизайну (Single Responsibility, Open/Closed, Liskov Substitution, Interface Segregation, Dependency Inversion), які забезпечують модульність і гнучкість коду.

Визначають спеціальні метрики якості коду, як включають вимір складності функцій, цикломатичну складність; глибину успадкування, кількість рядів коду для функції.

Основними критеріями є високий чи низький поріг значень визначених показників. Надмірно довгі функції порушують принцип єдиної відповідальності. Високе значення може вказувати на надмірну складність і порушення принципів SOLID.

Інструменти статичного аналізу (SonarQube, Checkstyle) автоматично перевіряють код на дотримання стилістичних правил та виявлення антипатернів, що є ознаками «брудного» коду.

На архітектурному рівні оцінюється дотримання правила залежностей, яке стверджує, що залежності завжди повинні бути спрямовані всередину, від зовнішніх шарів (інтерфейси, база даних) до внутрішніх (правила бізнесу, сутності). Такі шари повинні дотримуватись ієрархії за формулою:

Метрики архітектурної чистоти дозволяють виміряти кількість вхідних та вихідних залежностей кожного програмного модулю та розрахувати рівень абстрактності та нестабільності модуля. Всі модулі класифікуються за рівнем нестабільності і за своїми показниками повинні відповідати шару стабільності. Наприклад, сутності повинні мати низький рівень нестабільності.

Для навчання, студенти, після перевірки функціоналу програми оцінюють чистоту коду та архітектури.

Визначені критерії послідовно оцінюються якісними та кількісними характеристиками. Це дає можливість отримати об'єктивний зворотний зв'язок щодо якості їхніх рішень.

Викладачі можуть об'єктивно оцінити не лише функціональність, але й дизайн коду, що є ключовим для підготовки висококваліфікованих інженерів.

Команди розробників використовують метрики для моніторингу ефективності коду та забезпечення його стандартизації.

Для змагань з програмування, або створення інноваційного програмного продукту використовують метрики для оцінки чистоти коду та архітектури, що дозволяє при однакових показниках функціоналу, оцінити ефективність програмного продукту.

Тестування програмних продуктів на чистоту архітектури та коду є невід'ємною частиною сучасної програмної інженерії. Чистий код оцінюється локальними метриками та дотриманням SOLID-принципів. Чиста архітектура оцінюється глобальними метриками, що стосуються управління залежностями, абстрактності та нестабільності модулів.

Формалізовані методики тестування є ефективним інструментом для підвищення кваліфікації розробників та зниження ризиків нерозуміння та неефективної роботи програмного продукту.

Отже, впровадження стандартизованих інструментів та методик для вимірювання чистоти архітектури та коду дозволяє забезпечити довгострокову успішність та стійкість програмного забезпечення.

Список використаних джерел

1. Martin R. C. Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship. Prentice Hall, 2008. 464 p.
2. Martin R. C. Clean Architecture: A Craftsman's Guide to Software Structure and Design. Prentice Hall, 2017. 432 p.

*ДОРОГИЙ ЯРОСЛАВ,
доктор технічних наук, професор,
Донецький національний технічний університет, Дрогобич, Україна
КРАВЧУК ВЛАДИСЛАВ,
аспірант,
Донецький національний технічний університет, Дрогобич, Україна
ЦУРКАН ВАСИЛЬ,
кандидат технічних наук, доцент,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

ТЕНЗОРНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ КОМАНД RED/BLUE/PURPLE

Анотація. У статті представлено тензорну модель симуляції взаємодії команд Red, Blue та Purple у контексті тривалих сценаріїв пентестингу та кіберзахисту критичної інфраструктури. Запропоновано формальну динамічну систему, що відображає вплив атакуючих і захисних дій на стани активів та враховує аналітичну роль команди Purple як посередника у виробленні рекомендаційних політик. Показано, що використання тензорного представлення забезпечує можливість моделювання складних часово-просторових залежностей, зменшує розмірність даних і підтримує навчання в умовах змагального середовища (minimax / adversarial RL). Запропонована модель може бути використана для оцінювання ефективності стратегій

кіберзахисту за допомогою метрик TTD, TTR та Cumulative Impact..

Ключові слова: Red team, Blue team, Purple team, пентестинг, тензорна модель, симуляція атак, кіберзахист, adversarial learning.

Abstract. The paper presents a tensor-based model for simulating the interaction of Red, Blue, and Purple teams in the context of long-term penetration testing and critical infrastructure cybersecurity scenarios. A formal dynamic system is proposed to represent the impact of offensive and defensive actions on asset states while accounting for the analytical role of the Purple team as a mediator in developing recommendation policies. It is shown that the use of tensor representation enables the modeling of complex spatio-temporal dependencies, reduces data dimensionality, and supports learning in a competitive environment (minimax / adversarial RL). The proposed model can be applied to evaluate the effectiveness of cybersecurity strategies using metrics such as TTD, TTR, and Cumulative Impact.

Keywords: Red team, Blue team, Purple team, pentesting, tensor model, attack simulation, cybersecurity, adversarial learning.

Вступ. Розвиток сучасних кіберзагроз характеризується зростанням їхньої складності, тривалістю атакувальних кампаній і мультиагентністю дій. Традиційні методи пентестингу не завжди дозволяють адекватно оцінити поведінку захисних систем у динаміці, особливо в умовах змінного середовища та тривалого часу реагування. Підхід, заснований на взаємодії команд Red, Blue та Purple, орієнтований на створення ітераційного циклу навчання між атакувальною, оборонною та аналітичною складовими.

Моделювання таких процесів у вигляді тензорних систем дає змогу інтегрувати часові, просторові та функціональні зв'язки між об'єктами кіберінфраструктури, підвищити точність прогнозування наслідків атак і оптимізувати симуляцію тривалих сценаріїв (від тижнів до місяців). Такий підхід відкриває можливості для побудови адаптивних систем кіберзахисту, що навчаються у процесі взаємодії між командами різних ролей.

Аналіз літературних джерел. У роботі [1] подано тензорну модель представлення критичної інфраструктури, у якій формалізовано взаємозв'язки між об'єктами, процесами та ризиками у вигляді тривимірного тензора станів. Автори продемонстрували застосування Tucker-розкладів для зменшення розмірності даних та моделювання довготривалих процесів у кіберфізичних системах. Запропонований підхід може бути адаптований для побудови симуляційних моделей взаємодії Red/Blue/Purple команд у контексті кіберзахисту критичної інфраструктури.

Дослідження [2] описує симуляційне середовище CybORG, створене для навчання автономних агентів у сфері кіберзахисту. Це середовище моделює взаємодію команд Red і Blue на основі сценаріїв, що відтворюють реальні кіберінциденти, та дає змогу оцінювати ефективність алгоритмів виявлення й реагування. Автори підкреслюють, що застосування методів reinforcement learning у кібербезпеці потребує чіткої формалізації дій, станів і функцій винагород, а також урахування тривалих часових епізодів під час моделювання.

У роботі [3] представлено оновлену версію цього середовища – CybORG++, яка усуває недоліки попередньої архітектури. Дослідники реалізували розширений набір агентів, зокрема додали Purple-компонент, і запропонували стандартизований набір метрик для оцінювання поведінки системи (Detection Rate, Time-to-Detect, Recovery Time). Робота робить суттєвий внесок у відтворення реалістичних сценаріїв взаємодії команд Red/Blue/Purple та демонструє потенціал симуляційних підходів для тестування стратегій кіберзахисту.

У публікації [4] уперше застосовано концепцію adversarial reinforcement learning для моделювання кіберконфліктів. Запропоновано стохастичну гру між атакувальною та оборонною сторонами, у межах якої кожна сторона навчається оптимальній стратегії дій. Автори встановили, що зі збільшенням кількості змінних (типів активів, варіантів атак, обмежень ресурсів) завдання набуває високої розмірності, тому для зниження складності доцільно застосовувати методи факторизації станів.

І, нарешті, звіт [5] присвячено аналізу впровадження Purple-команд у корпоративних середовищах. Автори доводять, що співпраця між Red і Blue командами через аналітичний шар Purple дозволяє скоротити середній час виявлення інцидентів на 30–40% і підвищити ефективність використання ресурсів центрів моніторингу безпеки (SOC). Це підтверджує доцільність моделювання Purple-компоненти як аналітичного елемента у симуляційних моделях кіберзахисту.

Нарешті, у роботі [5] подано тензорну модель представлення критичної інфраструктури, у якій формалізовано взаємозв'язки між об'єктами, процесами та ризиками у вигляді тривимірного тензора станів. Автори продемонстрували застосування Tucker-розкладів для зменшення розмірності даних та моделювання довготривалих процесів у кіберфізичних системах. Запропонований підхід може бути адаптований для побудови симуляційних моделей взаємодії Red/Blue/Purple команд у контексті кіберзахисту критичної інфраструктури.

Тензорна модель. Нехай модель має наступні параметри:

– T - кількість часових кроків (наприклад, дні або години): $t = 1, \dots, T$.

- N - кількість критичних активів/вузлів (сервери, ПЛК, БД тощо).
- F - кількість описових фіч стану для кожного активу (конфігурація, вразливість, навантаження, доступність тощо).

- P - розмірність простору атак (типи атак/вектори).
- Q - розмірність простору захисних дій / ремедіацій.
- S - розмірність спостережень / телеметрії (лог-події, метрики SIEM, алерти).

І нехай, основні вектори та тензори моделі мають наступний вид:

- станова тензор-матриця: $\mathcal{X} \in R^{T \times N \times F}$, де $\mathcal{X}_{t,i,:}$ - вектор стану активу i у часі t .
- дії червоної команди (атаки): $\mathcal{A}^R \in R^{T \times N \times P}$. $\mathcal{A}_{t,i,p}^R$ - інтенсивність/наявність атаки типу p на актив i в час t .

- дії синьої команди (захист): $\mathcal{A}^B \in R^{T \times N \times Q}$. $\mathcal{A}_{t,i,q}^B$ - захисна дія q (ремедіація, патч, сегментація).

- підтримка аналітики / purple: параметризована функція Φ_θ (тензор-параметри θ) яка транслює спостереження в поради/політики для Blue; її ефективність моделюється коефіцієнтом $\eta_\theta \in [0,1]$.

Спостереження та телеметрія моделі описуються наступний чином:

- $\mathcal{O} \in R^{T \times S}$. $\mathcal{O}_{t,:}$ - агреговані спостереження у час t (лог-події, аномалії).

Модель також передбачає наявність шуму та непередбачуваних факторів Ξ_t .

Далі розглянемо модель взаємодії команд.

Модель взаємодії команд. У запропонованій моделі Red/Blue/Purple взаємодія формалізована як тензорна динамічна система (1):

$$\mathcal{X}_{t+1} = f(\mathcal{X}_t, \mathcal{A}_t^R, \mathcal{A}_t^B) + \Xi_t, \quad (1)$$

де $\mathcal{X}_t$ – стан активів, $\mathcal{A}_t^R$ та $\mathcal{A}_t^B$ - дії атакуючої та захисної сторін відповідно, а Ξ_t – шум або непередбачувані фактори. Purple-команда представлена параметризованою функцією Φ_θ , яка генерує рекомендації для Blue-команди на основі історії спостережень.

Модель підтримує навчання у режимі змагальної оптимізації (2):

$$\min_{\pi^B, \Phi_\theta} \max_{\pi^R} J(\pi^B, \Phi_\theta; \pi^R), \quad (2)$$

де функція втрат включає метрики ефективності кіберзахисту (TTD, TTR, Cumulative Impact).

Застосування тензорних розкладів (Tucker, CP) дає змогу зменшити обчислювальну складність та зберегти структурні зв'язки між часом, активами та характеристиками.

Практична реалізація передбачає симуляцію протягом 12 тижнів для 200 активів і 10 ознак стану кожного, із застосуванням факторизованих політик π_R , π_B та Purple-рекомендацій Φ_θ . Такий підхід дає змогу досліджувати поведінку кіберзахисту на макрорівні, включаючи економічні аспекти, часову реакцію та надійність аналітичних порад.

Висновки. Розроблена тензорна модель взаємодії команд Red/Blue/Purple формує основу для проведення довготривалих симуляцій пентестингових сценаріїв із урахуванням багатовимірних зв'язків між активами, діями та телеметричними даними. Запропонований підхід поєднує математичну строгість ігрових моделей із гнучкістю методів машинного навчання, що дає змогу аналітично оцінювати результативність стратегій кіберзахисту. Подальші дослідження можуть бути зосереджені на адаптації моделі до реальних SOC-даних та автоматизованому навчанні політик Purple-команди.

Список використаних джерел

1. Тензорна модель представлення критичної інфраструктури [Текст] / Я. Ю. Дорогий, В. В. Цуркан, В. С. Кравчук // Тези доповідей XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології та безпека» (ІТБ-2024). – Київ : Інжиніринг, 2024. – С. 97–100. – DOI: 10.5281/zenodo.14592839.
2. CybORG: A Gym for the Development of Autonomous Cyber Agents [Текст] / M. Standen, M. Lucas, D. Bowman, T. J. Richer, J. Kim, D. Marriott. – arXiv preprint arXiv:2108.09118. – 2021. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2108.09118>.

3. CybORG++: An Enhanced Gym for the Development of Autonomous Cyber Agents [Текст] / H. Emerson, L. Bates, C. Hicks, V. Mavroudis. – arXiv preprint arXiv:2410.16324. – 2024. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2410.16324>.
4. Adversarial Reinforcement Learning in a Cyber Security Simulation [Текст] / R. Elderman, L. J. J. Pater, A. S. Thie, M. M. Drugan, M. A. Wiering // Proceedings of the 9th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART). – 2017. – Режим доступу: <https://surl.li/ahdser>.
5. IDC MarketScape: Worldwide Incident Readiness Services Assessment [Текст] / Secureworks. – Secureworks Report. – 2021. – Режим доступу: <https://surl.li/vqxage>.

ДЯДЕНЧУК А. Ф.,

доцент кафедри вищої математики та фізики,

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
методист закладу позашкільної освіти «Палац дітей та молоді» Бердянської міської ради Запорізької області,
м. Запоріжжя, Україна

РОЗВИТОК ЦИФРОВОЇ ГРАМОТНОСТІ ПЕДАГОГІВ У КОНТЕКСТІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТИ

Анотація. У статті розглядається проблема розвитку цифрової грамотності педагогів у контексті цифровізації освіти. Акцент зроблено на важливості цифрових компетентностей для ефективної професійної діяльності та впровадження освітніх інновацій. Проаналізовано чинники, що впливають на рівень цифрової грамотності, та окреслено напрями її формування, зокрема через програми підвищення кваліфікації, створення професійних спільнот і розвиток цифрового лідерства. Представлено досвід реалізації Школи педагогічної майстерності у закладі позашкільної освіти як ефективної моделі підтримки цифрового зростання педагогів. Підкреслено значення комплексного підходу до формування цифрової культури в освітньому середовищі.

Ключові слова: цифрова грамотність педагогів, позашкільна освіта, школа педагогічної майстерності, цифрове освітнє середовище, професійне зростання, освітні інновації.

Сучасна освіта перебуває в умовах активної цифрової трансформації, яка охоплює всі рівні та форми навчання – від початкової школи до післядипломної підготовки. Від рівня цифрової грамотності педагогічних працівників значною мірою залежить ефективність освітніх реформ, якість освіти та готовність здобувачів освіти до життя в інформаційному суспільстві. Тому проблема розвитку цифрової грамотності педагогів стає одним із пріоритетних напрямів державної освітньої політики.

В Україні реалізуються численні ініціативи, спрямовані на підвищення цифрової компетентності освітян. Серед яких національний проєкт «Дія. Цифрова освіта», сертифікаційні програми Google for Education та Microsoft Educator Center, а також онлайн-курси на платформах Prometheus, Coursera, EdEra. Водночас результати досліджень свідчать про нерівномірний рівень цифрової грамотності серед педагогів, що зумовлено віковими, технологічними, регіональними та організаційними чинниками [1-2]. У літературі цифрова грамотність трактується як здатність ефективно, безпечно та етично використовувати цифрові технології в професійній діяльності, навчанні та комунікації [3-4]. Для сучасного педагога це означає вміння інтегрувати цифрові інструменти в освітній процес, створювати навчальний контент, організовувати дистанційне та змішане навчання, а також формувати цифрову культуру в освітньому середовищі.

Ефективне формування цифрових компетентностей потребує комплексного підходу. Важливим є системне впровадження цифрової освіти у програми підвищення кваліфікації, створення внутрішніх шкільних спільнот цифрових практик, мотивація педагогів до безперервного самонавчання, а також забезпечення технічної та методичної підтримки. Формування позитивного ставлення до цифрових змін базується на усвідомленні їхньої цінності для освітнього процесу, а також на підтримці з боку адміністрації та колег. Освітні установи мають виступати не лише споживачами, а й генераторами цифрових інновацій. Створення цифрового освітнього середовища передбачає не лише технічне оснащення, а й формування культури відкритості до технологічних змін, підтримки педагогічних ініціатив та розвитку цифрового лідерства.

Яскравим прикладом такої ініціативи є діяльність Школи педагогічної майстерності (ШПМ), що функціонує у закладі позашкільної освіти «Палац дітей та молоді» Бердянської міської ради Запорізької області. У 2024-2025 навчальному році нами було реалізовано низку занять, спрямованих на розвиток цифрової грамотності керівників гуртків. Програма охоплювала практичні тренінги з використання онлайн-інструментів (Google Workspace, Canva, Padlet, Clipchamp), майстер-класи зі створення цифрового контенту, тест-драйви інтерактивних форматів, а також заняття з цифрової етики та безпеки. У межах ШПМ педагоги не лише опановували нові технології, а й переосмислювали власну професійну роль у цифровому освітньому середовищі.

Успішна реалізація програми ШПМ засвідчила ефективність такого формату для підвищення цифрової компетентності педагогів закладів позашкільної освіти [5]. У 2025-2026 навчальному році заплановано продовження роботи школи з розширенням тематики занять, зокрема в напрямках використання штучного інтелекту, створення цифрових освітніх продуктів та розвитку цифрового лідерства.

Таким чином, розвиток цифрової грамотності педагогів є не лише відповіддю на сучасні виклики, а й стратегічною умовою забезпечення якості освіти. Формування відповідних компетентностей потребує комплексного підходу – від удосконалення системи підвищення кваліфікації до створення внутрішніх професійних спільнот, таких як школи педагогічної майстерності. Досвід Палацу дітей та молоді засвідчує, що навіть у межах позашкільної освіти можливо реалізувати ефективні моделі цифрового зростання, які поєднують інноваційність, практичну орієнтацію та педагогічну творчість.

Список використаних джерел

1. Державна служба якості освіти України. Моніторинг сформованості інформаційно-цифрової компетентності вчителів ЗЗСО м. Києва (II цикл, 2024/2025 н.р.) [Електронний ресурс]. Київ, 2025. URL: https://sqe.gov.ua/wp-content/uploads/2025/02/11.02.2025_Zvit-Kiiv-Monitoring-Sformovanist-ICK-II-cikl.pdf (дата звернення: 19.10.2025)
2. Моніторинг готовності та потреб вчителів щодо використання цифрових засобів та ІКТ: 2024. Аналітичний звіт/ О.Овчарук, О.Гриценчук, О.Кравчина; за заг.ред. О.Овчарук. Київ : ІЦО НАПН України. 2024. 100 с.
3. U-LEAD with Europe. Цифрова грамотність: що це таке і чому це так важливо? URL: <https://u-lead.org.ua/news/584> (дата звернення: 19.10.2025)
4. Jenkins H. Convergence Culture: Where Old and New Media Collide. New York: New York University Press, 2006. 384 p.
5. Балабан О., Дяденчук А. Інноваційні технології як чинник підвищення цифрової грамотності керівників гуртків закладів позашкільної освіти. Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації: матеріали VI Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (м. Запоріжжя, 28-30 травня 2025 р.) / [ред.колегія: С. В. Кюрчев, В. О. Радкевич, В. М. Кюрчев та ін.]. Запоріжжя : ТДАТУ, 2025. С. 262-267.

ЗАВАЛЬНЮК, Є. К.,

РОМАНЮК, О. Н.,

Вінницький національний технічний університет

КОМБІНУВАННЯ ПРЯМОГО МЕТОДУ ТА МЕТОДУ РЕЙТРЕЙСИНГУ В КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРАФІЦІ

Анотація: у роботі розглянуто особливості комбінування прямого методу та методу рейтрейсингу для високоефективного й високореалістичного формування тривимірних зображень.

Ключові слова: 3D-рендеринг, рейтрейсинг, прямий метод, рендеринг у реальному часі.

Комп'ютерна графіка характеризується достатньо великою кількістю напрямків формування високореалістичних зображень. Два основні напрямки – це прямий метод [1-4] і метод рейтрейсингу (трасування променів) [5-9]. Обидва методи характеризуються власним набором переваг і недоліків. Відповідно, їх комбінування забезпечує формування більш реалістичних зображень, зберігаючи високу продуктивність обчислень. У роботі проаналізовано особливості обох методів, а також перспективи їх комбінованого використання для оптимізації рендерингу 3D-сцен.

Прямий метод рендерингу полягає у простому обчисленні інтенсивності кольору кожного пікселя сцени без урахування складних оптичних ефектів. Інтенсивність кольору пікселя визначається на основі даних про розташування джерела світла, камери, координат точки поверхні, відповідної пікселю. Метод забезпечує швидке формування зображень, однак багато фізичних ефектів не враховуються, що обмежує реалістичність сформованої сцени.

Водночас, рейтрейсинг полягає у відстеженні траєкторій світлових променів, що проходять через сцену. Враховуються явища відбиття, заломлення світла й багато інших ефектів. Рейтрейсинг за рахунок врахування складних фізичних ефектів забезпечує створення високореалістичних зображень. Однак, метод є обчислювально складним. Тому, застосування рейтрейсингу може обмежуватись лише певними елементами сцени, наприклад, для моделювання тіней.

Комбінування прямого методу й рейтрейсингу дозволяє знайти баланс між реалістичністю та продуктивністю 3D-візуалізації. Рейтрейсинг можна використовувати для візуалізації лише частини сцени, де необхідною є фотореалістичність, а решту сцени візуалізувати на основі прямого методу. Це дає можливість значено зменшити час розрахунків. Комбіновані методи рендерингу є актуальними для систем реального часу,

наприклад, комп'ютерних ігор й інтерактивних додатків, де необхідною є швидка візуалізація без суттєвих втрат у якості зображення.

Зокрема, рейтрейсинг є особливо ефективним для моделювання заломлення в прозорих об'єктах, складних тіней, глобального освітлення. Прямий метод доцільно використовувати для візуалізації об'єктів сцени, що не потребують моделювання складних оптичних ефектів. Це дозволяє забезпечити високореалістичну візуалізацію деталей об'єктів сцени, де це дійсно важливо, і одночасно зберегти високу продуктивність рендерингу для решти сцени.

Системи рендерингу, що базуються на поєднанні прямого методу й рейтрейсингу, називаються гібридними [10-12]. У гібридних системах рендерингу можуть додатково застосовуватись алгоритми, що автоматично визначають, для яких частин сцени варто застосовувати рейтрейсинг, а для яких доцільним є прямий метод.

Перспективним є поєднання гібридного рендерингу із методом рендерингу на основі фізичних характеристик матеріалів (PBR). PBR полягає у врахуванні фізичних явищ і параметрів, таких як мікроскопічна нерівність, френелівське відбиття, затінення, при моделюванні взаємодії світла з поверхнею. PBR може застосовуватись разом як і з прямим рендерингом, так і з рейтрейсингом.

Особливо актуальним є завдання інтеграції рейтрейсингу у системи візуалізації, що працюють у реальному часі. Сучасні графічні процесори (GPU) значно розширили можливості застосування рейтрейсингу в системах реального часу, однак комбінування рейтрейсингу з прямим методом залишається ефективним напрямом оптимізації рендерингу.

Загалом, переваги комбінованого використання рейтрейсингу та прямого методу рендерингу є наступними:

1. Швидкість візуалізації – прямий метод є значно швидшим, тому його застосування для окремих ділянок сцени дозволяє суттєво зменшити загальний час рендерингу.
2. Гнучкість візуалізації – комбінування даних методів дозволяє застосовувати складніший рейтрейсинг лише для тих ділянок сцени, де це є необхідним.
3. Реалістичність візуалізації – застосування рейтрейсингу лише для моделювання складних оптичних ефектів забезпечує високу якість зображення без значних втрат у швидкості візуалізації.

Однак, комбіноване використання даних методів характеризується деякими недоліками. Основний недолік – це складність реалізації. Необхідним є створення ефективних алгоритмів гібридного рендерингу, що б оптимізували час візуалізації, не втрачаючи якості візуалізації. Окрім того, рейтрейсинг у реальному часі залишається ресурсоемним, потребує потужного апаратного забезпечення. Це може стати обмеженням для деяких платформ.

У майбутньому очікується подальше вдосконалення методів гібридного рендерингу для підвищення реалістичності візуалізації при збереженні високої швидкості формування зображень. Розвитку алгоритмів гібридного рендерингу сприяє постійне покращення апаратних засобів. Відповідно, комбіновані методи рендерингу є перспективними для застосування у багатьох галузях, від ігор до кіноіндустрії.

Отже, комбіноване використання рейтрейсингу й прямого методу рендерингу забезпечує високореалістичне й високопродуктивне формування зображень, що досягається застосуванням складних алгоритмів візуалізації лише до відповідних елементів сцени.

Список використаних джерел

- [1] M. Pharr, W. Jakob, and G. Humphreys, Physically Based Rendering. Fourth edition. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2023.
- [2] S. Marschner, and P. Shirley, Fundamentals of Computer Graphics. Fourth edition. Boca Raton, FL, USA: A K Peters / CRC Press, 2016.
- [3] T. Akenine-Möller, E. Haines, N. Hoffman, A. Pesce, M. Iwanicki, and S. Hillaire, Real-Time Rendering. Fourth edition. Boca Raton, FL, USA: A K Peters / CRC Press, 2018.
- [4] О. Н. Романюк, О. В. Романюк, та Р. Ю. Чехмestрук, Комп'ютерна графіка. Вінниця: ВНТУ, 2023.
- [5] О. Н. Романюк, Є. К. Завальнюк, О. Ю. Безсмертний, С. В. Котлик, та Р. П. Шевчук, "Використання гібридного рендерингу при формуванні тривимірних графічних сцен", у Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація–2024», листопад 2024, с. 834–836.
- [6] O. Y. Stakhov, O. N. Romanyuk, and Y. K. Zavalniuk, "Combined usage of Phong shading and ray tracing", in Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Global Trends in the Development of Information Technology and Science», June 2025, pp. 145–150.

- [7] T. L. Sabino, P. Andrade, E. W. G. Clua, A. Montenegro, and P. Pagliosa, “A Hybrid GPU Rasterized and Ray Traced Rendering Pipeline for Real Time Rendering of Per Pixel Effects”, in 11th International Conference on Entertainment Computing (ICEC), September 2012, pp. 292–305.
- [8] P. Shirley, Ray Tracing in One Weekend. 2018. [Online]. Available: <https://www.realtimerendering.com/raytracing/Ray%20Tracing%20in%20a%20Weekend.pdf>.
- [9] P. Shirley, Ray Tracing: The Next Week. 2018. [Online]. Available: https://www.realtimerendering.com/raytracing/Ray%20Tracing_%20The%20Next%20Week.pdf.
- [10] P. Shirley, Ray Tracing: The Rest of Your Life. 2018. [Online]. Available: https://www.realtimerendering.com/raytracing/Ray%20Tracing_%20the%20Rest%20of%20Your%20Life.pdf.
- [11] О. Н. Романюк, та Є. К. Завальнюк, “Метод зворотного трасування променів”, у Матеріали V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації», травень 2024, с. 119–124.
- [12] O. Romanyuk, “Ray tracing methods for forming three-dimensional graphic images,” in Modern Aspects of Science and Education, Sherman Oaks, CA, USA: GS Publishing Services, 2025, pp. 9–30.

ЗАХАРЧУК М. Д.,

РОМАНЮК О.Н.

Вінницький національний технічний університет

ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У СИСТЕМАХ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Анотація. Проаналізовано основні етапи формування тривимірних зображень у системах комп'ютерної графіки. Розглянуто особливості рендерингу, взаємодії світла з поверхнями та механізми формування фотореалістичних сцен у графічних конвеєрах.

Ключові слова: тривимірна графіка, рендеринг, геометричні перетворення, освітлення, текстурівання, графічний конвеєр, фотореалістичність.

Формування тривимірних зображень у системах комп'ютерної графіки є комплексним процесом, який поєднує математичні, фізичні та алгоритмічні принципи для побудови візуально реалістичних сцен. Основою цього процесу є тривимірне моделювання, процедури рендерингу та обробка освітлення і текстур, що у сукупності формують кінцеве зображення на площині екрана. На концептуальному рівні мета формування тривимірного зображення полягає у побудові візуальної репрезентації об'єктів, які мають геометричну структуру у тривимірному просторі, через проєкцію на двовимірну площину з урахуванням фізичних характеристик середовища та властивостей матеріалів [1].

У загальному випадку тривимірну сцену можна задати як набір окремих груп елементів: тривимірних об'єктів, джерел освітлення, текстурних карт, камер. У більшості випадків для тривимірного об'єкта задають координати вершин трикутників у просторі сцени та локальні координати в просторі текстури.

Мета дослідження – визначення основних етапів та процесів формування тривимірних зображень.

Текстурою називають дво- або тривимірне зображення, що імітує зорове сприйняття людиною властивостей різних поверхонь. На полігон можна накладати декілька текстур, змішуючи їх різними способами, для того, щоб моделювати зоровий образ потрібного матеріалу.

Першим етапом є геометричне моделювання, яке описує просторову форму об'єктів за допомогою математичних моделей. Найпоширенішими представленнями є многокутникові сітки, зокрема трикутні, які забезпечують компактність, універсальність і зручність обчислень у графічному конвеєрі. Кожен об'єкт сцени визначається набором вершин, ребер і граней, а його геометрія описується у світовій системі координат. Для створення складних поверхонь застосовують параметричні та процедурні моделі, наприклад, поверхні Безьє або NURBS, що дозволяють більш точно описати криволінійні контури.

Наступним етапом є декомпозиція – перетворення координат, що включає послідовність лінійних операцій, які переводять геометричні дані з моделі об'єкта у координати екрана. Цей процес охоплює модельне (Model), світове (World), видове (View) та проєкційне (Projection) перетворення. Модельне перетворення виконує позиціонування об'єкта у світовій системі координат шляхом множення векторів вершин на матрицю трансформації.

Світове перетворення узгоджує положення всіх об'єктів сцени у спільній системі координат, що дозволяє враховувати їх взаємне розташування. Далі застосовується видовий перехід, який визначається положенням і орієнтацією камери в сцені. Його матриця M_{view} утворюється на основі базисних векторів огляду: напрямку

погляду $\vec{n}$, вектора "вгору" $\vec{v}$ і вектора "вправо" $\vec{u}$, e – позиції спостерігача у світовій системі координат, що утворюють ортонормований базис спостереження:

$$M_{view} = \begin{bmatrix} u_x & u_y & u_z & -u \cdot e \\ v_x & v_y & v_z & -v \cdot e \\ n_x & n_y & n_z & -n \cdot e \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Проекційне перетворення формує відповідність між тривимірною сценою та двовимірною площиною екрана. Для створення реалістичного зображення застосовується перспективна проекція, яка враховує ефект зменшення об'єктів із віддаленням. У цьому випадку координати пікселя визначаються співвідношенням:

$$x_1 = \frac{x \cdot f}{z}; y_1 = \frac{y \cdot f}{z},$$

де f – фокусна відстань віртуальної камери, z – глибина точки.

Ця формула описує проекційне скорочення, що є базою для формування перспективної глибини сцени. Після проєкції виконується процес растеризації, який переводить геометричні примітиви (трикутники) у піксельне представлення. На цьому етапі визначаються пікселі, які потрапляють у межі трикутника, а також обчислюються їхні атрибути – колір, нормалі, координати текстур тощо. Для інтерполяції параметрів усередині трикутника використовується барицентричне представлення, що забезпечує рівномірний розподіл атрибутів:

$$P = \alpha P_1 + \beta P_2 + \gamma P_3, \quad \text{де } \alpha + \beta + \gamma = 1$$

Цей підхід дозволяє точно визначати положення будь-якої точки усередині трикутника та обчислювати пов'язані з нею параметри текстурування.

Таким чином, перша стадія формування тривимірного зображення – геометричне та координатне перетворення об'єктів – створює фундамент для подальшої обробки текстур, освітлення та шейдингу. Вона визначає, як просторові властивості сцени переносяться на площину екрана, забезпечуючи узгодженість геометрії та спостереження [2].

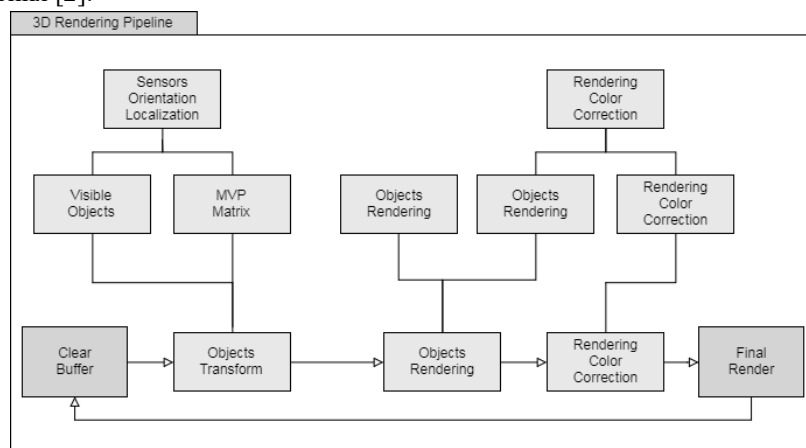


Рисунок 1 – Схема графічного конвеєра

(1.3)

У ході формування полігонів визначається видимість об'єктів з позиції спостерігача. Полігони, що знаходяться ближче до камери, можуть загородити більш віддалені полігони. Для зберігання інформації про ступінь віддаленості об'єкта від площини проєктування використовують спеціальний буфер глибини (Z-буфер). Сучасні графічні процесори застосовують різні механізми відсікання невидимих полігонів на ранніх етапах 3D-конвеєра для, щоб вилучити зайві операції. Дані буфера глибини обробляються спеціалізованими блоками графічного процесора. В результаті, на виході блоку геометричних перетворень отримують проєкцію тривимірної сцени на площину візуалізації. Координати та вихідний колір видимих пікселів передаються до текстурного конвеєра, який виконує функції вибірки, фільтрації та накладання текстур.

Після виконання етапів геометричного моделювання та координатних перетворень ключову роль у формуванні тривимірного зображення відіграє модель освітлення. Саме вона визначає, як світлові промені взаємодіють із поверхнями об'єктів сцени, утворюючи тіні, відблиски та градієнти освітленості, що забезпечують сприйняття глибини та матеріальності. Основна мета моделей освітлення — розрахунок інтенсивності кольору пікселя залежно від властивостей матеріалу поверхні, напрямів світла та положення спостерігача [3].

У класичному підході освітлення описується рівнянням, яке базується на моделі відбиття Фонга. Вона визначає сумарну яскравість пікселя як комбінацію трьох складових – дифузної, дзеркальної та фоновой:

$$I = I_a k_a + I_d k_d (N \cdot L) + I_s k_s (R \cdot V)^n,$$

де I_a, I_d, I_s – інтенсивності навколишнього, дифузного та дзеркального освітлення відповідно; k – коефіцієнти відбиття матеріалу; N – нормаль до поверхні; L – напрямок на джерело світла; R – вектор відбитого променя; V – напрямок до спостерігача; n – показник блиску.

Це рівняння відображає один із ключових фізичних принципів – закон Ламберта, який визначає, що інтенсивність розсіяного світла пропорційна косинусу кута між нормаллю поверхні та напрямком світла. Таким чином, поверхні, орієнтовані перпендикулярно до джерела світла, виглядають яскравішими, а ті, що повернуті під гострим кутом, — темнішими, що забезпечує природну градацію освітлення.

Однак у класичних моделях, таких як Фонг чи Блінн-Фонг, не враховується складна взаємодія між вектором спостерігача, нормаллю та напрямком освітлення в умовах мікрорельєфу поверхні. Унаслідок цього виникають візуальні артефакти, особливо у випадку складних геометричних деталей або високочастотних текстур.

Для підвищення фотореалістичності обчислюється також глобальне освітлення, яке враховує непряме розсіювання світла між об'єктами. Це дозволяє відтворювати м'які тіні, кольорні відбиття та ефекти навколишнього освітлення. Методи трасування променів або радіосіті дозволяють точно симулювати такі явища, проте вимагають значних обчислювальних ресурсів.

Таким чином, на другому етапі формування тривимірного зображення визначається інтенсивність і колір кожного пікселя на основі моделей освітлення, що враховують взаємодію між поверхнею, світлом і спостерігачем. Цей процес є основою для створення правдоподібного вигляду об'єктів і забезпечує базу для подальшого застосування методів текстуровання.

Заключним етапом процесу формування тривимірного зображення у системах комп'ютерної графіки є етап рендерингу – обчислювально найскладніша стадія, яка відповідає за перетворення тривимірної сцени у двовимірне зображення на екрані. Цей етап поєднує результати всіх попередніх обчислень — геометричних, освітлювальних і текстурних у єдиний графічний кадр, що сприймається користувачем як реалістичне відтворення сцени. У сучасних системах рендеринг реалізується за допомогою графічних конвеєрів (graphics pipeline), які працюють у режимі реального часу та здійснюють послідовну обробку кожного полігона, вершини та пікселя.

Графічний конвеєр можна представити як багатоступеневу систему, у якій дані послідовно проходять через вершинну обробку, растеризацію, фрагментну обробку та постобробку. На етапі вершинної обробки виконується трансформація координат об'єктів із локального простору у світовий, а потім у простір камери за допомогою матриць перетворень. Для кожної вершини розраховується її положення у проекційному просторі.

Саме цей етап забезпечує правильне відображення глибини, перспективи та розташування об'єктів у тривимірному просторі. Наступним етапом є растеризація – процес перетворення векторних примітивів (трикутників, ліній) у пікселі двовимірного зображення. Для кожного пікселя визначаються його колір, текстурні координати та глибина, які зберігаються у буфері глибини. У процесі растеризації використовуються методи інтерполяції атрибутів між вершинами трикутників, зокрема лінійна інтерполяція у просторі екрана або перспективно-коректна інтерполяція у просторі текстурних координат.

Після растеризації обробка переходить до фрагментного шейдера – етапу, де визначається остаточний колір кожного пікселя з урахуванням освітлення, текстур і матеріальних властивостей. Саме тут реалізуються моделі відбиття, накладання текстур, рельєфне текстуровання, розрахунок тіней та ефектів прозорості. Наприклад, у випадку parallax mapping координати текстури зміщуються відповідно до кута огляду спостерігача, що створює ілюзію глибини мікрорельєфу без зміни геометрії об'єкта. Обчислення кольору фрагмента визначається з урахуванням освітлення.

У фінальній стадії – постобробці – до сформованого зображення можуть застосовуватися додаткові ефекти: розмиття, корекція кольору, глибина різкості, глобальне освітлення тощо. Ці методи дозволяють досягти більшої природності сприйняття сцени та підкреслити візуальні акценти.

Важливим компонентом кінцевої стадії є композиція зображення, де результати з різних буферів (кольорового, глибини, нормалей, світла) об'єднуються у фінальний кадр. Завдяки цьому формується остаточна візуальна сцена з коректним відтворенням геометрії, освітлення, тіней і рельєфу.

Таким чином, процес формування тривимірного зображення є комплексом взаємопов'язаних етапів, що включають моделювання геометрії, освітлення, текстуровання та рендеринг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Романюк О. Н., Захарчук М. Д., Новосельцев О. О. Аналіз програмного забезпечення для текстування. Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025), м. Вінниця, 15—16 червня 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025.
2. Романюк О.Н., Станіславенко Є.Г., Новосельцев О.О., Захарчук М.Д. Використання parallax mapping для формування зображень. Інформаційні технології і автоматизація – 2024 / Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції. Одеса, 31 жовтня - 1 листопада 2024 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2024 р. – С.843-846
3. Zakharchyk M. Improving the level of detailing in the formation of realistic three-dimensional scenes / M. Zakharchyk // Black Sea Science 2022 : proc. of the Intern. Competition of Student Scientific Works / Odesa National University of Technology ; eds. B. Yegorov, M. Mardar [et al.]. – Odessa : ONUT, 2022. – P. 383–398 : fig. – Ref.: 13 tit.

ЗДИТОВЕЦЬКИЙ Д.В.,
РАТУШНЯК Т.В.

Державний Податковий Університет

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БЕЗПЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ В ЛОКАЛЬНІЙ ТА ІНТЕРНЕТ МЕРЕЖІ

Анотація: У роботі представлено програмний комплекс для керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА), орієнтований на роботу в умовах нестабільних каналів зв'язку та змінних технічних конфігурацій. Система забезпечує підтримку багатоканальних відеопотоків, гнучку роботу з мережевими інтерфейсами, модульну структуру та кросплатформені збірки, що не потребують встановлення додаткового програмного забезпечення. Розробка спрямована на підвищення ефективності та надійності роботи операторів БПЛА шляхом спрощення налаштувань, автоматизації обробки потоків і забезпечення швидкого розгортання в польових умовах.

Ключові слова: керування БПЛА, відеопотоки, телеметрія, мережеві протоколи, кросплатформеність, портативний застосунок, польова експлуатація.

Актуальність проекту. Сучасна сфера використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) стрімко розвивається, і потреба в гнучких, доступних та адаптивних системах керування росте швидше, ніж виробники встигають пропонувати рішення. Особливо гостро ця проблема проявляється у військовому та спеціалізованому цивільному застосуванні, де нестабільний зв'язок, нестандартні конфігурації техніки та відсутність уніфікованих програмних комплексів створюють реальні обмеження в роботі операторів. Запропонований програмний комплекс покликаний закрити цей розрив між реальними польовими потребами і тим, що зазвичай пропонують комерційні системи управління дронами. Його актуальність зумовлена кількома ключовими факторами.

1. Актуальність в умовах сучасних загроз та бойових завдань.

Ефективність роботи екіпажів БПЛА напряму залежить від зручності та надійності інструментів, якими вони користуються. У складних операційних умовах немає часу та можливості налаштовувати складні, дорогі чи прив'язані до конкретних моделей обладнання системи. Потрібен універсальний інструмент, який працюватиме з різними камерами, різними каналами зв'язку, різними маршрутизаторами і мережею будь-якого рівня стабільності.

Система орієнтована саме на такі умови: швидкий старт роботи, мінімум залежностей, можливість використання на ноутбучі чи навіть компактному польовому міні-ПК. Це підвищує виживаність екіпажу і дозволяє переносити пункт керування ближче або далі залежно від задачі.

2. Гнучкість і адаптивність для різних конфігурацій техніки.

У практиці застосування БПЛА майже не буває двох однакових конфігурацій. Тут інший роутер, там інша камера, десь RTSP, десь JPEG-over-UDP, десь нестандартна телеметрія. Більшість існуючих рішень або вимагають довгих налаштувань, або не дозволяють швидко комбінувати кілька потоків відео, або мають жорсткі обмеження щодо пристроїв.

Проект вирішує такі проблеми за рахунок:

- підтримки кількох видів відеотрансляцій,
- можливості одночасного використання основного та допоміжного потоків (наприклад, режим нічного бачення),
- універсальної роботи з UDP, RTSP та іншими типами трафіку,

- автоматичного визначення наявності потоку,
- кастомізованих сценаріїв роботи залежно від режиму зв'язку.

Така адаптивність дає змогу створювати конфігурації “під себе” без переписування програми.

3. Кросплатформеність і висока портативність.

Окремою перевагою є незалежність від конкретної операційної системи чи встановленого середовища.

Програмний комплекс поставляється у вигляді портативних збірок, які:

- не потребують інсталяції Python,
- не потребують встановлення GStreamer,
- не вимагають адміністраторських прав,
- можуть запускатись прямо з флешки,
- не залишають слідів у системі.

Це робить інструмент зручним у польових умовах та дає можливість швидко розгортати його на нових робочих місцях.

4. Зручність для оператора та зниження навантаження на екіпаж.

Робота оператора БПЛА у стресових умовах вимагає максимальної концентрації на ситуації в повітрі, а не на технічних налаштуваннях обладнання. Будь-які зайві дії, що змушують переключатися між інтерфейсами, вручну вводити параметри або перезапускати потоки, збільшують ризик помилок та втрати управління апаратом. Саме тому одним із ключових напрямків розробки стало створення інтерфейсу, який дозволяє оператору працювати інтуїтивно, без постійного залучення технічних знань і без необхідності виконувати рутинні дії.

Система створює умови, за яких оператор взаємодіє лише з найнеобхіднішими елементами, а вся технічна логіка залишається «під капотом» і працює автоматично. Це зменшує когнітивне навантаження та підвищує ефективність виконання завдань. У системі реалізовано:

- збереження конфігурацій для кожного локального користувача,
- окремі профілі підключення (локальний та мережевий),
- автоматичні підказки та заповнення налаштувань,
- швидке перемикання потоків без втрати керування,
- відображення стану зв'язку, телеметрії, FPS та бітрейту,
- стабільний перезапуск відеопотоків із мінімальною затримкою.

Завдяки цьому оператор може повністю зосередитися на управлінні польотом та прийнятті рішень, не відволікаючись на технічні нюанси.

5. Масштабованість і можливості подальшого розвитку.

Технологічний прогрес у сфері БПЛА відбувається настільки швидко, що будь-який програмний інструмент має бути здатним еволюціонувати разом із потребами користувачів. Саме тому архітектура системи створена модульною та розширюваною. Кожен компонент може модернізуватися незалежно, без необхідності переписувати всю програму. Це особливо важливо для інтеграції нових типів камер, оновлених протоколів телеметрії або додаткових каналів відео.

Побудова системи з розрахунком на тривалу експлуатацію забезпечує гнучкість і дозволяє впроваджувати новий функціонал без втручання в критичні частини застосунку. Завдяки цьому він може адаптуватися до появи нових сценаріїв використання та технологічних новацій. Серед потенційних напрямків розвитку:

- інтеграція з додатковими типами камер та сенсорів,
- покращена обробка нічного бачення,
- нові протоколи телеметрії та зв'язку,
- автоматична стабілізація та корекція відео,
- аналітичні модулі для розпізнавання об'єктів,
- підтримка зовнішніх наземних станцій,
- можливість підключення кількох БПЛА одночасно.

Таким чином, проєкт має міцний фундамент для довгострокового розвитку та масштабування у різних середовищах.

6. Орієнтація на реальні польові потреби, а не лабораторну теорію.

Багато існуючих програмних рішень створюються у комфортних умовах лабораторій, де немає перешкод у мережі, де ідеальний зв'язок, стабільне живлення та стандартизоване обладнання. Але у реальному використанні оператори зіштовхуються з постійними збоями, втратами пакетів, перезавантаженням камер,

обривами каналів, перемиканням між різними мережами та VPN-тунелями. Саме ці умови стають справжнім випробуванням для ПЗ, яке не має стійкої архітектури. Тому при створенні системи ключовим принципом була "польова стійкість": здатність працювати стабільно в умовах, де більшість програм просто відмовляються функціонувати. Логіка програми побудована так, щоб адаптуватися до змін, а не ламатися від них, забезпечуючи оператору безперервність роботи навіть за несприятливих обставин. Під час розробки враховано:

- втрати пакетів та нерівномірність трафіку,
- джиттер UDP-каналів,
- вимкнення та перезапуск камери без попередження,
- нестабільність польових маршрутизаторів,
- різні схеми маршрутизації між пристроями,
- використання Tailscale та інших VPN-рішень,
- затримки та «просідання» тунелів.

7. Потреба в доступному комплексі для команд з обмеженим бюджетом.

Професійні ґрунтовні станції та ПЗ коштують дорого. У багатьох команд їх просто немає. Низька ціна входу та можливість використання будь-якого доступного заліза (навіть з ринку вживаних ноутбуків) роблять комплекс важливим саме в ресурсно обмежених середовищах. Це дозволяє зменшити бар'єр доступу до якісного керування БПЛА.

Висовки. Створений програмний комплекс є актуальним завдяки своїй практичній орієнтованості, універсальності, стійкості до реальних умов, низькому порогу входу, можливості адаптації під різні конфігурації та далекосяжним перспективам розвитку. Він відповідає сучасним викликам та формує технологічний фундамент для ефективнішої роботи операторів безпілотних систем.

Список використаних джерел

1. Application Development Manual. URL: <https://gstreamer.freedesktop.org/documentation/application-development/>
2. Chiumento Alessandro & Pollin S. Ultra-Reliable IEEE 802.11 for UAV Video Streaming: From Network to Application, 2017. DOI:10.1007/978-981-10-1627-1_50.
3. Hassanalian M., Abdelkefi A. Classifications, applications, and design challenges of drones: A review // Progress in Aerospace Sciences, Volume 91, 2017, Pages 99-131. URL: <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2017.04.003> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376042116301348>)
4. Information on RFC 3550-RFC Editor. URL: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc3550>
5. War Books: Drone Warfare - Modern War Institute. URL: <https://mwi.westpoint.edu/war-books-drone-warfare/>

ІВАНОВ Р.А.,
РЕЙДА О.М.
ВНТУ

АРХІТЕКТУРНА МОДЕЛЬ ГНУЧКОГО РОЗГОРТАННЯ МУЛЬТИКРАЇНОВИХ Е-COMMERCE РІШЕНЬ НА БАЗІ SALESFORCE COMMERCE CLOUD

Анотація: У роботі розглянуто підходи до побудови масштабованої архітектури storefront-рішень у системі Salesforce Commerce Cloud (SFCC) з урахуванням потреб швидкого запуску мультикраїнових сайтів в межах одного бренду. Запропоновано cartridge-модель з розмежовуванням логіки на рівні base, core та country-specific компонентів. Наведено переваги застосування принципів SRP та DRY для побудови стійкої архітектури.

Ключові слова: SFCC, Salesforce Commerce Cloud, storefront, SRP, cartridge, мультиканальність, e-commerce, архітектура, локалізація.

У сучасних умовах цифрової трансформації бізнесу електронна комерція виступає ключовим інструментом забезпечення глобальної присутності компаній на ринку. Зростання кількості ринків, мовних локалізацій та брендів потребує від цифрових платформ високої гнучкості, масштабованості та повторного використання архітектурних рішень. Однією з провідних платформ у сегменті B2C e-commerce є Salesforce Commerce Cloud (SFCC), яка забезпечує комплексне середовище для реалізації інтегрованих web-рішень із використанням моделі Storefront Reference Architecture (SFRA) [1].

Типова реалізація архітектури SFRA, незважаючи на її модульність, виявляє низку архітектурних обмежень при масштабуванні на мультикраїнові сценарії. Зокрема, у випадках розгортання декількох storefront-сайтів в межах одного бренду виникає потреба в ізоляції країнозалежної логіки (форми, мови, платіжні шлюзи,

податкові модулі), одночасно забезпечуючи спільне ядро логіки для бренду. Дублювання компонентів, порушення принципів інкапсуляції та складність CI/CD процесів є типовими наслідками відсутності чіткого розподілу відповідальності між логічними рівнями [2,3].

Запропонована в роботі архітектурна модель передбачає впровадження чотиришарової cartridge-структури, яка дозволяє чітко розмежувати відповідальність між базовим функціоналом (base), спільною логікою для бренду (core_common), специфікою бренду (core_brand) та країнозалежними реалізаціями (country_xx). Такий підхід сприяє впровадженню принципу єдиної відповідальності (SRP), інкапсуляції, зменшенню технічного боргу та підвищенню гнучкості масштабування (рис. 1).

Контролери зберігають лише маршрутизаційну логіку та виклик сервісів. Складна бізнес-логіка реалізується в сервісах, хелперах, моделях та middleware-компонентах. Інтеграція з платіжними провайдерами (наприклад, LiqPay, PayU) та сервісами OTP (Twilio, TurboSMS) реалізується у вигляді окремих cartridge з підключенням до основного флоу через хуки, middleware або інтерфейсні точки контролерів.

Окрему роль у гнучкості архітектури відіграють моделі для обробки API-об'єктів, зокрема у випадках взаємодії з хмарними сервісами Salesforce (SF OMS, SFMC, SFSC). Це дозволяє формувати уніфікований підхід до роботи з даними, забезпечуючи зручну інтеграцію на рівні сервісної взаємодії між модулями.

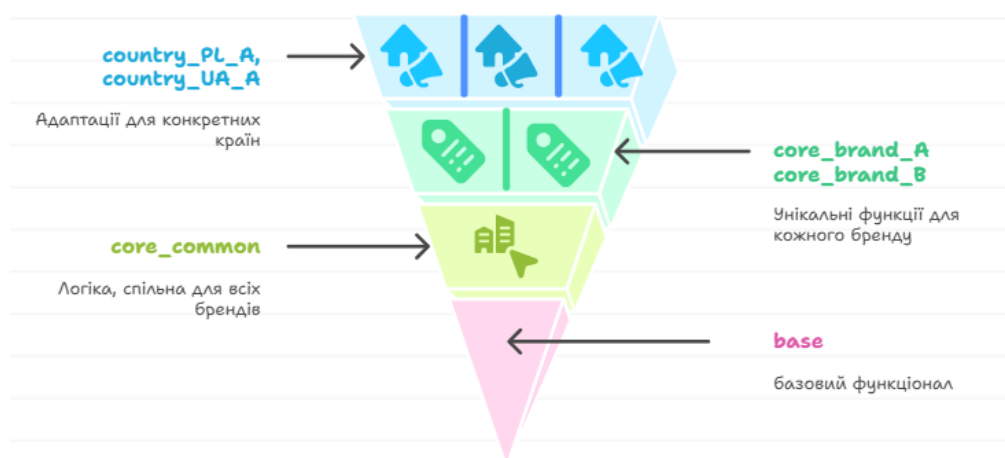


Рисунок 1 – Архітектурна модель картриджів

Успішне впровадження описаного архітектурного підходу було реалізовано у комерційному рішенні, де структура cartridge охоплювала як базові (app_storefront_core, app_storefront_base), так і спеціалізовані плагіни (plugin_checkout, plugin_sitemap, plugin_passwordlesslogin, plugin_slas_lite) та інтеграційні cartridge (int_payten, int_service_cloud, int_marketing_cloud, int_abandonedcart, int_posta_guvercini). Така ієрархія дозволила забезпечити незалежність окремих бізнес-функцій, централізовану інтеграцію з хмарними сервісами Salesforce, а також швидке масштабування функціоналу завдяки cartridge app_custom_tr, призначеному для локальної адаптації під специфіку країни запуску.

Результуючий cartridge path: plugin_dis:int_abandonedcart:app_custom_tr:plugin_checkout:plugin_passwordlesslogin:plugin_slas_lite:int_payten:app_storefront_core:app_storefront_base:modules:int_service_cloud:int_marketing_cloud:bm_app_storefront_base:int_posta_guvercini:plugin_sitemap:bc_job_components:plugin_oca pi.

Результатом впровадження зазначеної моделі є суттєве спрощення процесу локалізації, підтримка мультимовності, ізоляція конфігурацій, а також зменшення часу запуску нових ринків. Архітектура підтримує єдину кодову базу, централізовану систему CI/CD та дає змогу організувати роботу декількох команд розробників без порушення цілісності системи.

Список використаних джерел

1. Salesforce Developers. SFRA Features and Components [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developer.salesforce.com/docs/commerce/sfra/guide/b2c-sfra-features-and-comps.html>
2. Salesforce Developers. Site Performance. Follow Best Practices. B2C Commerce [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developer.salesforce.com/docs/commerce/b2c-commerce/guide/b2c-site-performance.html>
3. DEPT Agency. What is SFRA? Storefront Reference Architecture [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.deptagency.com/insight/what-is-sfra-storefront-reference-architecture/>

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ ЄДИНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ (SRP) ПРИ ПОБУДОВІ МОДУЛЬНОЇ АРХІТЕКТУРИ STOREFRONT-ПРОЄКТІВ НА SFCC

Анотація: У роботі розглядається застосування принципу єдиної відповідальності (SRP) при побудові модульної архітектури storefront-проектів на платформі Salesforce Commerce Cloud. Розподіл логіки між контролерами, сервісами, хелперами та моделями дозволяє забезпечити високий рівень підтримуваності, гнучкості та масштабованості електронних комерційних рішень. Описано типову структуру SFRA-проекту з урахуванням SRP-принципу та наведено приклади практичного застосування модулів.

Abstract: The article examines the application of the Single Responsibility Principle (SRP) in designing modular architectures for storefront projects on the Salesforce Commerce Cloud platform. The separation of concerns between controllers, services, helpers, and models ensures a high level of maintainability, flexibility, and scalability of e-commerce solutions. The typical structure of an SFRA-based project is described with a focus on SRP-compliance, and examples of practical module implementation are provided.

Ключові слова: SFCC, Salesforce Commerce Cloud, storefront, SRP, модульність, хелпери, сервіси, масштабування.

Keywords: SFCC, Salesforce Commerce Cloud, storefront, SRP, modularity, helpers, services, scalability.

Застосування принципу єдиної відповідальності (SRP) є критично важливим у контексті створення масштабованих storefront-проектів для електронної комерції. Платформа Salesforce Commerce Cloud (SFCC) надає потужну архітектуру SFRA, проте навіть у її базовій реалізації спостерігаються випадки порушення SRP, які можуть ускладнити розвиток рішень.[1]. Під час розробки проектів розробникам доводиться витрачати час на переобку та покращення уже запропонованих рішень.

Принцип єдиної відповідальності (SRP) та принцип «Не повторюй себе» (DRY) належать до фундаментальних положень сучасної архітектури програмного забезпечення. Відповідно до SRP, кожен програмний модуль повинен мати лише одну чітко визначену причину для змін, тобто реалізовувати лише одну функціональну задачу або обслуговувати один напрямок логіки. У свою чергу, принцип DRY передбачає, що кожна одиниця знань у системі має бути представлена лише один раз у єдиному, недвозначному та авторитетному вигляді. Дотримання цих принципів сприяє побудові модульної, прозорої архітектури, спрощує супровід, знижує ризик помилок та підвищує стабільність програмного забезпечення у довгостроковій перспективі. [2].

Одним з найбільш показових прикладів «недопрацювань» у `cartridge app_storefront_base` є контролер `Account.js`. У ньому спостерігається сильне перевантаження та перемішування: в одному файлі реалізовано логіку перевірки введених даних, обробки реєстрації, взаємодії з API (`CustomerMgr`, `Transaction`), формування моделей (`accountModel`) та рендеринг сторінок. [3]. Це порушує SRP, оскільки контролер не має єдиної відповідальності, а виконує одразу декілька функцій. Така структура ускладнює супровід, повторне використання логіки в інших частинах системи, унеможливорює ефективне тестування та інтеграцію з іншими модулями.

Ще одна системна проблема — перетин відповідальностей між хелперами та моделями. Наприклад, функції формування об'єктів акаунтів (`getAccountModel`) каталог `models/`, де розмішуватимуться логічно ізольовані `ViewModels` (`CustomerModel`, `OrderModel`), що служать «адаптерами» між API-даними та шаблонами storefront, часто зберігаються у хелперах, хоча мали б бути частиною модельного шару. Доцільно виділити. Також відзначається дублювання логіки в контролерах `Account.js`, `Login.js`, `CheckoutServices.js`, де вручну повторюються перевірки аутентифікації, прав доступу та даних доставки. Це порушення DRY і SRP можна усунути, винісши логіку у `middleware` (наприклад, `authRedirect`, `checkCustomerGroup`) або централізовані сервіси.

Для забезпечення чистої архітектури та дотримання принципу єдиної відповідальності (SRP), кожен компонент проекту повинен мати чітко визначену зону відповідальності:

- контролери відповідають виключно за обробку HTTP-запитів, виклик `middleware` та делегування логіки у сервіси, не містячи бізнес-логіки чи викликів API;
- `middleware` реалізують попередню обробку: автентифікацію, валідацію параметрів та встановлення контексту (наприклад, мови або бренду), також можуть бути використані для розгалуження потоків;
- сервіси інкапсулюють взаємодію з внутрішніми та зовнішніми API (CRM, платіжні шлюзи, OMS тощо);
- хелпери містять утилітарні функції, наприклад, форматування цін або перевірку даних, складну бізнес логіку;

- моделі (ViewModels) відповідають за перетворення об'єктів SFCC (наприклад, Customer, Order, Basket) у чисті JSON-структури для подальшого рендерингу у шаблонах. Це дозволяє відокремити логіку візуального представлення від джерела даних;
- hooks реалізують механізми розширення поведінки без модифікації ядра: вони забезпечують можливість перевизначення функціоналу, наприклад, при обробці платежів або зміні поведінки при логіні користувача;
- шаблони підтримують DOM структуру та відповідають суто за відображення у поавильному порядку необхідної інформації.

Візуалізація такого розподілу відповідальності наведена на рисунку 1.

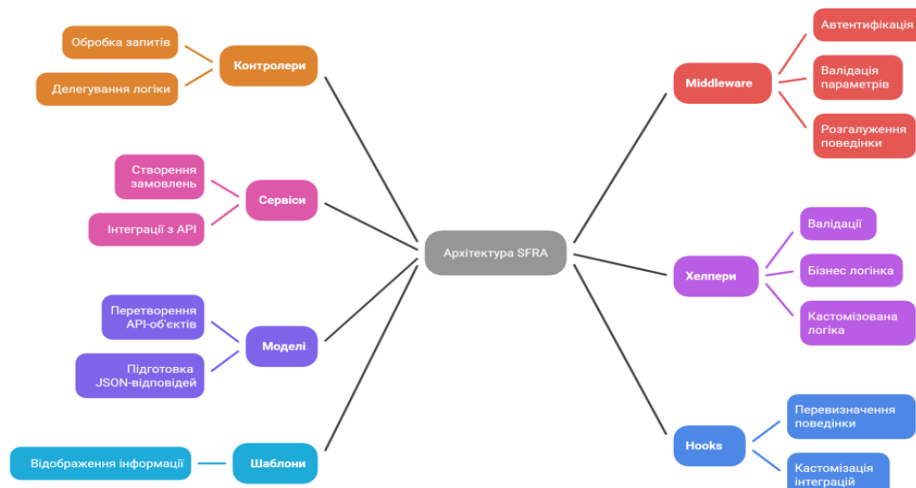


Рисунок 1 – Розподіл відповідальності.

Аналіз архітектури проєктів на базі Salesforce Commerce Cloud (зокрема, cartridge app_storefront_base) виявив низку типових порушень принципу єдиної відповідальності (SRP), що ускладнюють масштабування, повторне використання компонентів, а також інтеграцію в сучасні CI/CD-пайплайни. Для подолання цих обмежень було запропоновано структурний підхід до розподілу логіки між контролерами, middleware, сервісами, хелперами, моделями та хуками. Такий підхід дозволяє кожному модулю системи виконувати чітко визначену функцію, підвищуючи прозорість, тестованість та адаптивність архітектури.

Запропонована модель модульного поділу відповідальностей, а також конкретні рекомендації щодо рефакторингу (винесення логіки в сервіси, обгортка API в моделі, централізація перевірок у middleware тощо), формують узгоджену архітектурну основу, яку можна застосовувати в реальних e-commerce рішеннях. Це особливо актуально для мультиканальних та мультибрендових проєктів, де підтримка гнучкості та повторного використання рішень відіграє ключову роль для швидкого розгортання нових регіонів або адаптації до локальних ринків.

Список використаних джерел

1. Salesforce Developers. SFRA Features and Components [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developer.salesforce.com/docs/commerce/sfra/guide/b2c-sfra-features-and-comps.html>
2. Мартін Р. Чиста архітектура: Посібник для розробника щодо структури та проєктування програмного забезпечення / пер. з англ. – Київ: Pearson Education, 2017. – 432 с.
3. Salesforce Commerce Cloud. Account.js. SFRA Server-side Javascript – Source [Електронний ресурс] Salesforce B2C Developer Documentation. – Режим доступу: https://salesforcecommercecloud.github.io/b2c-dev-doc/docs/current/sfrajsdoc/js/server/app_storefront_base_cartridge_controllers_Account.js.html

ІВАНЧУК Я. В.

ЯКОВЧУК П. Л.

Вінницький національний технічний університет

ТРЕНДИ РОЗВИТКУ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Анотація: Високонавантажені інформаційні системи є основою сучасної цифрової інфраструктури, забезпечуючи функціонування потужних сервісів у таких напрямках, як електронна комерція, соціальні мережі, онлайн-банкінг та хмарні обчислення. Еволюція цих систем відображає безперервний пошук оптимальних рішень

для ефективної обробки зростаючих обсягів даних, управління значною кількістю одночасних запитів та гарантування безперебійної доступності. Актуальність розвитку ВНС вимагає від розробників створення систем із багаторівневою архітектурою та спеціалізованими модулями для роботи з динамічними даними. Розробка ефективних ВНС вимагає формування балансу між моніторингом, розширенням функцій та кількістю мікросервісів, а також швидкістю роботи із запитами системи. При цьому кожна ВНС має свої особливості відповідно до предметної області.

Ключові слова: інформаційні технології, архітектура, паралельні обчислення, високонавантажені системи, системи моніторингу.

Історично розвиток ВНС розпочався з монолітної архітектури, яка представляє собою єдиний, нероздільний блок коду, що виконує всі функції системи. Основними перевагами цього підходу була простота розробки та розгортання. Однак, зі зростанням навантаження, моноліт виявив суттєві недоліки, включаючи низьку масштабованість (необхідність повного копіювання моноліту для масштабування), складність обслуговування та проблеми з надійністю, оскільки відмова одного компонента могла спричинити збій усієї системи. Відповіддю на ці виклики стало застосування багаторівневої архітектури, що передбачала розділення системи на логічні шари (рівень представлення, рівень бізнес-логіки та рівень даних). Цей підхід забезпечив можливість окремого масштабування кожного рівня, підвищуючи гнучкість системи [1-4]. Подальша еволюція привела до концепції сервіс-орієнтованої архітектури, а потім — до мікросервісної архітектури.

Метою даного дослідження є аналіз розвитку ВНС із визначенням ключових трендів для сучасних розробок.

У мікросервісній архітектурі великий застосунок розділяється на набір дрібних, незалежних сервісів, кожен з яких виконує одну конкретну бізнес-функцію. Результати дослідження свідчать, що мікросервісна архітектура є найбільш перспективною, забезпечуючи найвищий рівень відмовостійкості та значну перевагу у гнучкості при внесенні змін. Хоча монолітна архітектура може бути використана для невеликих проєктів, а розподілена сервісна архітектура для корпоративних мереж та спеціалізованих рішень, МСА пропонує найкращу масштабованість. Водночас, мікросервісна архітектура характеризується високою складністю розгортання, що вимагає впровадження спеціальних сервісів для підтримки.

Для побудови сучасних ВНС застосовується широкий спектр технологій. Масштабування поділяється на горизонтальне – додавання нових вузлів для збільшення пропускної здатності, та вертикальне – збільшення ресурсів існуючого сервера. У сфері баз даних використовуються як реляційні БД (SQL), так і нереляційні (NoSQL), які орієнтовані на високу продуктивність та масштабованість (MongoDB, Cassandra, Redis). Технології кешування, такі як Redis або Memcached, дозволяють зберігати часто запитувані дані в оперативній пам'яті, значно знижуючи навантаження на основну базу даних. Асинхронні обчислення та черги повідомлень (наприклад, RabbitMQ, Apache Kafka) застосовуються для обробки фонових завдань, що дозволяє системі швидко реагувати на запити.

Сучасні ВНС стикаються з викликами підтримки консистентності даних між різними сервісами. Ці системи потребують постійного моніторингу показників і підтримки відмовостійкості, для чого використовуються комплексні системи (Prometheus, Grafana) та механізми автоматичного відновлення (Kubernetes). Розподілена природа мікросервісів також створює нові вектори загроз, вимагаючи посилення заходів безпеки. Використання архітектури тісно пов'язане з о моделлю паралелізму, яка використовує способи організації обчислень для одночасного виконання завдань [5].

Перспективи розвитку ВНС пов'язані з подальшим використанням хмарних технологій, безсерверних обчислень та інтеграцією штучного інтелекту для оптимізації роботи систем і передбачення навантаження. Проте, розширення інтелектуальних функцій може призвести до зниження швидкості та відмовостійкості. Розробка ефективних ВНС вимагає формування балансу між моніторингом, розширенням функцій та кількістю мікросервісів, а також швидкістю роботи із запитами системи.

Аналіз предметної області, періодів високих навантажень дозволить сформулювати сбалансовану високонавантажену інформаційну систему, в складі якої буде спеціальний модуль моніторингу навантаження та керування ним.

Список використаних джерел

1. Klippmann Martin Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems. O'Reilly.2017.714 p.
2. Nygard Michael T. Release It!: Design and Deploy Production-Ready Software 2nd Edition, O'Reilly.2018.378 p.
3. Брукс Н. Багатопотоковість проти багатопроцесорності – різниця між ними. 2024. URL: <https://www.guru99.com/uk/difference-betweenmultiprocessing-and-multithreading.html>.

4. Empowering Microservices: A Deep Dive into Intelligent Application Component Placement for Optimal Response Time Springer. 2024. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10922-024-09855-3>.
5. Flynn's taxonomy-classification-parallel-systems. URL: <https://fiveable.me/parallel-and-distributed-computing/unit-2/flynn's-taxonomy-classification-parallel-systems/study-guide/Ohzf44x4HCtFZRjK>

КАБАНОВА Є.І.,

Студентка факультету ІПСА

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

МЕЛЬНИЧУК В.Е.,

Доктор філософії з економіки, доцент кафедри економічної кібернетики

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

DIGITAL TRANSFORMATION OF UKRAINE'S HEALTHCARE SECTOR UNDER WARTIME CONDITIONS: KEY ASPECTS, BARRIERS, AND ADAPTATION STRATEGIES

Анотація: У роботі досліджено ключові аспекти та виклики цифровізації сектору охорони здоров'я України в умовах повномасштабної війни. Розглянуто вплив воєнних дій на функціонування цифрової інфраструктури, доступність медичних сервісів і впровадження інноваційних рішень. Незважаючи на значний прогрес, цифрова медицина стикається з обмеженим фінансуванням, нормативними прогалинами, низьким рівнем довіри населення, нерівним доступом до інфраструктури та зростаючими ризиками для стабільності системи спричиненими військовими діями. Окрему увагу приділено проблемам захисту персональних даних та необхідності міжнародної співпраці. Зроблено висновок, що подальший розвиток має бути спрямований на створення стійких цифрових рішень, адаптованих до умов воєнного часу та обмежених ресурсів, а також забезпечення безперервності медичних послуг.

Ключові слова: дана аналіз, цифровізація, цифрова медицина, eHealth, охорона здоров'я, телемедицина, Україна, воєнні умови, воєнна адаптація.

Abstract: The paper examines the key aspects and challenges of the digital transformation of Ukraine's healthcare sector under full-scale wartime conditions. The study highlights the impact of military actions on the stability of digital infrastructure, access to medical services, and the deployment of innovative eHealth tools. Despite significant progress, the sector continues to face persistent barriers, including limited funding, regulatory gaps, insufficient public trust, unequal access to digital infrastructure, and rising risks posed by ongoing military attacks. Special attention is paid to data protection and the need for international cooperation. The findings emphasize that further development should focus on resilient digital health solutions adapted to wartime conditions and resource constraints, and ensuring continuity of medical services.

Keywords: data analysis, digital transformation, digital health, eHealth, healthcare, telemedicine, Ukraine, wartime adaptation.

In Ukraine, the healthcare system relied mostly on conventional approaches to medicine and patient care. Nonetheless, in recent years, the emergence of digital health, also known as eHealth, has become a pivotal aspect of this transformation, reshaping the landscape of healthcare delivery in Ukraine. The full-scale war in Ukraine highlighted the urgent need for advanced analytical and computational tools to improve healthcare and ensure public safety. Revenue in the Digital Health market is projected to reach USD 209.45 million by 2029 [4].

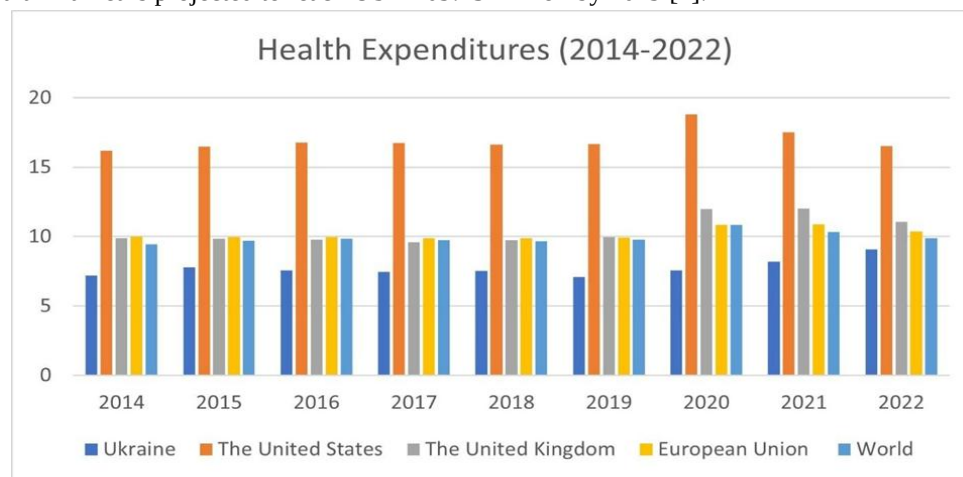


Figure 1. Global Health Expenditures by different regions worldwide (Author's own development)

Ukraine's government health expenditures as a share of GDP remain lower than those in the USA, the UK, the EU, and the global average since the Russian invasion in 2014. The growth of expenditures remained the lowest, ranging between approximately 7.2% and 8%, and increased to about 9% in 2022. In contrast, the world's average remained just above 10% throughout the years, peaking in 2020 at approximately 11% before dropping back to around 10% [4].

Similar to global trends, the acceleration of telemedicine in Ukraine was primarily driven by the pandemic and later by war. Despite the challenges, Ukraine's system eZdorovya now serves over 17 million patients, enabling electronic health records along with digital tools for healthcare providers, administrators, and pharmacists. The system also allows for central registries, medical documentation, and statistics [1].

Whereas the European Union has set an ambitious goal of providing 100% of its citizens with access to their electronic health records by 2030, Austria has already reached an eHealth maturity score of 88% in 2023, compared to an EU-27 average of 79%. Ukraine, although not yet at this level, is actively participating in initiatives with the European Health Data System (EHDS), which will enable the sharing of medical information between Ukraine and the 27 EU member states. This cooperation is a solid opportunity to strengthen the country's integration into European research. The governance seeks deeper integration into the European Research Area to drive economic growth and innovations. Following these goals, the Strategy for the Digital Development of Innovative Activity in Ukraine until 2030 (Cabinet of Ministers Order No. 1351-p, December 31, 2024) aims to create new opportunities in research and innovation [2].

The Ukrainian government has also set a goal of gradually introducing e-health tools through legal principles. For example, from January 1, 2025, a new system for assessing daily functioning was launched, built on the Diia. Engine platform, which transferred all medical and social expert commissions to an electronic format. This innovation will help reduce corruption, save money, optimize doctors' working hours, speed up the administrative process, and strengthen public trust in the healthcare system and digital medicine [2].

Ukraine's digital healthcare system meets both international standards (certificate of conformity ISO 27001:2013, certificate No. IND17.0398/U issued by Bureau Veritas), and Ukrainian standards (SSCIPU certificate of conformity No. 14162 July 22, 2016). The protection of information in the central database is guaranteed by the provisions of the Law of Ukraine "On Information Protection in Information and Communication Systems" (No. 80/94-VR, July 5, 1994), and the processing of personal data in the electronic health care system is carried out in compliance with the requirements of the Law of Ukraine "On Personal Data Protection" dated (No. 2297-VI, June 1, 2010) [1].

Despite certain progress, digital medicine in Ukraine still faces significant barriers, including limited funding, regulatory gaps, national distrust, and unequal access to technological infrastructure.

In Ukraine, digital services of this level are just beginning to be introduced in large clinics and leading diagnostic centers. Paper medical records in Ukraine still have greater legal weight than digital ones, and most medical institutions use both paper and electronic documentation [1]. This hinders the development of digital media, as electronic records are often considered only an alternative.

The ongoing war also poses serious threats to Ukraine's digital healthcare system, making the task of ensuring table functioning of the entire healthcare system under martial law a priority. Since February 24, 2022, dozens of health facilities and health workers have been attacked and displaced, and continuous attacks on energy systems have jeopardized system stability. Due to the displacement of Ukrainians, the number of users increased in the west of the country, causing errors in some medical information systems. Notable areas include the Kyiv, Chernihiv, and Sumy regions, as well as parts of the Kharkiv, Kherson, and Luhansk regions [3]. In addition, limited financial resources often delay the implementation of new technologies, especially in frontline areas with low population density and difficult access to infrastructure.

Additionally, many people in Ukraine continue to face barriers to accessing healthcare. According to the Health Index Ukraine 2023 survey, in which people across different regions were asked to explain their reasons for not seeking medical help in the event of illness or injury, a considerable proportion (8.5%) declared that they do not trust the medical staff or their qualifications. The majority (49.3%) reported having the knowledge to treat themselves. The second-largest proportion (23.4%) hoped that the disease would pass without medical care, followed by those who were afraid of the cost of treatment (13.9%) and the queues in healthcare facilities (13.2%). While a new barrier has also appeared due to the full-scale war: 4.1% [5].

Another key aspect of implementing digital healthcare is the security of personal data. At the same time, legislation, both Ukrainian and international, often fails to keep pace with technological changes. Today, most countries worldwide lack clearly defined legal norms to regulate the use of digital services in the medical industry, resulting in legal uncertainty for both service providers and users. The issue also lies in determining the responsible party in cases of errors due to software failures [3].

Although Ukraine is not yet as advanced in the digital health market as global leaders such as the United States,

its rapid progress indicates strong potential to align with global standards in the near future. Ukraine has made substantial progress while adapting to COVID-19 and the full-scale war.

Further research should focus on developing digital healthcare tools that are adapted to wartime conditions and limited resources, ensuring their continued functionality during emergencies. It is essential to establish clear and internationally aligned standards for regulating digital health technologies to ensure the protection of personal medical data and to define responsibility in the event of software failures.

References

1. Valchuk, M.S. (2024), "Digitalization of the healthcare sector in Ukraine on the way to ensuring client and patient orientation", *Central Ukrainian Journal of Law and Public Administration (CUJ)*, No. 3, pp. 14–22, DOI: <https://doi.org/10.32782/cuj-2024-3-2>.
2. Ministry of Health of Ukraine (2025), *Digital transformation of medical and social expertise: from 2025 all processes will be in the electronic system*, available at: <https://moz.gov.ua/uk/news/cifrova-transformaciya-mediko-socialnoyi-ekspertizi-z-2025-roku-vsi-procesi-v-elektronnij-sistemi> (last accessed 24.09.2025).
3. Malakhov, K. (2023), "Insight into the Digital Health System of Ukraine (eHealth): Trends, Definitions, Standards, and Legislative Revisions", *International Journal of Telerehabilitation*, Vol. 15, No. 2, DOI: <https://doi.org/10.5195/ijt.2023.6599>.
4. Statista (n.d.), *Digital Health – Worldwide | Statista Market Forecast*, available at: <https://www.statista.com/outlook/hmo/digital-health/worldwide?currency=USD> (last accessed 24.09.2025).
5. National Study. Health Index Ukraine Report. 2023. URL: https://healthindex.com.ua/HI_Report_UA_2023_EN.pdf (last accessed 24.09.2025).

КАТЕРИНЮК Г. Д.
Обласний науковий ліцей-інтернат
КЗВО «ВГПІК»

ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ЯК ЗАСІБ РЕАЛІЗАЦІЇ STEM-ОСВІТИ ТА РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ

Анотація: У статті розглянуто роль електронних інформаційних ресурсів у реалізації STEM-освіти на уроках математики. Проаналізовано можливості їх використання для розвитку цифрової компетентності учнів, формування дослідницьких навичок і підвищення мотивації до навчання. Описано практичний досвід упровадження інтерактивних цифрових інструментів, таких як Canva, Google Форми та Таблиці, Padlet, GeoGebra та інших у процесі STEM-досліджень.

Ключові слова: STEM-освіта, електронні інформаційні ресурси, цифрові технології, цифрова компетентність, математика, інтерактивні технології.

Вступ. Сучасна освіта переживає трансформацію, спричинену стрімкою цифровізацією. Електронні інформаційні ресурси стають не лише допоміжним елементом освітнього процесу, а й важливим інструментом для формування ключових компетентностей ХХІ століття. Особливої актуальності це набуває у контексті STEM-освіти, яка поєднує науку, технології, інженерію та математику. Математика в STEM-підході є не лише предметом, а й засобом моделювання, аналізу й прийняття рішень. Використання електронних ресурсів на уроках математики відкриває нові можливості для візуалізації процесів, дослідження закономірностей і розвитку критичного мислення.

Мета. Проаналізувати значення електронних інформаційних ресурсів у реалізації STEM-освіти та розкрити їхній потенціал у розвитку цифрової компетентності учнів у процесі навчання математики.

Основна частина.

1. Роль електронних інформаційних ресурсів у STEM-освіті

STEM-освіта орієнтована на формування в учнів критичного мислення, креативності, навичок розв'язання проблем та здатності застосовувати знання з природничих, технічних та математичних наук у реальних життєвих ситуаціях.

Електронний ресурс — це інформаційні ресурси, які керуються комп'ютером, у тому числі ті, які потребують використання периферійного пристрою, підключеного до комп'ютера [2]. Електронні освітні ресурси — це інтерактивні навчальні матеріали, онлайн-платформи, цифрові лабораторії, симуляції, що забезпечують доступ до якісного контенту, візуалізацію складних понять і організацію спільної діяльності.

У STEM-освіті вони сприяють:

- поєднанню теорії з практикою через моделювання реальних процесів;
- розвитку дослідницьких та аналітичних навичок;
- забезпеченню доступу до відкритих освітніх ресурсів і міжнародних освітніх спільнот;
- формуванню навичок самостійного навчання.

2. Використання електронних інформаційних ресурсів у навчанні математики

Електронні інформаційні ресурси пропонують широкий спектр інструментів, що сприяють активному та дослідницькому підходу до вивчення математики в контексті STEM.

Інтерактивні симуляції та віртуальні лабораторії. Такі ресурси дозволяють учням візуалізувати складні математичні концепції (наприклад, графіки функцій, геометричні перетворення, статистичні моделі) та експериментувати з ними, розуміючи, як математика описує фізичні чи технічні процеси. Прикладом є використання GeoGebra для побудови моделей або інтерактивних модулів з PhET Interactive Simulations.

Освітні платформи та Масові відкриті онлайн-курси. Вони надають доступ до якісного контенту, задач підвищеної складності та проєктів, що вимагають інтеграції математичних знань з іншими STEM-дисциплінами. Це сприяє персоналізації навчання та самоосвіті.

Програмне забезпечення для аналізу даних та програмування. Використання електронних таблиць, мов програмування (наприклад, Python), або спеціалізованих математичних пакетів (наприклад, Wolfram Alpha) дозволяє учням не лише розв'язувати задачі, але й створювати алгоритми, моделювати процеси та аналізувати реальні дані, що є ключовим для інженерії та науки.

Цифрові бібліотеки та бази даних. Доступ до наукових статей, статистичних звітів та технічної документації допомагає учням працювати з автентичними джерелами інформації, формуючи дослідницькі навички.

Застосування цифрових інструментів під час уроків математики робить процес навчання інтерактивним та наближеним до реального життя.

Прикладом є STEM-урок «Дослідження середньої швидкості руху людини з використанням математичної статистики та цифрових технологій», у якому учні збирали власні дані про рух, аналізували їх у Google Таблицях/ Microsoft Excel, будували графіки, створювали презентації в Canva та ділилися результатами через QR-коди з допомогою Padlet. Така діяльність не лише формує математичні компетентності, а й розвиває цифрову грамотність, аналітичне та критичне мислення.

Найефективнішими для даного уроку виявилися такі платформи:

GeoGebra — для моделювання математичних об'єктів, побудови графіків, дослідження функцій;

Canva — для створення візуальних презентацій, постерів, інфографік під час STEM-досліджень;

Google Форми та Таблиці, Microsoft Excel — для проведення опитувань, збору даних і статистичного аналізу результатів експериментів;

Padlet — як інтерактивна стіна для спільної роботи здобувачів освіти над проєктами.

Розглянемо конкретні електронні інформаційні ресурси, які ефективно використовуються для реалізації STEM-освіти та розвитку цифрової компетентності при вивченні різних тем у шкільному курсі математики.

Таблиця 1. Електронні ресурси для вивчення теми «Функції та їх графіки»

Назва ресурсу	Тип ресурсу	STEM-орієнтація (Математика + Інженерія/Фізика)	Розвиток цифрової компетентності
GeoGebra	Інтерактивне математичне середовище (КАС, Динамічна геометрія)	Дозволяє динамічно моделювати функції, будувати графіки, досліджувати їхні властивості в реальному часі. Використовується для моделювання руху (Фізика) або оптимізаційних задач (Інженерія).	Технічні навички роботи зі спеціалізованим ПЗ, Візуалізація даних, Створення власних інтерактивних моделей.
Desmos Graphing Calculator	Онлайн-графічний калькулятор	Надзвичайно інтуїтивний інструмент для швидкого побудування та порівняння	Інформаційна грамотність (швидкий пошук та аналіз)

Назва ресурсу	Тип ресурсу	STEM-орієнтація (Математика + Інженерія/Фізика)	Розвиток цифрової компетентності
		графіків. Ідеально підходить для проєктування кривих (наприклад, у дизайні або архітектурі, "Desmos Art").	графіків), Співпраця (обмін графіками через посилання), Критичне мислення (аналіз параметрів).
Wolfram Alpha	Обчислювальний пошуковий механізм	Використовується для глибокого аналізу функцій (знаходження похідних, інтегралів, нулів, екстремумів) та отримання вичерпної інформації про їхні властивості.	Інформаційна грамотність (формулювання запитів), Робота з даними (аналіз результатів обчислень), Самоосвіта.
PhET Interactive Simulations	Інтерактивні симуляції (Університет Колорадо)	Надає симуляції, де математичні функції застосовуються для опису фізичних явищ (наприклад, рух снаряда, коливання маятника). Учні бачать, як зміна параметрів функції впливає на реальний процес.	Критичне мислення (перевірка гіпотез через експеримент), Технічні навички (робота з інтерактивним інтерфейсом), Дослідницька діяльність.
Microsoft Excel / Google Таблиці	Електронні таблиці	Використовується для табулювання функцій, побудови графіків за точками та аналізу великих наборів даних (наприклад, статистичних). Математика як інструмент обробки даних (Data Science).	Навички роботи з даними (створення формул, форматування), Співпраця (спільна робота над таблицями), Прийняття рішень на основі числових даних.

Таким чином, використання електронних інформаційних ресурсів перетворює вивчення "Функцій" з абстрактного креслення на папері на міжпредметне дослідження та практичне моделювання, що є суттю STEM-освіти, і одночасно розвиває ключові цифрові навички.

Таблиця 2. Електронні ресурси для вивчення теми «Елементів комбінаторики та теорії ймовірностей»

Назва ресурсу	Тип ресурсу	STEM-орієнтація (Математика + Технології/Наука)	Розвиток цифрової компетентності
PhET Interactive Simulations (наприклад, "Ймовірність монети" або "Статистика і вибірка")	Інтерактивні симуляції	Дозволяє учням моделювати багаторазові випадкові експерименти (наприклад, підкидання монети 1000 разів) і візуально спостерігати, як емпірична частота наближається до теоретичної ймовірності (Закон великих чисел).	Дослідницькі навички (формулювання гіпотез і їх перевірка), Технічні навички (робота з симулятором), Критичне мислення (порівняння теорії та практики).
Microsoft Excel / Google Таблиці	Електронні таблиці та формули	Генерація випадкових чисел для імітації випадкових процесів. Обчислення ймовірностей, дисперсії, середнього значення та побудова гістограм розподілу.	Навички роботи з даними (маніпулювання функціями, сортування, фільтрація), Візуалізація даних (побудова діаграм), Алгоритмічне

Назва ресурсу	Тип ресурсу	STEM-орієнтація (Математика + Технології/Наука)	Розвиток цифрової компетентності
		Це пряме застосування математики в Data Science та бізнес-аналізі.	мислення (створення моделі експерименту).
Онлайн-калькулятори комбінаторики	Спеціалізовані веб-інструменти	Швидке обчислення кількості перестановок, комбінацій та розміщень. Допомогає учням зосередитися на розумінні умов задачі (чи важливий порядок, чи є повторення), а не на громіздких ручних обчисленнях.	Інформаційна грамотність (швидкий пошук і використання інструментів), Верифікація результатів (перевірка обчислень).
Kaggle або інші платформи з реальними даними	Бази даних	Доступ до реальних наборів даних (наприклад, про клімат, медицину, спорт) для обчислення умовних ймовірностей, кореляцій та статистичних залежностей.	Робота з автентичними даними, Етичне використання даних, Професійні цифрові навички (як у Data Analyst).

Таким чином, комбінаторика та ймовірність перестають бути просто правилами підрахунку, а стають практичним інструментом для прогнозування та прийняття рішень на основі даних, що є основою сучасної статистики.

3. Інтеграція електронних інформаційних ресурсів на різних етапах уроку

Електронні інформаційні ресурси можуть використовуватися як універсальні інструменти на кожному етапі навчального процесу:

1) Етап мотивації та постановки проблеми

Візуалізація реальних даних: Використання Google Public Data Explorer або статистичних баз для демонстрації реальної проблеми, яку можна вирішити за допомогою математики (наприклад, аналіз зростання населення як приклад експоненціальної функції).

Інтерактивні "зачіпки": Демонстрація коротких відео, симуляцій (PhET) або інтерактивних моделей (GeoGebra), які викликають когнітивний дисонанс і спонукають до пошуку математичного пояснення.

2) Етап вивчення нового матеріалу

Динамічна демонстрація: Замість статичного креслення на дошці, вчитель використовує GeoGebra або Desmos для динамічної побудови графіків, щоб показати, як зміна коефіцієнта впливає на властивості функції.

Миттєве обчислення: Використання Wolfram Alpha для швидкої перевірки складних формул або розкладання виразів, щоб не витрачати час уроку на рутинні обчислення, а зосередитися на концептуальному розумінні.

3) Етап закріплення та формування навичок

Ігрофікація: Використання онлайн-вікторин (Kahoot!, Quizizz, Learning Apps) для самоперевірки та змагання.

Лабораторні роботи в електронних таблицях (Excel/ Google Таблиці): Замість 20 однотипних прикладів – одна лабораторна робота з імітацією випадкового експерименту (наприклад, 5000 підкидань кубика), де учні самостійно обчислюють емпіричні ймовірності та будують гістограми. Це формує дослідницьку та цифрову компетентність.

4) Етап контролю та оцінювання

Автоматизоване тестування: Використання Google Форми, Classtime, Всеосвіта, На Урок або LMS-систем (Moodle) для швидкого та об'єктивного оцінювання.

Електронне портфоліо: Замість традиційних контрольних робіт – учні подають свої цифрові проєкти (модель у GeoGebra, аналітичний звіт у Excel/ Google Таблиці, код на Python та ін.).

4. Розвиток цифрової компетентності учнів

Ефективне використання електронних інформаційних ресурсів в навчанні математики є прямим шляхом до розвитку цифрової компетентності – однієї з восьми ключових компетентностей Нової української школи. Ця

компетентність охоплює не лише навички роботи з гаджетами, а й:

- Інформаційну грамотність – здатність шукати, оцінювати, організовувати та критично використовувати цифрову інформацію, зокрема математичні дані та формули, уміння знаходити, перевіряти й використовувати інформацію з цифрових джерел;
- Технічні навички – вміння ефективно працювати з різноманітним програмним забезпеченням (графічні редактори, електронні таблиці, системи комп'ютерної алгебри), необхідним для розв'язання математичних та інженерних задач.
- Комунікація та співпраця – використання цифрових інструментів (форуми, спільні документи, відеоконференції) для обговорення математичних задач, командної роботи над проектами та представлення результатів.
- Створення цифрового контенту – створення власних цифрових продуктів (презентацій, візуалізацій, міні-досліджень);
- Критичне мислення та безпека в цифровому середовищі – усвідомлення ризиків, правил етичної поведінки, захисту даних та вміння перевіряти достовірність інформації, отриманої в Інтернеті.

5. Практичні рекомендації для вчителя

- ✓ Використовуйте електронні інформаційні ресурси не для розваги, а лише тоді, коли вони якісно покращують розуміння або суттєво економлять час (наприклад, на обчисленнях).
- ✓ Чітко окреслюйте правила використання пристроїв. Учні мають знати, коли пристрій є інструментом навчання, а коли його потрібно відкласти.
- ✓ Заохочуйте учнів створювати власні цифрові матеріали (інтерактивні картки, графіки, моделі) замість того, щоб лише споживати готовий контент.
- ✓ Не намагайтеся інтегрувати занадто багато різних ресурсів одночасно. Оберіть 2-3 основні платформи (наприклад, GeoGebra + Google Таблиці) і навчіть учнів користуватися ними досконало.
- ✓ Успішна інтеграція електронних інформаційних ресурсів перетворює математику на живу, прикладну та цифрову дисципліну, що повністю відповідає філософії STEM-освіти.

Практика показала, що системне використання електронних інформаційних ресурсів у STEM-навчанні математики підвищує навчальну мотивацію учнів, сприяє кращому засвоєнню матеріалу та розвитку дослідницьких навичок. Учні активніше беруть участь у групових проєктах, демонструють здатність самостійно організовувати процес навчання, планувати й презентувати результати.

Висновки. Електронні інформаційні ресурси є ефективним засобом реалізації STEM-освіти, що забезпечує поєднання теоретичних знань із практичними вміннями. Їх застосування в навчанні математики сприяє розвитку цифрової компетентності учнів, підвищує мотивацію до навчання та створює умови для формування компетентностей майбутнього. Перспективним напрямом є подальше впровадження інтегрованих цифрових середовищ, що поєднують штучний інтелект, аналітику навчальних даних і персоналізоване навчання.

Список використаних джерел

1. UNESCO ICT Competency Framework for Teachers. (2018). Paris: UNESCO.
2. URL: https://teachertaskforce.org/sites/default/files/2020-07/ict_framework.pdf
3. Вікіпедія
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%83%D1%80%D1%81
4. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 5 серпня 2020 р. № 960-р
5. Петренко С. В. Інформаційно-цифрова компетентність учня у контексті формування нової української школи. Інноватика у вихованні. 2017. Вип.6. С. 144-156.

КИСЕЛЬОВА О.Б.,

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри інформатики КЗ «ХГПА»

СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ОСВІТНІ ІНСТРУМЕНТИ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ЕДУКАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

У роботі узагальнено ключові проблеми та тенденції цифровізації освіти, що зумовлені стрімким розвитком інформаційних технологій і появою нових цифрових едукативних середовищ. Особливу увагу приділено ролі викладача та характеру взаємодії учасників освітнього процесу в умовах використання LMS, LCMS, MOOC та модульних цифрових середовищ. Проаналізовано наукові праці, що визначають вплив автоматизації, цифровізації та елементів гейміфікації на навчання. Окреслено невирішені аспекти та запропоновано напрями

подальших досліджень щодо трансферу цифрових технологій в освіту та підвищення цифрової компетентності освітян.

Ключові слова: цифрова освіта, цифрові інструменти, LMS, MOOC, e-learning.

The paper summarizes the key challenges and trends in the digitalization of education driven by the rapid development of information technologies and the emergence of new digital educational environments. Special attention is paid to the role of the teacher and the nature of interaction among participants in the educational process when using LMS, LCMS, MOOC platforms, and modular digital environments. The analysis covers scholarly works that examine the impact of automation, digitalization, and gamification elements on learning. The study outlines unresolved issues and proposes directions for further research related to the transfer of digital technologies into education and the enhancement of educators' digital competence.

Key words: digital education, digital tools, LMS, MOOC, e-learning.

Актуальність та постановка проблеми. Цифровізація сучасного суспільства зумовлює радикальні зміни в освітньому процесі, що потребують системного аналізу цифрових інструментів, які застосовуються у навчанні. Стрімке впровадження автоматизованих систем, розвиток мобільних технологій, поширення дистанційного навчання та зростання кількості цифрових платформ визначають необхідність переосмислення ролі викладача та структури взаємодій між учасниками освітнього процесу. Однією з ключових особливостей покоління здобувачів освіти є активне використання цифрових пристроїв, мультимедійного контенту, інтерактивних форм комунікації та персоналізованої взаємодії. Попри широкий спектр цифрових освітніх рішень, невирішеною залишається проблема їх узгодженої класифікації, ефективної педагогічної інтеграції та визначення ролі викладача у трансформованих освітніх середовищах. Потребує обґрунтування питання результативності застосування MOOC, LMS, LCMS і модульних систем щодо підвищення якості освіти, мотивації та залученості здобувачів.

Аналіз останніх досліджень. У працях сучасних учених (В. Биков, А. Гуржій, Д. Вербівський, Н. Морзе, А. Прокопенко, М. Фуллан, Н. Хміль та ін.) підкреслюється важливість цифрової трансформації освіти та необхідність розвитку цифрових компетентностей педагогів. Як свідчить аналіз науково-педагогічної літератури, у дослідженнях акцентують увагу на глобальних тенденціях автоматизації та трансформації професій (J. Kaivo-oja [4], V. Upadhyay [7]); розглядають гейміфікацію як інструмент підвищення мотивації (O. Viberg, A. Grönlund [9]); аналізують відмінності у використанні цифрових технологій різними поколіннями здобувачів освіти (K. Lai, K. Hong [5]). Більшість дослідників сходяться на думці, що нові технології будуть витіснити ручну працю, працездатне населення підвищуватиме або змінюватиме свою кваліфікацію, влаштовуватиметься на підприємства та виробництва в інші для себе сфери діяльності, пов'язані переважно із соціальними взаємодіями [10]. Проте, недостатньо вивченими залишаються педагогічні ризики автоматизації та формування ефективної взаємодії в цифрових середовищах [10].

Мета роботи полягає систематизації цифрових освітніх інструментів, висвітленні їх можливостей та обмежень, а також окресленні ролі викладача в умовах використання різних цифрових середовищ.

Виклад основного матеріалу. Аналіз наукових публікацій свідчить, що цифровізація освіти відбувається не лише шляхом впровадження нових платформ, а й через переосмислення педагогічних функцій та форм діяльності викладача. Стрімке поширення мобільних технологій, гейміфікації, хмарних сервісів, систем управління навчанням та масових відкритих онлайн-курсів створює багаторівневе, неоднорідне цифрове середовище, у якому учасники освітнього процесу виконують різні ролі. Д. Вербівський наголошує, що цифровізація навчання передбачає не лише оновлення ресурсів, а й появу нової педагогічної архітектури, у якій викладач виступає не транслятором знань, а фасилітатором навчального процесу; тьютором, що супроводжує індивідуальну освітню траєкторію; аналітиком навчальних даних, отриманих через LMS/LCMS; дизайнером освітніх сценаріїв у цифровому середовищі [10].

Цифрова трансформація освіти зумовила появу різних типів цифрових освітніх середовищ, які по-різному реалізують взаємодію між учасниками освітнього процесу, підтримують навчальну діяльність та відображають специфіку педагогічних завдань. На основі проведеного аналізу виділено три ключові групи цифрових освітніх систем: модульні цифрові середовища, системи LMS/LCMS та платформи MOOC. Кожна з них має власні педагогічні, технологічні та організаційні можливості, але водночас характеризується й низкою суттєвих обмежень, що визначають межі їх ефективного застосування в сучасній освіті (рис. 1).

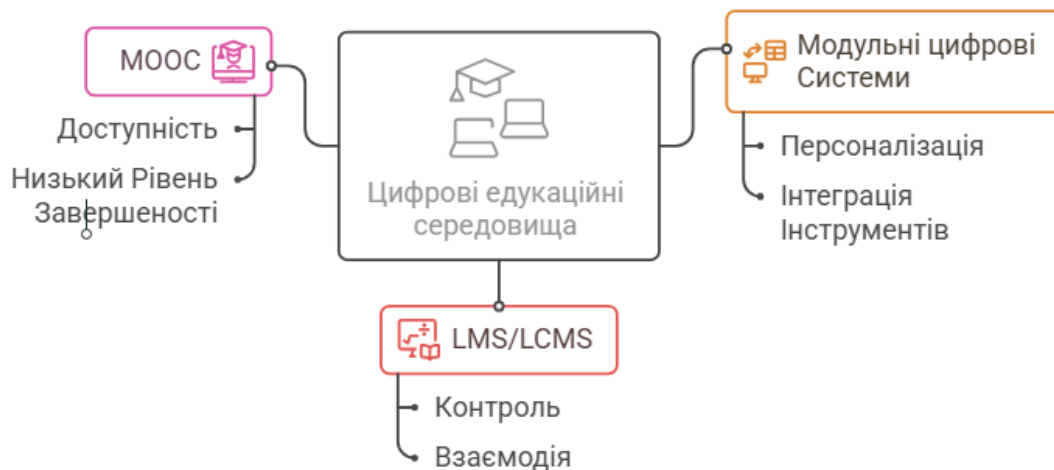


Рисунок 1 – Класифікація цифрових едукативних середовищ

Модульні інтегровані системи нового покоління, зокрема PIES і NGDLE, розроблені для забезпечення високого рівня персоналізації навчання. Їх архітектура ґрунтується на принципах гнучкості та відкритості, що дозволяє адаптувати структуру курсу відповідно до індивідуальних освітніх потреб здобувачів [2]. Суттєвою перевагою модульних цифрових середовищ є можливість інтеграції різноманітних цифрових інструментів, аналітичних сервісів, технологій оцінювання та засобів взаємодії, що створює умови для комплексного супроводу навчальної діяльності. До ключових можливостей таких систем відносять підтримку персональних освітніх траєкторій, автоматичну аналітику навчального прогресу, формування індивідуальних навчальних планів та потенційну інтеграцію з зовнішніми освітніми сервісами. Наявність відкритого коду (як у системі PIES) також значно спрощує масштабування і адаптацію системи до потреб конкретного закладу освіти. Попри значні переваги, модульні середовища мають обмеження, пов'язані з високою вартістю впровадження, необхідністю залучення фахівців з технічної підтримки та високими вимогами до рівня цифрової компетентності педагогів. Крім того, багатомодульна архітектура потребує якісного адміністрування для уникнення технічних конфліктів та забезпечення стабільної роботи системи.

Системи управління навчанням LMS (Learning Management System) та LCMS (Learning Content Management System) є найбільш поширеним цифровим інструментом у закладах освіти. Вони забезпечують цілісну організацію курсу, включаючи подання теоретичного матеріалу, управління завданнями, оцінювання, комунікацію та контроль навчальної діяльності. Основними можливостями LMS/LCMS є чітка структурованість курсу, доступ до навчальних ресурсів у єдиному цифровому просторі, розвинена система зворотного зв'язку та можливість моніторингу академічного прогресу. Викладач має можливість створювати навчальні курси, гнучко організовувати зміст, контролювати траєкторію вивчення матеріалу та оперативно реагувати на результати студентів. LCMS додатково дозволяють формувати багатокомпонентні освітні ресурси й повторно використовувати їх у різних курсах [8]. До ключових обмежень LMS/LCMS належать недостатня підтримка гейміфікації, відносна стандартизованість інтерфейсів, обмежена можливість адаптації навчального контенту до індивідуальних стилів навчання та залежність ефективності системи від рівня підготовки викладача. В багатьох випадках LMS недостатньо орієнтовані на мобільне навчання, що знижує їх привабливість для покоління Z.

МООС (Massive Open Online Courses) — Coursera, edX, FutureLearn, XueTangX, Udacity та інші — є сучасним інструментом відкритої освіти, який забезпечує широкі можливості для здобуття нових знань і навичок незалежно від місця проживання та рівня базової підготовки. МООС поєднують відеолекції, інтерактивні завдання, форумне спілкування та автоматизоване оцінювання. Перевагами МООС є масовість, доступність, гнучкі індивідуальні темпи навчання та можливість здобуття неформальної освіти або мікроступенів. Такі платформи відіграють важливу роль у реалізації концепції навчання впродовж життя (lifelong learning), відкриваючи доступ до курсів провідних університетів світу. Однак аналіз свідчить, що платформи МООС мають істотні обмеження. Найбільш значущими є надзвичайно низький рівень завершеності курсів (близько 10%) та недостатня інтерактивність, що спричинено відсутністю індивідуального педагогічного супроводу. Стандартизована структура курсів, обмеженість можливостей інтеграції ігрових або адаптивних механізмів та мінімальний зворотний зв'язок знижують ефективність МООС для цілей формальної освіти. Крім того, їх потенціал може бути недостатнім для дисциплін, що потребують практичної, лабораторної або тьюторської

підтримки [6].

Огляд зазначених інструментів дає підстави констатувати, що цифрове навчання еволюціонує в напрямі адаптивності, персоналізації та аналітичності. Водночас залишаються актуальними проблеми, пов'язані з низькою мотивацією користувачів у МООС, недостатньою варіативністю індивідуальних траєкторій у традиційних LMS, слабкою підтримкою гейміфікації в більшості платформ, а також недостатнім рівнем цифрової компетентності викладачів, що ускладнює впровадження інноваційних рішень. Попри різний функціонал і ступінь відкритості систем, одним із ключових чинників їх успішного застосування залишається педагог, який забезпечує методичну інтеграцію технологій, організовує ефективну взаємодію, будує індивідуальні освітні траєкторії та підтримує внутрішню мотивацію здобувачів освіти. Саме роль викладача визначає, наскільки повно цифрові інструменти реалізують свої потенційні можливості в освітньому процесі.

Таким чином, цифрові освітні інструменти формують багатовимірну цифрову екосистему, у якій результативність навчання визначається балансом між автоматизацією та педагогічною взаємодією. Нами встановлено, що роль викладача не зменшується в умовах цифровізації, а навпаки — посилюється. Саме викладач відіграє ключову роль у забезпеченні якості освіти, оскільки координує діяльність здобувачів, інтегрує інструменти в педагогічний процес і створює умови для осмисленого використання технологій, а також забезпечує педагогічний супровід, мотивацію та індивідуалізацію навчальних траєкторій [1]. Ефективність цифрових інструментів без професійної участі тьютора суттєво знижується.

Варто зазначити, що важливою проблемою є недостатність цифрових компетентностей викладачів, відсутність чітких рекомендацій щодо інтеграції ігрових та мобільних технологій, а також слабка взаємодія між функціоналом цифрових систем і реальними педагогічними потребами. Підвищення компетенцій викладачів у сфері використання цифрових інструментів буде необхідним для освітнього процесу і корисним для самих педагогів. Для того щоб викладачі розмовляли «однією мовою» зі здобувачами освіти, в контексті поточних змін у майбутньому їм необхідно постійно підвищувати рівень своєї цифрової компетентності та приймати концепцію *lifelong learning* [3, с. 275]. У результаті виникає потреба у створенні адаптивних середовищ, що враховують індивідуальні стилі навчання та особливості покоління «цифрових аборигенів».

Висновки. Отже, цифрові інструменти стають невід'ємною частиною освітнього процесу, однак їх ефективність значною мірою залежить від кваліфікації та активної ролі викладача. Подальший розвиток цифрової освіти потребує чіткої класифікації цифрових едукативних середовищ; розроблення системи підвищення цифрової компетентності педагогів; удосконалення МООС через тьюторський супровід; створення інтегрованих цифрових екосистем нового покоління.

Перспективним є вивчення моделей взаємодії у комбінованих цифрових середовищах, підготовка педагогів до роботи в адаптивних системах, а також емпіричний аналіз ефективності різних типів цифрових інструментів щодо формування професійних компетентностей майбутніх учителів інформатики.

Список використаних джерел

1. Bates A.W. Teaching in a Digital Age. 3rd ed. 2022. 1061 p.
2. Brown M., Dehoney J., Millichap N. The Next Generation Digital Learning Environment. Educause, 2015. URL: <https://library.educase.edu/-/media/files/library/2015/4/eli3035-pdf.pdf> (дата звернення: 19.11.2025).
3. Bruce D.L., Chiu M.M. Composing with new technology: Teacher reflections on learning digital video. Journal of Teacher Education. 2015. Vol. 66, no 3. P. 272–287. DOI: 10.1177/0022487115574291.
4. Kaivo-oja J., Roth S. The Technological Future of Work and Robotics. 2015. URL: <http://hdl.handle.net/10419/118693> (дата звернення: 19.11.2025).
5. Lai K.W., Hong K.S. Technology use and learning characteristics of students in higher education: Do generational differences exist? British Journal of Educational Technology. 2015. Vol. 46, no 4. P. 725–738. DOI: 10.1111/bjet.12161.
6. Sikora Y.B. et al. Approaches to the choice of tools for adaptive learning based on highlighted selection criteria. CEUR Workshop Proceedings. 2020. P. 398–410.
7. Upadhyay V. Can Capitalism Survive High Degree of Automation? A Comparison with Thomas Piketty's Argument. 2015. DOI: 10.2139/ssrn.2558989.
8. Uribe S., Vaughan M. Facilitating student learning in distance education: a case study on the development and implementation of a multifaceted feedback system. Distance Education. 2017. Vol. 38, no 3. P. 288–301. DOI: 10.1207/s15389286ajde1903_2.
9. Viberg O., Grönlund Å. Understanding students' learning practices: challenges for design and integration of mobile technology into distance education. Learning, Media and Technology. 2017. Vol. 42, no 3. P. 357–377. DOI: 10.1080/17439884.2016.1088869.

ГІБРИДНА РЕКОМЕНДАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ЕЛЕКТРОННИХ БІБЛІОТЕК НА ОСНОВІ КОНТЕНТНОГО ТА ПОВЕДІНКОВОГО АНАЛІЗУ

Анотація. У роботі обговорюються проблеми персоналізації в рекомендаційних системах цифрових бібліотек, особливо в середовищах, що характеризуються великими обсягами контенту та різноманітними моделями активності користувачів. Традиційні методи фільтрації на основі контенту та колаборативної фільтрації демонструють обмежену ефективність через розрідженість даних про взаємодію та проблему холодного запуску. Запропоновано гібридну систему рекомендацій, що інтегрує аналіз контенту, моделі колаборативної фільтрації та поведінкову кластеризацію. Експериментальні результати демонструють покращення точності рекомендацій на 20–30% та значне зменшення проблем холодного запуску. **Ключові слова:** рекомендаційна система, контентний аналіз, колаборативна фільтрація, кластеризація, електронна бібліотека.

Abstract. The paper discusses the challenges of personalization in digital library recommendation systems, especially in environments characterized by large content volumes and diverse user activity patterns. Traditional content-based and collaborative filtering methods show limited performance due to sparse interaction data and the cold-start problem. A hybrid recommendation system integrating content analysis, collaborative filtering models, and behavioral clustering is proposed. Experimental results demonstrate a 20–30% improvement in recommendation accuracy and a significant reduction of cold-start issues.

Keywords: recommender system, content filtering, collaborative filtering, clustering, digital library.

Вступ. Швидке зростання електронних бібліотечних фондів створює значний виклик для систем управління знаннями, оскільки збільшується не лише кількість документів, а й різноманітність тематик та форматів матеріалів [1]. У таких умовах користувачі потребують механізмів, здатних забезпечити швидкий та точний доступ до найрелевантніших ресурсів [2]. Проте класичні контентні алгоритми, що порівнюють документи на основі текстових ознак, не враховують індивідуальних відмінностей користувачів. Натомість колаборативні моделі залежать від кількості історичних даних, що ускладнює їх застосування в масштабних системах з нерівномірною активністю читачів або появою нових документів. Гібридні рекомендаційні системи поєднують переваги кількох методів, дозволяючи одночасно зменшити вплив ефектів “холодного старту”, підвищити релевантність і забезпечити багатовимірний аналіз інтересів користувачів [3].

Загальні відомості. Гібридні системи рекомендацій створюють комплексну модель користувача, яка охоплює:

- **контентні характеристики документів**, що забезпечують тематичну точність [4];
- **колаборативні зв'язки між користувачами**, що дозволяють виявляти схожі профілі та вподобання;
- **поведінкові патерни**, аналізовані за допомогою алгоритмів кластеризації (*k-means*, *DBSCAN*), що дають змогу групувати користувачів за моделями взаємодії.

Таке поєднання дозволяє покращити якість рекомендацій у випадках, коли будь-який окремий метод демонструє обмеження [5].

Методи та технології. Архітектура запропонованої системи включає такі основні модулі:

1. **Контентний аналіз документів.** Використовуються TF-IDF, Bag-of-Words та векторні представлення (Word2Vec, FastText), що дозволяє будувати семантично точні профілі документів.
2. **Колаборативна фільтрація.** Застосовуються методи матричної факторизації (SVD, NMF), які виявляють приховані параметри взаємодії «користувач–документ».
3. **Кластеризація поведінки користувачів.** Алгоритми *k-means* та *DBSCAN* формують групи користувачів зі спільними шаблонами читання, часом активності та тематичними вподобаннями [6].
4. **Модуль зваженого комбінування.** Результати всіх підсистем об'єднуються на основі вагових коефіцієнтів, що дозволяє адаптувати систему до різних сценаріїв використання [7].

Висновки. Проведене дослідження показало, що гібридна рекомендаційна система, яка поєднує контентний аналіз, колаборативну фільтрацію та поведінкову кластеризацію, забезпечує суттєве підвищення якості

рекомендацій.

За результатами експериментів було отримано:

- покращення показників Precision@10 та NDCG на 20–30%;
- зменшення проблеми “холодного старту” для нових документів та користувачів;
- підвищення різноманітності рекомендацій, що позитивно впливає на користувацький досвід.

Гібридний підхід є перспективним напрямом для побудови масштабованих інтелектуальних систем підтримки користувачів електронних бібліотек.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ricci F., Rokach L., Shapira B., Kantor P.B. *Recommender Systems Handbook*. — Springer, 2022. — 912 p.
2. Aggarwal C.C. *Recommender Systems: The Textbook*. — Springer, 2016. — 410 p.
3. Schafer J.B., Frankowski D., Herlocker J., Sen S. *Collaborative Filtering Recommender Systems*. — In: *The Adaptive Web*. — Springer, 2007. — P. 291–324.
4. Manning C.D., Raghavan P., Schütze H. *Introduction to Information Retrieval*. — Cambridge University Press, 2008. — 528 p.
5. Bishop C.M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. — Springer, 2006. — 738 p.
6. Baeza-Yates R., Ribeiro-Neto B. *Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology behind Search*. — 2nd ed., Addison-Wesley, 2011. — 888 p.
7. Zhou T., Lü L., Zhang Y.C. *Predicting Missing Links via Local Information*. — *The European Physical Journal B*, 2009. — Vol. 71, P. 623–630.

УДК 004.77

КІЗИН Г. О.,

ТКАЧЕНКО О. М.

Вінницький національний технічний університет

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОННОЮ БІБЛІОТЕКОЮ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ДАНИХ

Анотація. Досліджено проблему неефективної обробки даних у великомасштабних цифрових бібліотечних системах. Традиційним платформам DLMS/LMS/ILS бракує масштабованості, адаптивності та механізмів прогнозування інформаційних потреб користувачів. Зі постійним зростанням обсягу документів, метаданих та пошукових запитів, впровадження інтелектуальних методів обробки даних стає важливим. Запропоновано підхід на основі машинного навчання, який поєднує алгоритми рекомендацій, моделі прогнозовної аналітики та кластеризацію пошукових запитів. Цей інтегрований метод покращує точність рекомендацій, зменшує навантаження на сервер та підвищує ефективність управління цифровою бібліотекою. У дослідженні обґрунтовано, що інтелектуальні механізми обробки відіграють вирішальну роль у побудові адаптивних цифрових бібліотек наступного покоління.

Ключові слова: електронна бібліотека, машинне навчання, рекомендаційні системи, прогнозування попиту, класифікація даних.

Abstract. The problem of inefficient data processing in large-scale digital library systems is investigated. Traditional DLMS/LMS/ILS platforms lack scalability, adaptability, and mechanisms for forecasting users' information needs. With the continuous growth of documents, metadata, and search queries, the implementation of intelligent data-processing methods becomes essential. A machine-learning-based approach is proposed, combining recommendation algorithms, predictive analytics models, and clustering of search queries. This integrated method improves recommendation accuracy, reduces server load, and increases the efficiency of digital library management. The study substantiates that intelligent processing mechanisms play a critical role in building next-generation adaptive digital libraries.

Keywords: digital library, machine learning, recommendation system, predictive analytics, data classification.

Вступ. У сучасних умовах стрімкого зростання обсягів цифрової інформації електронні бібліотеки стають невід'ємною частиною наукової, освітньої та культурної інфраструктури. Однак традиційні бібліотечні інформаційні системи орієнтовані переважно на зберігання та пошук документів, залишаючи поза увагою потребу користувачів у персоналізованому доступі до знань та прогнозуванні їхніх майбутніх інформаційних запитів [1]. Це призводить до неефективного використання ресурсів, перевантаження пошукових модулів та зниження якості обслуговування. Актуальним стає створення інтелектуальних систем управління електронними бібліотеками, здатних до аналізу поведінки користувачів, визначення трендів попиту, формування рекомендацій та оптимізації внутрішніх процесів у режимі реального часу [2].

Загальні відомості. Сучасні системи електронних бібліотек зіштовхуються з низкою обмежень:

1. Статичні механізми пошуку.

Традиційні методи базуються на ручній класифікації та простих фільтрах, що не забезпечує високу релевантність результатів.

2. Відсутність адаптивності до користувача.
Системи не формують персоналізовані рекомендації, не враховують уподобання чи історію взаємодії [3].
3. Низька масштабованість.
Зростання обсягів даних призводить до падіння продуктивності через ліміти на обробку великих наборів метаданих та індексів.
4. Відсутність прогнозової аналітики.
Системи не здатні передбачити майбутні інформаційні потреби, черги запитів чи навантаження [4].

Ці фактори роблять актуальним упровадження інтелектуальних методів аналізу, що використовують алгоритми ML, кластеризацію та моделі часових рядів [1].

Методи та технології. Для підвищення ефективності управління електронною бібліотекою запропоновано використати комплекс методів:

1. Кластеризація документів та запитів
(k-means, DBSCAN, hierarchical clustering)
Використовується для автоматичного структурування великих масивів даних, виявлення тематичних груп та прихованих залежностей [5].
2. Класифікація документів:
(SVM, Naive Bayes, Random Forest)
Дозволяє автоматично визначати тип, категорію чи наукову галузь документа.
3. Рекомендаційні системи:
 - колаборативна фільтрація
 - контент-орієнтовані моделі
 - гібридні алгоритмиЗабезпечують персоналізований доступ до документів та підвищують ефективність навігації.
4. Моделі прогнозової аналітики:
(ARIMA, Prophet, LSTM)
Використовуються для прогнозування попиту на документи, навантаження на систему та популярності тем.

Комплексне використання цих методів забезпечує швидке, адаптивне та персоналізоване управління бібліотечними ресурсами.

Висновки. Запропонована інтелектуальна модель управління електронною бібліотекою дозволяє значно підвищити ефективність роботи цифрової бібліотеки та якість взаємодії користувачів із системою. Використання інструментів машинного навчання, рекомендаційних алгоритмів і прогнозової аналітики забезпечує покращення релевантності інформації, оптимізацію запитів та збільшення продуктивності. Отримані результати підтверджують перспективність впровадження інтелектуальних механізмів у сучасні бібліотечні системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson, 2021. 1136 p.
2. Manning C., Raghavan P., Schütze H. Introduction to Information Retrieval. Cambridge University Press, 2008. 482p.
3. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Recommender Systems Handbook. Springer, 2022. 1011 p.
4. Hyndman R., Athanasopoulos G. Forecasting: Principles and Practice. OTexts, 2020. 412 p.
5. Bishop C. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2016. 738 p.

КІПОРЕНКО І.С.,
КАТЄЛЬНИКОВ Д.І.

Вінницький національний технічний університет (Україна)

АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ОБРОБКИ КОМАНД У ПОДІЄВО-КЕРОВАНИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСАХ НА ОСНОВІ ІНВЕРСІЇ УПРАВЛІННЯ ТА МЕХАНІЗМІВ АВТОМАТИЧНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

Анотація: Стаття присвячена розробці архітектурного підходу для проектування високоадаптивних систем обробки команд у подієво-керованих програмних комплексах. Досліджено проблему управління зростаючим функціоналом та необхідністю синхронізації з зовнішніми API. Запропоновано рішення на основі

інтеграції патерну **Команда** з принципами **Інверсії Управління (IoC)** фреймворка *Spring Boot*. Обґрунтовано архітектуру, де IoC-контейнер автоматично збирає та інкапсулює логіку команд, а **патерн Слухач** забезпечує асинхронну диспетчеризацію. Ключовим результатом є реалізація механізму **автоматичної конфігурації** та пакетної реєстрації команд у зовнішньому API під час запуску системи, що гарантує її високу модульність, розширюваність та мінімізує операційні витрати на супровід.

Ключові слова: принцип Інверсії Управління, патерн Команда, патерн Слухач, автоматична конфігурація, подієво-керовані програмні комплекси.

Постановка проблеми. Проектування програмних комплексів, що функціонують у подієво-керованих асинхронних середовищах, таких як комунікаційні платформи: Discord, Slack, Viber, Meta, стикається з проблемою управління зростаючою кількістю функціональних команд. Традиційні підходи, що базуються на централізованій обробці подій та послідовних умовних конструкціях (if-else або switch), призводять до створення монолітних, погано масштабованих та складних для підтримки диспетчерів команд. Виникає необхідність розробки архітектурного рішення, яке забезпечує високу модульність, гнучке додавання нового функціоналу та автоматичну синхронізацію команд із зовнішніми API платформи.

Вирішені завдання дослідження. Для подолання означених проблем було поставлено та успішно вирішено наступні завдання:

1. **Розробка архітектури для декомпозиції функціоналу команд** із використанням принципів об'єктно-орієнтованого проектування та IoC.
2. **Створення ефективного механізму диспетчеризації подій (Dispatching)** на основі патерну **Слухач**, що мінімізує зв'язаність компонентів.
3. **Імплементація механізму автоматичної конфігурації** та реєстрації команд у зовнішньому API під час запуску програмного комплексу.

Суть дослідження. Дослідження базується на інтеграції патерну **Команда (Command Pattern)** з фреймворком **Spring Boot** та його механізмом **Інверсії Управління (IoC)** [1].

1. Модульна архітектура та IoC-контейнер

Функціонал був декомпонований шляхом визначення універсальних інтерфейсів команд (PrefixCommand, SlashCommand). Завдяки механізму **Component Scanning** фреймворка Spring IoC-контейнер автоматично ідентифікує та збирає всі реалізації цих інтерфейсів у відповідні колекції. Це перетворює додавання нового функціоналу з процедури модифікації центрального диспетчера на процедуру створення та розміщення нового класу, що значно підвищує модульність та підтримує принцип розширюваності.

2. Асинхронна диспетчеризація на базі патерну "Слухач"

Центральна обробка вхідних подій реалізована через спеціалізовані **Слухачі (CommandListener)**, які виконують функцію первинного фільтру та парсера. Слухач, після ідентифікації команди, використовує інжектований **Менеджер команд** (універсальний реєстр) для пошуку відповідного об'єкта-команди, після чого делегує йому виконання методу execute(Event) [2]. Цей механізм забезпечує суворе дотримання принципу **єдиної відповідальності (SRP)**, оскільки слухач займається виключно трафіком та маршрутизацією, а обробка бізнес-логіки інкапсульована у відповідному об'єкті команди (рисунок 1) [3].

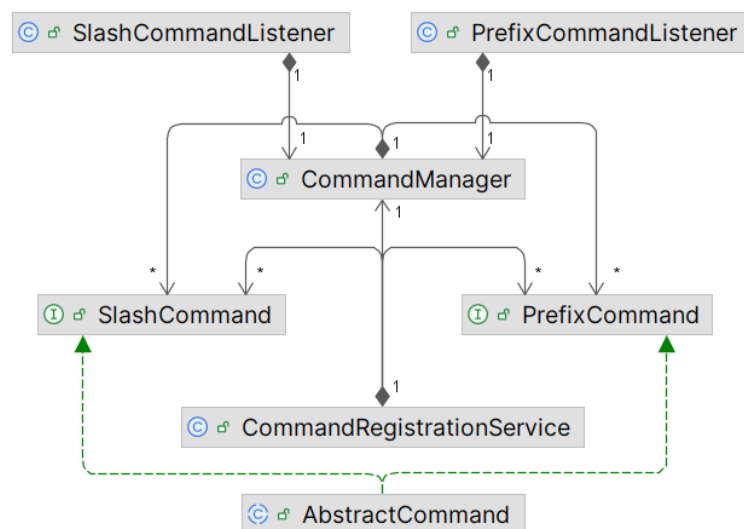


Рисунок 1 – Структурна схема організації команд

3. Автоматична конфігурація зовнішнього API та інкапсуляція метаданих

Для вирішення проблеми синхронізації між програмним комплексом та зовнішнім API платформи розроблено механізм автоматичної реєстрації. Кожен клас-команда інкапсулює не лише свою логіку, а й метадані, необхідні для реєстрації у зовнішньому середовищі (наприклад, метод `getCommandData()`) (рисунк 2).

Сервіс реєстрації автоматично отримує колекцію всіх необхідних команд від IoC-контейнера і використовуючи інкапсульовані метадані ініціює пакетну конфігурацію зовнішнього API платформи під час запуску системи [4]. Це забезпечує актуальність зовнішнього інтерфейсу та мінімізує операційні витрати.

Такий підхід дозволяє уникнути дублювання конфігурацій та гарантує узгодженість між внутрішньою структурою програми та зовнішнім середовищем. Крім того, автоматизована реєстрація зменшує ризик помилок, пов'язаних із ручним оновленням параметрів команд. У результаті система зберігає високу гнучкість і здатність до еволюційного розширення без необхідності втручання у вже існуючі модулі.

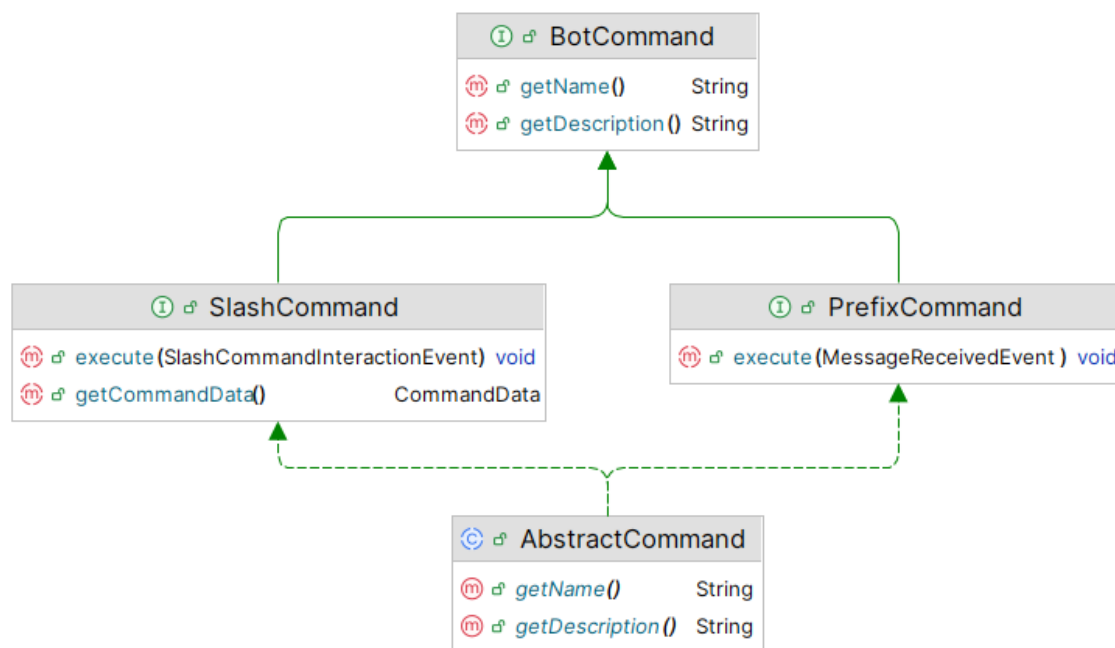


Рисунок 2 – Структура виконуваних команд

Висновки. Розроблене архітектурне рішення забезпечує високу ефективність у проектуванні подієво-керованих програмних комплексів, відповідаючи поставленій задачі:

1. **Підтверджено можливість створення високомодульної системи обробки команд**, де додавання функціоналу не вимагає модифікації існуючих диспетчерів.
2. **Досягнуто архітектурної гнучкості** шляхом успішної інтеграції патерну "Команда" та "Слухач" з принципами IoC, що значно покращує підтримуваність та тестовність.
3. **Імплементовано надійний механізм автоматичної конфігурації**, який гарантує постійну синхронізацію між внутрішнім функціоналом системи та її зовнішнім інтерфейсом, що є критично важливим для промислової експлуатації.

Список використаних джерел

- [1] "Spring Framework Documentation :: Spring Framework". Spring | Home. [Online]. Available: <https://docs.spring.io/spring-framework/reference/index.html>. [Accessed: Nov. 18, 2025].
- [2] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides, *Design Patterns. Elements of Reusable Object-oriented Software*. Boston, USA: Addison Wesley, 1994. 395 p.
- [3] R. C. Martin, *Agile Software Development, Principles, Patterns, and Practices*, 2d ed. London: Pearson Education, 2002. 552 p.
- [4] R. Martin, *Clean Architecture: A Craftsman's Guide to Software Structure and Design*. Hoboken, NJ, USA: Prentice Hall, 2017. 352 p.

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ФІНАНСОВОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В СТАРТАП-ЕКОСИСТЕМІ

Анотація: У статті досліджено роль цифрової трансформації у фінансовому менеджменті стартапів, що функціонують в умовах лімітованого бюджету та високої динамічності ринку. Проаналізовано значення прецизійного фінансового планування, автоматизації облікових процесів та використання цифрових сервісів для контролю витрат, бюджетування й прийняття data-driven рішень. Окрему увагу приділено інструментам фандрейзингу - краудфандинговим платформам Kickstarter, Indiegogo та професійній мережі AngelList - як ключовим механізмам залучення інвестицій та підвищення транспарентності для потенційних інвесторів. Обґрунтовано, що інтеграція фінансових застосунків та інвесторських платформ формує адаптивну й аналітичну фінансову модель, яка інкрементує ефективність управління ресурсами, знижує ризики та створює конкурентну перевагу для стартапів на ранніх стадіях розвитку.

Ключові слова: цифрова трансформація; фінансовий менеджмент; стартап-екосистема; фінансове планування; бюджетування; цифрові платформи; краудфандинг; Kickstarter; Indiegogo; AngelList; фандрейзинг; фінансова аналітика; управління ресурсами.

Компетентне розпорядження фінансовими активами репрезентує одну з фундаментальних компонент успішної ініціації стартап-проекту в умовах мінімального інвестиційного забезпечення. Доцільний алокація ресурсів на інціальних фазах діяльності є необхідною передумовою для гарантування максимальної результативності експлуатації лімітованих активів та елімінації непродуктивних видатків.[2]

На поверхневому рівні фінансове планування інтерпретується виключно як механізм калькуляції доходів і витрат. Однак фактично це багатовимірний процес, в рамках якого формуються персональні життєві орієнтири, а через діагностику актуального фінансового статусу конструюється стратегія їх імплементації. Попри те, що фінансове планування ґрунтується на квантитативних індикаторах. Такий план інкорпорує всі димензії фінансової активності: від заробітної плати чи кредитних зобов'язань до акумуляцій і перспективних придбань, що перебувають на етапі проектування. Це уможливорює отримання холистичного бачення ситуації й без стресових реакцій модифікувати фінансову поведінку: раціоналізувати видатки впродовж місяця, інтегрувати додаткові проєкти або навіть ініціювати власне підприємництво.[3]

Відтак, фінансовий план мінімізує фоновий стрес і нейтралізує тривожність, особливо в контексті економічних флуктуацій, що актуальні для України на сучасному етапі. Ініціація стартапу являє собою значно ширше явище, аніж концептуальна ідея. Це конвергенція стратегічного планування, валідних рішень і компетенції адаптуватися до екзогенних викликів.

У контемпоральному стартап-екосистемі критично важливо не просто розпочати функціонування з лімітованим фінансуванням, а й сконструювати адаптивну фінансову модель, що забезпечує оперативну реакцію на трансформації. [4] Цифрові платформи відіграють центральну функцію: вони гарантують транспарентність витрат, уможливають аналіз альтернативних сценаріїв і дають змогу підготуватися до масштабування до того, як воно стане критичним чинником.

Без адекватного підходу до планування, фінансового забезпечення, промоції та комерціалізації, навіть найперспективніші концепції залишаються нереалізованими або зазнають швидкої деградації. Для результативності проєкту необхідно експліцитно визначити цілі й відштовхуючись від них імплементувати доступний інструментарій.[1]

Коли засновник ідентифікує локації нераціонального витрачання бюджету – чи це маркетингові активності, чи передплати на SaaS-рішення, чи надлишковий персонал – цифрові засоби фацилітують трансформацію деструктурованої інформації в організовані дані. Це редукує ризик неефективної алокації бюджету й забезпечує максимальну результативність навіть на початковій стадії. Коли інвестори евалюють стартап, вони прагнуть візуалізувати не лише концепцію, а дисципліновану фінансову стратегію, верифіковану кількісними показниками й аналітичними інструментами.

Для стартапів ефективний фінансовий менеджмент має детермінуюче значення для забезпечення сталого прогресу та успішності. Кожна монетарна одиниця релевантна, і спроможність моніторити витрати та керувати бюджетом може стати дискримінантом між процвітанням і боротьбою за виживання на конкурентному ринку. Технологічну підтримку надають спеціалізовані додатки для управління фінансами. Ці інструменти надають стартапам можливість контролювати витрати, планувати бюджети та екстрагувати цінну інформацію про фінансовий стан.[6]

Резюмуючи: стартап із лімітованим початковим капіталом має пріоритетно управляти кожною монетарною одиницею як інвестицією, а не як витратою. Цифрові сервіси трансформують це управління з мануального процесу на автоматизований, аналітичний механізм, що конституює конкурентну перевагу в умовах обмежених ресурсів.

Стартапи часто оперують з лімітованим бюджетом, що детермінує необхідність прецизійного фінансового планування для превенції перевитрат. Додатки для управління фінансами надають інструментарій для моніторингу витрат, креації бюджетів та генерації фінансових репортів. Вони також асистують засновникам і фінансовим командам у контролі грошових потоків, гарантуючи досягнення фінансових таргетів.

Утилізуючи відповідні додатки, стартапи можуть оптимізувати управління грошовими потоками через контроль інфлоу та аутфлоу коштів, раціоналізувати бюджетування шляхом креації реалістичних бюджетів відповідно до бізнес-таргетів, економізувати темпоральні ресурси через автоматизацію рекурентних фінансових операцій, таких як генерація інвойсів та моніторинг витрат, забезпечувати комплаєнс через симпліфікацію податкової звітності та ведення акуратного обліку, приймати data-driven рішення через екстракцію інформації з фінансових репортів для формування обґрунтованих бізнес-стратегій.

Найбільш комплексним завданням для стартапів є фандрейзинг. Особливо в українському контексті, де венчурний капітал і доступ до інвесторів може бути обмеженим. Однак існує низка ефективних платформ, які можуть фацилітувати залучення необхідного фінансування.

Kickstarter репрезентує одну з найпопулярніших краудфандингових платформ глобально. Вона дозволяє стартапам агрегувати фінансування від осіб, зацікавлених у продукті чи концепції. Ця платформа партикулярно корисна для креативних проєктів у доменах технологій, дизайну, арту. До атрибутів належить можливість акумуляції коштів без делегування частки бізнесу, екстенсивна аудиторія потенційних інвесторів понад вісімнадцять мільйонів користувачів, глобальна маркетплейс. Лімітації для українських стартапів інкорпорує абсценцію підтримки української валюти, що детермінує необхідність рахунку у США чи ЄС, комісійні п'ять процентів від агрегованої суми плюс три-п'ять процентів за процесинг платежів.

Indiegogo є альтернативною популярною платформою для краудфандингу, що надає більшу флексибільність компаративно з Kickstarter. Вона релевантна як для стартапів, так і для непрофітних проєктів.

Характеристики інкорпорує підтримку як фіксованих, так і адаптивних кампаній, збори пролонгуються навіть після досягнення таргету, можливість ініціації міжнародних кампаній, підтримку PayPal та інших платіжних систем. Вона призначена для проєктів з інноваційними або соціальними компонентами, підприємств, які не конфідентні в досягненні мінімального таргету, але прагнуть максимізувати акумуляцію коштів.

Тарифікація на Indiegogo для українців інкорпорує комісію платформи п'ять процентів і комісію за транзакції три-п'ять процентів.

AngelList є платформою для стартапів, які шукають венчурних інвестицій або бізнес-ангелів. Вона також дозволяє підприємцям ідентифікувати таланти для експансії бізнесу. Ключові атрибути інкорпорує можливість комунікації з інвесторами, пошук кофаундерів або критичних співробітників, доступ до венчурних фондів.[5]

Саме завдяки таким платформам процес ідентифікації інвесторів стає більш структурованим і транспарентним. Вони не лише надають доступ до екстенсивної бази потенційних партнерів, а й дозволяють евалювати релевантність кожного інвестора для конкретного стартапу, що сигніфікантно підвищує вірогідність успішного фандрейзингу.

Залучення адекватних інвесторів є критичним етапом для будь-якого стартапу, але цей процес часто може репрезентуватися як надто комплексний. Завдяки інкрементальній кількості доступних інструментів для інвесторського залучення, засновники презентно мають доступ до інноваційних солюшнів, які симпліфікують та оптимізують їхні зусилля з фандрейзингу. Від традиційних методологій до найконтемпоральніших платформ на базі артифіціального інтелекту, ці інструменти призначені для ефективної конективності стартапів з адекватними інвесторами.[7]

Ідентифікація релевантних інвесторів може стати критичним моментом для будь-якого фаундера, а інструменти, доступні презентно, роблять цей процес більш ефективним і таргетованим, ніж будь-коли раніше. Інструменти для інвесторського залучення, що базуються на авансованих аналітичних даних і real-time даних, трансформують модальність, у якій стартапи конектяться з потенційними інвесторами.

Контемпоральні цифрові платформи дозволяють не лише ідентифікувати потенційних інвесторів, а й евалювати їхню релевантність для конкретного стартапу. Засновник може екстрагувати аналітику про попередні

інвестиції, домени інтересів і навіть ризиковий профіль кожного інвестора, що сигніфікантно підвищує вірогідність успішного фандрейзингу.

Крім того, інтеграція таких сервісів з інструментами управління бюджетом дає змогу евалювати ефективність атракчених коштів і планувати наступні фази експансії стартапу на основі верифікованих даних. Це дозволяє приймати стратегічно валідовані рішення, мінімізувати ризики та оптимізувати витрати на інціальних стадіях розвитку.

Ефективна утилізація цифрових сервісів у процесі планування бюджету та інвесторського залучення є критичною компонентою успішності контемпоральних стартапів. Вони дозволяють не лише контролювати фінансові флоу та оптимізувати витрати, а й забезпечують транспарентність для потенційних інвесторів, інкрементуючи конфіденцію до проекту. Завдяки аналітичним капабіліті сучасних платформ засновники можуть евалювати ризики, приймати обґрунтовані стратегічні рішення та адаптуватися до маркетних трансформацій ще на ранніх етапах розвитку. Краудфандингові платформи, такі як Kickstarter та Indiegogo, а також професійні інструменти для комунікації з інвесторами, як AngelList, дозволяють стартапам ідентифікувати фінансування та необхідні ресурси без делегування сигніфікантної частки власності. Інтеграція таких сервісів з інструментами управління бюджетом креює уніфіковану систему контролю та планування, що інкрементує ефективність експлуатації лімітованих ресурсів.

Таким чином, цифрові сервіси трансформують фінансове управління з рутинної та ризикованої активності на стратегічний і аналітичний процес.

Стартапи, які компетентно утилізують ці інструменти, отримують конкурентну перевагу, капабіліті оперативно реагувати на маркетні трансформації та конфіденцію у фінансовій стабільності, що є детермінантою довгострокової успішності та сталої експансії бізнесу.

Список використаних джерел:

1. Куц М. Фаундери в допомогу: найкращі інструменти для запуску стартапу. 09.05.2022. URL: <https://iampm.club.ua/blog/faunderu-v-dopomogu-najkrashhi-instrumenti-dlya-zapusku-startapu/>
2. Овчинников Л. Як запустити стартап в Україні з мінімальними інвестиціями: покрокова інструкція. 09.09.2024. URL: https://founder.ua/publication/how-to-launch-a-startup-in-ukraine-with-minimal-investment?utm_source=chatgpt.com
3. Упорядкуйте фінанси без стресу: 7 інструментів фінансового планування, які варто знати у 2025 році. 06.03.2025. URL: <https://ain.ua/2025/03/06/7-instrumentiv-finansovogo-planuvannia-yaki-varto-znati-u-2025-rozi/>
4. Фрідман А. 7 ключових елементів, які допоможуть вашому стартапу досягти успіху. 24.01.2025. URL: <https://its-time.com.ua/business-and-startups/7-klyuchovyh-elementiv-yaki-dopomozhut-vashomu-startapu-dosyagty-uspihu/>
5. 15 корисних ресурсів для стартапів. 11.07. URL: <https://drukarnia.com.ua/articles/15-korisnikh-resursiv-dlya-startapiv-qsk0v>
6. Kuten A. Best Financial Management Apps for Startups to Track Spending and Budget. 30.11.2024. URL: https://cloudvisor.co/best-financial-management-apps-for-startups/?utm_source=chatgpt.com
7. Toshniwal M. 6 Investor Outreach Tools Every Founder Should Know. 06.08.2025. URL: https://qubit.capital/blog/investor-outreach-tools-for-startups?utm_source=chatgpt.com

КЛІВЦЬКА А.О.,

здобувачка вищої освіти,

Науковий керівник: ШЕВЧУК О.В. кандидат педагогічних наук,

викладач кафедри цифрових, освітніх та соціо-економічних технологій,

Навчально-реабілітаційний заклад вищої освіти «Кам'янець-Подільський державний інститут»

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ФОРМУВАННІ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ТРАЄКТОРІЇ СТУДЕНТА

Анотація. У статті розглянуто роль технологій штучного інтелекту у формуванні індивідуальної освітньої траєкторії студента в умовах цифрової трансформації освіти. Висвітлено актуальність персоналізації навчання, зумовлену зростанням різноманітності освітніх потреб та необхідністю адаптувати навчальний процес до індивідуальних можливостей, темпу й стилю навчання. Проаналізовано наукові підходи до використання ШІ в освітньому середовищі, зокрема в аспектах діагностики стартового рівня, побудови персоналізованих маршрутів, інтелектуального тьюторингу, моніторингу прогресу та адаптивного коригування завдань. Визначено ключові переваги й обмеження застосування ШІ, серед яких — підвищення

мотивації, індивідуалізація контенту, автоматизована аналітика навчальних даних, а також ризики алгоритмічної упередженості й питання етичності. Наведено узагальнену структурно-функціональну модель застосування ШІ для підтримки індивідуальної освітньої траєкторії. Матеріали статті можуть бути корисними для викладачів, розробників освітніх програм, фахівців з цифрової педагогіки та дослідників, які працюють у сфері персоналізованого навчання.

Актуальність вивчення теми. У період швидкої цифровізації освіти та розвитку технологій на основі даних й алгоритмів машинного навчання, питання індивідуалізації освітнього процесу стає надзвичайно актуальним. Системи зі штучним інтелектом (ШІ) здатні адаптувати навчальний контент, темп і траєкторію відповідно до особистих потреб, попередніх результатів, стилю навчання й мотивації студента, що відкриває перспективу підвищення ефективності освіти і зменшення освітніх нерівностей. Зокрема, у висвітлених сучасних оглядах зазначається, що ШІ-технології в освіті дозволяють адресувати індивідуальні освітні траєкторії, оптимізувати навчальні шляхи, залучати учнів більш гнучко та мотивовано [4].

У світлі глобальних викликів — від дистанційного навчання до потреби освоювати життєво важливі навички в умовах зміни ринку праці — роль ШІ у створенні персоналізованих освітніх маршрутів виходить на передній план як стратегічна задача для систем вищої і професійної освіти.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Проблема полягає в тому, що традиційні моделі освітнього процесу зазвичай пропонують фіксований план навчання без достатньої адаптації до індивідуальних особливостей студента, тоді як зростаюча різноманітність студентів (рівень підготовки, стиль навчання, мотивація) потребує гнучких рішень. Науково-педагогічним завданням стає розробка концепцій, алгоритмів і методик застосування ШІ для формування індивідуальних освітніх траєкторій (ІОТ), що враховують ці особливості. З практичного боку, для навчальних закладів важливим є забезпечення ефективного, персоналізованого навчання, яке здатне підвищити успішність, зменшити відтік студентів і підготувати їх до умов цифрової економіки. Тим самим, інтеграція ШІ в освітній процес стає не просто технологічним трендом, а ключовим елементом модернізації системи освіти.

Аналіз основних досліджень і публікацій, виділення невирішених частин.

У сучасній науковій літературі зростає кількість досліджень, які аналізують застосування ШІ у персоналізованому навчанні. Наприклад, систематичний огляд Merino-Campos (2025) розглядає інтеграцію ШІ в персоналізоване навчання у вищій освіті, аналізуючи 45 досліджень і відзначаючи позитивний вплив на адаптивне навчання, залучення студентів і адміністративні процеси [3]. Інше дослідження Wang et al. (2024) охоплює категорії застосування ШІ-технологій в освіті — адаптивне навчання, персоналізоване тьюторство, профілювання та аналітику навчання [6]. Дослідження Bohdan (2025) фокусує увагу на концептуальних засадах інтеграції ШІ-технологій при розробці ІОТ для студентів із особливими освітніми потребами. Проте, незважаючи на значний прогрес, залишаються невирішеними такі складові: відсутність широких емпіричних досліджень із великими вибірками щодо ефективності ІОТ на базі ШІ, недостатня робота над методиками створення освітніх траєкторій із урахуванням емоційно-психологічних особливостей студентів, а також питання прозорості алгоритмів, їхньої адаптивності до різних контекстів (різні дисципліни, культурні середовища). Саме цим аспектам і присвячена означена стаття.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою цієї статті є теоретико-методичне обґрунтування і емпіричне дослідження ролі штучного інтелекту у формуванні індивідуальної освітньої траєкторії студента з огляду на ефективність, адаптивність та цифрову компетентність. З цією метою передбачається вирішення наступних завдань: провести аналіз існуючих підходів та моделей ІОТ на основі ШІ; виділити ключові компоненти і параметри, що забезпечують адаптивність освітньої траєкторії; розробити методику застосування ШІ-інструментів для формування ІОТ у навчальному процесі; здійснити пілотне дослідження впливу застосованої методики на результати студентів; окреслити рекомендації для освітніх установ щодо впровадження ШІ-рішень у формуванні індивідуальних траєкторій.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Технології штучного інтелекту дедалі глибше проникають у освітній простір, створюючи можливість будувати траєкторію навчання, орієнтовану на індивідуальні ритм, стиль і потреби студента. Дослідження показують, що платформи із адаптивним навчанням на основі ШІ змінюють роль викладача — з інструктора на фасилітатора, а студента — з пасивного учня на активного учасника освітнього процесу, який отримує персоналізовані завдання, зворотний зв'язок і можливість самостійно обирати навчальну траєкторію [2].

Одне з досліджень вищої освіти виявило, що інтеграція ШІ-рішень дозволяє підвищити залученість студентів і, за певних умов, поліпшити академічні результати завдяки більш глибокому аналізу даних про їхню навчальну поведінку, слабкі та сильні сторони [3].

Утім, інтеграція ІІ у формування індивідуальної освітньої траєкторії ставить складні виклики: алгоритмічна упередженість, питання приватності і безпеки даних студентів, а також нерівномірний доступ до потрібної інфраструктури [1].

В одному з останніх експериментів використано архітектуру «людина-у-цикл» (Human-in-the-Loop) для адаптивного навчання з використанням генеративного ІІ, де студент надає коментарі до відповіді системи, що дає змогу гнучко коригувати завдання відповідно до його стилю навчання та рівня підготовки — таким чином створюється ефективний зворотний зв'язок і підсилюється відчуття контролю над власним навчанням [5].

Це вказує на те, що ще одним перспективним напрямом є не просто використання ІІ як «чорного ящика», а розробка систем, де студент і алгоритм взаємодіють у рамках спільного процесу формування освітньої траєкторії, що відкриває новий простір для педагогіки адаптивного навчання.

Таблиця 1

Функції штучного інтелекту в формуванні індивідуальної освітньої траєкторії студента

Компонент індивідуальної освітньої траєкторії	Роль системи ІІ	Очікувані результати для студента
Діагностика стартового рівня	Аналіз тестів, робіт, поведінкових даних у LMS; визначення сильних і слабких сторін	Об'єктивне розуміння власного рівня, виявлення прогалин у знаннях
Персоналізація змісту	Підбір навчальних матеріалів за складністю, форматом (відео, текст, практикум), темпом	Зростання мотивації, краща відповідність матеріалу індивідуальним потребам
Адаптивне планування траєкторії	Формування індивідуального навчального маршруту (послідовність тем, модулів, завдань)	Чітке бачення «особистого» освітнього шляху, зниження перевантаження
Інтелектуальний тьюторинг	Надання підказок, пояснень, прикладів; моделювання «репетитора» на основі ІІ	Оперативний зворотний зв'язок, підтримка самостійної роботи
Моніторинг і аналітика прогресу	Відстеження динаміки успішності, часу роботи, типових помилок; побудова дашбордів	Усвідомлення власного прогресу, формування навичок саморегуляції
Адаптація цілей і завдань	Автоматичне коригування складності завдань, повторення ключових тем, пропозиція додаткових ресурсів	Індивідуальний темп просування, зниження ризику «випасти» з навчального процесу
Підтримка вибору освітньої траєкторії	Пропозиція дисциплін, курсів, спецкурсів на основі інтересів, успішності та прогнозних моделей	Більш усвідомлений вибір спеціалізації, модулів, елективів
Комунікація та рекомендації викладачу	Надання викладачу аналітики щодо групи й окремих студентів, виявлення ризикових випадків	Можливість точкової підтримки студентів, диференціація навчання
Урахування небажаних упереджень	Вбудовані механізми контролю алгоритмічної упередженості, пояснюваність рекомендацій	Підвищення довіри до системи, прозорість формування траєкторії
Формування цифрової компетентності	Вбудовані інструменти для роботи з даними, рефлексії, самооцінювання, планування навчання	Розвиток навичок роботи з ІІ-інструментами та керування власною освітньою траєкторією

Подана таблиця систематизує ключові компоненти індивідуальної освітньої траєкторії студента та демонструє, яку роль відіграють технології штучного інтелекту на кожному з етапів її формування. Структура таблиці охоплює три взаємопов'язані аспекти: функціональні можливості систем ІІ, педагогічні завдання, які вони допомагають реалізувати, та очікувані результати для студента.

Перші рядки таблиці підкреслюють важливість початкової діагностики, де ІІ здійснює глибокий аналіз даних успішності, поведінкових патернів у цифровому середовищі та результатів попереднього навчання. Це дає змогу створити точний профіль студента та окреслити його індивідуальні освітні потреби, що є фундаментом для побудови персоналізованого навчального маршруту.

Подальші позиції таблиці описують механізми персоналізації змісту, коли ІІ адаптує складність, формат і тип навчальних матеріалів відповідно до когнітивних характеристик студента. Застосування моделей машинного навчання дозволяє формувати навчальний план, який відповідає оптимальному темпу засвоєння, що суттєво знижує перевантаження та підвищує мотиваційний компонент.

Окремо підкреслена роль інтелектуального тьюторингу, який забезпечує студенту індивідуальні підказки, пояснення та приклади, моделюючи роботу персонального наставника. Це сприяє підтримці самостійної роботи, підсилює зворотний зв'язок і формує навички критичного мислення.

Не менш важливим є модуль моніторингу, де ШІ аналізує динаміку прогресу, виявляє типові помилки та формує дашборди для студента й викладача. Такий підхід допомагає своєчасно коригувати навчальну траєкторію, а також формувати в студента навички самооцінювання та саморегуляції.

Завершальні блоки таблиці показують стратегічне значення ШІ у підтримці вибору індивідуальної освітньої стратегії та забезпеченні етичності й прозорості алгоритмічних рішень. Системи, що враховують ризики упередженості та забезпечують пояснюваність роботи моделей, формують довіру до цифрових інструментів і сприяють розвитку цифрової компетентності студента.

Таким чином, таблиця демонструє, що штучний інтелект виконує не лише технічну, а й важливу педагогічну функцію — створює умови для побудови гнучкої, адаптивної та науково обґрунтованої індивідуальної освітньої траєкторії, яка відповідає сучасним вимогам цифрової освіти.

Висновки і перспективи подальших розвідок. Проведений аналіз дає підстави стверджувати, що штучний інтелект стає ключовим інструментом модернізації сучасної освіти, забезпечуючи умови для формування індивідуальної освітньої траєкторії студента. ШІ-технології розширюють можливості персоналізації навчання завдяки точній діагностиці рівня підготовки, адаптивному добору матеріалів, безперервному моніторингу прогресу та динамічному коригуванню навчальних завдань. Студент у такій системі отримує підтримку інтелектуального тьюторингу, доступ до релевантного контенту та можливість рухатися власним темпом, що підсилює його навчальну мотивацію та формує навички саморегуляції. У той же час використання ШІ потребує врахування низки викликів — забезпечення прозорості алгоритмів, недопущення упередженості, захисту персональних даних та підготовки викладачів до роботи з новими інструментами.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні комплексних моделей поєднання ШІ з традиційними педагогічними підходами, удосконаленні методів оцінювання ефективності індивідуальних освітніх траєкторій, розширенні емпіричних досліджень впливу ШІ на різні категорії здобувачів освіти, включно зі студентами з особливими освітніми потребами. Особливо актуальним є створення адаптивних, етично обґрунтованих і прозорих ШІ-систем, здатних забезпечувати безпечну й результативну персоналізацію навчання. Подальший розвиток цього напрямку сприятиме формуванню гнучких освітніх екосистем, у яких кожен студент матиме можливість створити власну траєкторію професійного та особистісного зростання.

Список використаних джерел

1. Воротивникова І., Дзабенко О., Морзе Н. Perspectives of implementation of personalized learning using artificial intelligence in higher education. *Information Technologies and Learning Tools*. 2025. Vol. 105, No. 1. Pp. 144-157.
2. Ayeni O.B., Al Hamad N.M., Onyebuchi N.C., Osawaru B., Adewusi O.E. AI in education: A review of personalized learning and educational technology. *GSC Advanced Research and Reviews*. 2024. Vol. 18, № 2. Pp. 261-271.
3. Merino-Campos C. The Impact of Artificial Intelligence on Personalized Learning in Higher Education: A Systematic Review. *Trends in Higher Education*. 2025. Vol. 4, No. 2. Article 17. URL: DOI: 10.3390/higheredu4020017.
4. Onyebuchi N.C., Olusola A.B., Al Hamad N.M., Adewusi O.E. AI in Education: A Review of Personalized Learning and Educational Technology. Published: Feb 2024. URL: researchgate.net/publication/390163119_AI_in_education_A_review_of_personalized_learning_and_educational_technology
5. Tarun B., Du H., Kannan D., Gehringer E.F. Human-in-the-Loop Systems for Adaptive Learning Using Generative AI. *arXiv preprint arXiv:2508.11062*. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2508.11062>
6. Wang S., Wang F., Zhu Z., Wang J., Tran T., Du Z. Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*. 2024. Vol. 252. Article 124167. URL: DOI: 10.1016/j.eswa.2024.124167.

*КЛЬОК Є.О.,
аспірант спеціальності D3(076) «Менеджмент», факультет бізнесу та права,
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна*

ІНСТРУМЕНТИ ЦИФРОВОГО ТА ПРОЄКТНОГО УПРАВЛІННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Анотація. Стаття присвячена дослідженню сучасних цифрових та проєктних інструментів управління в енергетичному секторі, особливо в умовах війни, що вимагають ефективного використання ресурсів. Визначено актуальність впровадження цифрових технологій (IoT, AI, хмарні сервіси, блокчейн тощо) для підвищення гнучкості та стійкості енергосистем. Проаналізовано наукові публікації українських та зарубіжних авторів

щодо проєктного менеджменту в енергетиці та цифровізації галузі, виокремлено невирішені питання інтеграції цих інструментів. Запропоновано концептуальні підходи до поєднання проєктного управління з цифровими рішеннями для оптимізації управління енергетичними проєктами, мінімізації ризиків та забезпечення енергоефективності. Зроблено висновки про те, що в умовах високої невизначеності (зумовленої воєнними діями) цифрові та проєктні інструменти управління стають критично важливими для підтримання функціонування енергетичних підприємств, а також окреслено перспективи подальших досліджень у цьому напрямку.

Ключові слова: цифрові технології; проєктний менеджмент; енергетичний сектор; IoT; штучний інтелект; хмарні сервіси; блокчейн; енергоефективність; цифровізація енергетики; управління енергетичними проєктами

Постановка проблеми. Енергетична система України під час війни стикається з безпрецедентними викликами, що актуалізує потребу трансформації підходів до управління ресурсами [1]. Функціонування підприємств енергетичної галузі в умовах війни потребує реалізації проєктів з впровадження інновацій у технічне оснащення, а відтак – розроблення підходів до оцінювання ефективності проєктного управління цими підприємствами [2]. Водночас війна стала поштовхом для активної цифровізації бізнес-процесів в енергетиці, адже енергетика в умовах війни потребує швидких та ефективних рішень, в основі яких – цифрові технології [3]. Український досвід доводить, що навіть у найгостріших кризових ситуаціях цифрові рішення (розгортання мобільних систем керування, автоматизація обліку, електронні платформи закупівель, онлайн-інструменти прогнозування попиту тощо) дозволяють зберігати керованість енергосистеми та оперативно реагувати на зміни [1]. Таким чином, актуальним науковим і практичним завданням є інтеграція інструментів цифрового управління та проєктного менеджменту для підвищення стійкості й ефективності енергетичного сектору в умовах обмежених ресурсів та високих ризиків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання проєктного управління в енергетичній галузі розглядалися в працях як зарубіжних класиків проєктного менеджменту (Г. Керзнер, Дж. Арчибалд, П. Морріс та ін.), так і українських науковців (Прокопенко Н.С., Круш К.-К.О та ін.) [2]. Дослідники приділяли значну увагу методологіям і технологіям управління проєктами в енергетиці, проте існує дефіцит прикладних рекомендацій щодо оцінювання ефективності проєктного менеджменту на підприємствах галузі. Сучасні роботи з цифровізації енергетики часто носять фрагментарний характер – зосереджені на окремих аспектах, від впровадження штучного інтелекту чи машинного навчання до питань кібербезпеки та соціально-економічних наслідків [6]. Водночас, для практичного застосування цифрових інновацій потрібен цілісний підхід, що поєднує різні перспективи розвитку галузі. Окремі автори досліджували інноваційні підходи до відновлення енергетичного сектору України в умовах війни та визначали ключові виклики цифрової трансформації галузі. Зокрема, Шапран Є.М. та ін. [4] окреслили причини неефективності класичних бізнес-моделей енергокомпаній та обґрунтували необхідність розкриття потенціалу цифрових можливостей для мінімізації комерційних ризиків і підвищення прибутковості у довгостроковій перспективі. Ними представлено модель оптимального запровадження цифровізаційного підходу в управлінні підприємствами енергетичної галузі з метою зменшення впливу комерційних ризиків. У новітніх українських дослідженнях простежується послідовне посилення уваги до цифровізації енергетики як ключового механізму підвищення її стійкості. Праці Олексійовця О.І. та Копішинської К.О., а також Сулейманова С.-Б. С. із співавт. підкреслюють, що впровадження цифрових платформ, систем автоматизованого моніторингу, аналітики даних та хмарних сервісів є визначальним для модернізації управління, зниження ризиків і підвищення прозорості енергетичних процесів [5; 6]. У роботах, присвячених ширшим аспектам цифрової економіки, доведено, що цифрові технології формують нові можливості для інклюзивного розвитку та зміцнення економічної стійкості, зокрема через посилення ролі інновацій як інструмента відновлення країни після масштабних руйнувань [7; 8]. Незважаючи на значний масив напрацювань, питання комплексної інтеграції цифрових та проєктних інструментів саме в енергетичному управлінні в умовах війни лишається недостатньо розкритим. Отже, попри наявні дослідження, лишаються невирішеними питання комплексної інтеграції цифрових інструментів у систему проєктного управління енергетичними проєктами, особливо в умовах турбулентності середовища, що і визначило вибір теми дослідження.

Мета статті. Метою роботи є визначення та теоретичне обґрунтування інструментів цифрового та проєктного управління в енергетиці, які забезпечують ефективне використання ресурсів та стійкість енергетичних підприємств в умовах воєнного часу. Для досягнення мети передбачено вирішення таких завдань: проаналізувати сучасні цифрові технології, що трансформують енергетичний сектор; дослідити методології проєктного менеджменту, адаптовані до специфіки енергетики; виявити синергетичний ефект від поєднання цифровізації та проєктного підходу для підвищення енергоефективності та мінімізації ризиків; сформулювати висновки щодо впровадження таких інструментів та окреслити перспективи подальших досліджень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Енергетичний сектор стрімко змінюється під впливом цифрових технологій, які відкривають нові можливості для оптимізації виробництва, розподілу та споживання енергії [6]. До основних сучасних цифрових інструментів, що трансформують галузь, належать:

- інтернет речей (IoT);
- штучний інтелект (AI) та аналітика даних;
- автоматизація процесів (RPA);
- хмарні обчислення та блокчейн.

Зокрема, *впровадження IoT* забезпечує підвищення ефективності генерації, продажу і розподілу енергії, шляхом збирання даних у реальному часі з великої кількості сенсорів та лічильників. Так, за прогнозами, світовий ринок IoT-рішень в енергетиці зросте з 20,2 млрд дол. США у 2020 році до 35,2 млрд дол. США у 2025 році [5], що підтверджує глобальну тенденцію до цифровізації енергомереж. *Штучний інтелект* використовується для керування «розумними» мережами, які забезпечують збалансований обмін енергією та даними між виробником і споживачем, а також для прогнозування попиту й генерації на основі погодних та інших факторів [3; 5]. *Автоматизація операцій* (впровадження RPA-рішень) дає змогу виконувати рутинні завдання – від зчитування показників лічильників і виставлення рахунків до обробки заявок споживачів – без участі людини, що прискорює процеси і знижує вплив людського фактора [5]. *Хмарні платформи* забезпечують обробку великих масивів даних і координацію роботи різних сегментів енергосистеми, підвищуючи прозорість фінансових і операційних показників та полегшуючи ухвалення рішень щодо витрат і продуктивності. *Блокчейн-технології* впроваджуються для прозорого ведення однорангової торгівлі енергією та відстеження походження енергії з відновлюваних джерел; вони дозволяють зберігати надлишкову енергію та автоматично укладати «розумні» контракти між виробниками і споживачами надлишків [5]. Сукупне застосування цих цифрових інструментів приводить до оптимізації управління енергосистемою: автоматизація процесів, підвищення гнучкості попиту, інтеграція розподілених ВДЕ – усе це сприяє більш ефективному використанню наявних енергетичних ресурсів та підвищенню надійності енергопостачання. Доступ у режимі реального часу до даних із сенсорів, лічильників, ГІС-систем, дронів, хмарних платформ і блокчейну дає можливість точно прогнозувати виробництво й споживання, оптимізувати навантаження та приймати обґрунтовані рішення на основі аналітики [6]. Наявність широкого різноманіття цифрових інструментів доводить, що цифровізація стає драйвером трансформації енергетики, формуючи інтегровані, гнучкі та клієнтоорієнтовані системи з підвищеною ефективністю і стійкістю до зовнішніх впливів.

Енергетичні проекти – від будівництва генеруючих потужностей до модернізації мереж – характеризуються значними масштабами, тривалістю та підвищеними вимогами до безпеки і надійності, зумовлюючи необхідність використання сучасних методів проектного менеджменту, адаптованих до специфіки галузі. Дослідження показують, що комплексне застосування економіко-математичних методів – від класичних засобів мережевого планування та лінійного програмування до багатокритеріальної оптимізації та динамічного моделювання – значно розширює можливості кількісної оцінки ефективності управління проектами [2]. Залежно від рівня невизначеності середовища та дефіциту ресурсів перевага надається різним інструментам: у тривожних, нестабільних умовах (як-от воєнний стан) вирішальну роль відіграють системно-динамічні підходи і експертні системи, що дозволяють моделювати розвиток ситуації та швидко коригувати плани; натомість у відносно стабільному середовищі ефективним є класичний арсенал мережевого планування та оптимізаційних розрахунків [2]. Іншими словами, чим вищий ступінь невизначеності та критичності ресурсів, тим важливіше застосовувати гнучкі, адаптивні методи управління проектами.

Одним із стратегічних інструментів розвитку проектного менеджменту є впровадження моделей зрілості проектного управління. Для енергетичних підприємств послідовне підвищення зрілості (на основі моделей *Capability Maturity Model Integration (CMMI)* чи *Organizational Project Management Maturity Model (OPM3)*) слугує своєрідною «дорожньою картою» еволюції їхніх управлінських процесів – від виконання поодиноких проектів до побудови цілісної системи стратегічного управління портфелями проектів [2]. Досягнення високого рівня зрілості за CMMI/OPM3 означає, що на підприємстві сформовано систему проектного управління з чітко регламентованими процесами, розгалуженою системою контролю та механізмами інтеграції всіх проектних ініціатив у загальний портфель. Проте досвід показує, що універсальні моделі зрілості потребують адаптації під специфіку енергетичної галузі. Зокрема, необхідно враховувати довготривалий цикл більшості енергетичних проектів, підвищені вимоги до безпеки, державне регулювання тощо. Для адекватного оцінювання зрілості саме енергетичних проектно-орієнтованих організацій до типових моделей доцільно додати спеціалізовані блоки та показники (наприклад, індикатори аварійності, екологічних впливів, рівня втрат в мережах і ін.). Лише з урахуванням галузевих особливостей модель зрілості перетвориться з формальної сертифікації на дієвий

інструмент розвитку проєктного менеджменту в енергетиці [2]. Саме поєднання проєктного підходу з врахуванням специфіки енергетики та використання сучасних цифрових технологій створює передумови для успішної реалізації інноваційних проєктів в галузі навіть за складних умов.

В умовах війни окреслені інструменти набувають особливої ваги. Застосування систем динамічного моделювання та оперативного планування дозволило українським енергетичним компаніям ефективніше перерозподіляти обмежені ресурси, швидко реагувати на пошкодження інфраструктури та забезпечувати стійкість енергосистеми. Паралельно активна цифровізація процесів – від дистанційного моніторингу обладнання до прогнозування споживання з використанням AI – дала змогу мінімізувати втрати, оптимізувати споживання палива для генерації та зменшити тривалість перерв у електропостачанні споживачам. Як зазначалося, використання цифрових інструментів у генерації, передачі та розподілі енергії автоматизує рутинні процеси і підвищує гнучкість попиту, що прямо впливає на ефективність використання енергоресурсів [6]. Крім того, цифрові технології забезпечують прозорість і контроль, знижуючи ризики зловживань і підвищуючи довіру споживачів – що є критично важливим у кризовий період. Можна констатувати, що синергія проєктного управління (яке задає структуру і дисципліну реалізації змін) та цифрових рішень (які надають інструменти для гнучкого та оптимізованого управління) стала ключовим чинником стійкості української енергетики під час війни.

Цифрова трансформація енергетики створює технологічні та соціально-економічні можливості, які посилюють здатність галузі залучати ширші групи населення до цифрових процесів управління та обслуговування енергосистеми. Дослідження розвитку цифрових секторів України показують, що сучасні цифрові інструменти формують доступні та гнучкі механізми участі соціально вразливих груп в економічній діяльності, що важливо для енергетики, де швидко зростає роль даних, онлайн-сервісів та дистанційного управління [7]. Також наукові результати доводять, що впровадження інноваційних технологій сприяє відновленню продуктивності економіки, модернізації галузевих процесів і формуванню стійких моделей розвитку, що має прямий вплив на здатність енергетики підвищувати ефективність та забезпечувати стабільність у період відбудови [8]. Таким чином, цифрові та проєктні інструменти в енергетиці доцільно розглядати як складову ширших трансформацій, які сприяють модернізації управління, підвищенню ефективності та розширенню можливостей для участі різних груп населення.

Висновки. Проведене дослідження доводить, що інтеграція цифрових технологій та проєктного менеджменту в енергетиці є необхідною умовою ефективного розвитку галузі в сучасних умовах, особливо під час війни. Цифрові інструменти (IoT, AI, хмарні сервіси, блокчейн тощо) кардинально змінюють підходи до виробництва, розподілу і споживання енергії, забезпечуючи підвищення енергоефективності, гнучкості попиту, прозорості операцій і стійкості системи до зовнішніх впливів. Проєктний підхід, у свою чергу, дає можливість структуровано впроваджувати ці інновації, керувати комплексними проєктами розвитку інфраструктури та швидко адаптувати плани під час криз. В умовах високої невизначеності та ризиків (військові дії, руйнування інфраструктури, дефіцит паливно-енергетичних ресурсів) саме системно-динамічні моделі, гнучкі методології управління проєктами і зрілі системи управління проєктними портфелями дозволяють енергетичним підприємствам підтримувати безперервність роботи та досягати поставлених цілей.

Перспективи подальших розвідок у даному напрямі полягають у деталізації прикладних механізмів впровадження розглянутих інструментів. Зокрема, потребує подальшого дослідження питання розробки *галузевої моделі зрілості проєктного управління* для енергетики України, яка б враховувала післявоєнні виклики та орієнтувалася на кращі світові практики. Також актуальними є дослідження ефективності конкретних цифрових рішень (наприклад, систем прогнозування попиту на основі штучного інтелекту, цифрових двійників енергосистем) у контексті їхнього внеску в енергетичну безпеку та економію ресурсів. В цілому, досвід війни показав, що ставка на цифровізацію і проєктний підхід є виправданою: вони разом формують основу для відновлення і розвитку енергетичного сектору на принципах стійкості, ефективності та інноваційності. Подальший рух у цьому напрямку сприятиме не лише післявоєнному відновленню енергетики України, але й її довгостроковому конкурентному розвитку та інтеграції у європейську енергетичну систему.

Список використаних джерел:

1. Марченко О. *Уроки з темряви: як війна в Україні змінює глобальне уявлення* // Українська енергетика (ua-energy.org). – 23.07.2025.
2. Прокопенко Н.С., Круш К-К.О. *Оцінка проєктного управління підприємствами енергетичної галузі* // Київський економічний науковий журнал. – 2025. – №8. – С.115–120.

3. Енергетичний сектор України в умовах війни – цифровізація як драйвер змін. IT Ukraine Association. 09.05.2025. URL: <https://itukraine.org.ua/energetichnij-sektor-ukrayini-v-umovah-vijni-cifrovizatsiya-yak-drajver-zmin.html> (дата звернення: 16.11.2025).
4. Шапран Є.М., Петрухнов О.В., Машченко Р.В. *Мінімізація впливу комерційних ризиків паливно-енергетичного комплексу України на управління підприємницькими структурами енергетичної галузі* // Ефективна економіка. – 2024. – №3. – DOI: 10.32702/2307-2105.2024.3.18.
5. Олексійовець О.І., Копішинська К.О. *Впровадження цифрових технологій енергетичними підприємствами для розвитку відновлюваної енергетики* // Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. “Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи”. – КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2023.
6. Сулейманов С.-Б. С., Рибачок Д.О., Голоцукова Т.Г. *Трансформаційний вплив цифровізації на енергетичний сектор* // Наука і техніка сьогодні. – 2025. – №8(49). – С.1717–1730.
7. Цимбалюк І., Хомюк Н., Цимбалюк С. Інклюзивний розвиток ІТ-сфери в Україні як можливість залучення соціально вразливих груп до цифрової економіки. *Економіка та суспільство*. 2025. 75. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-75-36>
8. Цимбалюк І. О. Вплив інноваційних технологій на економічне відновлення України. *Відновлення та реінтеграція: науковий погляд на стратегічні шляхи до сталого розвитку*: монографія / Заг. ред.: Цимбалюк І. О. Луцьк : Вежа-Друк, 2024. С. 38-56. https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/24527/1/vidn_reint_monogr.pdf

КОВАЛЕНКО О.О.

ВЛАСЕНКО Д.В.

Вінницький національний технічний університет

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ СТВОРЕННЯ ОСВІТНЬОГО ЕЛЕКТРОННОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА

Анотація: За результатами дослідження розглянуто роль та застосування математичних моделей у процесах проєктування, функціонування та адаптації освітнього електронного інформаційного середовища навчання (ОЕІС). Проаналізовані ключові моделі, що забезпечують персоналізацію контенту, відстеження знань та прогнозування поведінки студентів. Розглянута також загальна системна модель інформаційного середовища. Структуризація даних та використання математичного апарату необхідні для забезпечення адаптивності, ефективного розподілу ресурсів та підвищення якості освітніх послуг. Розробка ефективного освітнього середовища вимагає балансу між адаптивністю, функціональністю та точністю моделювання.

Ключові слова: математичне моделювання, адаптивне навчання, теорія відгуку, системне інформаційне середовище, освітнє електронне інформаційне середовище, марківські моделі, персональна освітня траєкторія, алгоритми створення програмного продукту, проєкт створення системи управління освітнім процесом.

Стрімке зростання обсягів навчальних даних, потреба в запровадженні змішаного навчання для навчальних закладів, необхідність розвитку безперервної освіти – все це вимагає створення ефективного освітнього електронного інформаційного середовища. Таке середовище формується за допомогою спеціальних платформ, має інструменти управління, моніторингу, комунікацій [1-3]. Але відомі технічні рішення не завжди мають чітку структуру вхідних, вихідних даних, не враховані особливості обробки інформації. Необґрунтованим також є вибір або власне формування математичного інструментарію. Для формування математичних моделей освітнього електронного інформаційного середовища доцільно визначити масштаби цілісної системи, поведінкові моделі відповідно до потреб користувачів або розподілу ресурсів, окремих сервісів освітньої інформаційної екосистеми. Для формування загальної системної моделі використовують теорії систем та множин, навчальних матеріалів, метаданих, які генеруються середовищі, вимагає переходу від інтуїтивного управління до науково обґрунтованого, керованого даними та результатами методу.

Метою дослідження є систематизація та аналіз математичних моделей, придатних для інтеграції в архітектуру ОЕІС та обґрунтування їх використання для підвищення ефективності освітніх й управлінських процесів, забезпечення адаптивності середовища для формування індивідуальних освітніх траєкторій.

Для забезпечення ефективності освітнього електронного інформаційного середовища, необхідно сформувати єдину множину інтеграції трьох рівнів моделювання – Sr -множина сервісів, Rs ресурсів, Us користувачів.

$$S = \{Sr; Rs; Us\}$$

Множина сервісів - це модулі управління, контент, комунікації. Множина ресурсів поділяється на людські, обчислювальні, інформаційні, апаратні. Множина користувачів поділяється за цільовою аудиторією – студенти, викладачі, керівництво. Загальна модель повинна описувати взаємозв'язки між цими множинами, чітко розділяючи вхідні, вихідні дані та внутрішні процеси обробки інформації.

Предметною областю освітнього електронного інформаційного середовища є автоматизація та цифровізація освітніх та управлінських процесів. Саме тому, визначення дефініції освітнього електронного інформаційного середовища передбачає врахування рівня освітнього процесу та його організації (управління), використання інформаційних технологій (мережі, комунікації – електронне) та якісне представлення інформації з подальшим формуванням зворотних зв'язків, результатів навчання. Саме для цього використовують теорію відгуку на подію, (Item Response Theory, IRT), яка дозволяє виміряти результати навчання відповідно до здібностей та отриманих знань і навичок студента.

Така модель використовується для сервісу тестування знань. Доповненням моделі цієї теорії є байєсівське відстеження знань (прихований марківський ланцюг), який дозволяє оцінити ймовірність помилок та вгадування студентом відповіді після заданого питання. Це дозволяє точно відстежувати динаміку засвоєння матеріалу. Як інформаційна технологія може бути запроваджена в сервісі тестування для корегування результатів тестування – рекомендації для викладача щодо додаткових питань, зменшення рівня оцінювання при великій вірогідності угадувань тощо. Але етично запроваджувати такі інструменти після ретельної перевірки складених питань тесту та їх оцінювання.

Поведінкові моделі передбачають моніторинг кроків користувача при роботі в інформаційній екосистемі для навчання й управління. Розробники мають свої маршрути діяльності користувачів. За цими кейсами сформовані сценарії тестування, інструкції використання. Але чи можуть такі маршрути бути однаковими для всіх та як оцінити їх ефективність – на такі питання повинні дати відповіді сформовані поведінкові моделі. Наприклад, за допомогою графу можна сформувати маршрут виконання завдань для навчання студента. В ідеалі такий маршрут повинен привести до самого високого результату при оцінюванні знань. Тобто, якщо студент прослухав лекцію, відповів на контрольні запитання, виконав практичні завдання, сформував та відіслав звіт про виконання, то його підсумкова оцінка за цією темою повинна бути максимальна. Контроль такої математичної моделі можна здійснити шляхом підрахунку кількості завантажених навчальних матеріалів, відвідування лекцій тощо. Але такі кількісні показники не можуть бути безумовною основою успіху на заліку або іспиту. Якість знань може бути не проявленою в процесі тестування або комунікацій з викладачем. Причин для цього може бути багато – і нерозуміння змісту дисципліни, і відсутність потрібних здібностей, і неповне виконання завдання, яке містить тільки опис дій. Аналіз такого графу дозволить виявити контрольні точки для опитування студентів, моделювання взаємодії студента з системою, викладачем, групою для отримання високого підсумкового результату навчання. Для кожного з студентів такий граф може бути індивідуальним. Або поведінкові графи можуть бути узагальнені для визначених груп студентів (за рівнем початкових знань, досвідом практичних навичок тощо).

Аналогічно можуть бути побудовані графи для діяльності користувачів інших цільових аудиторій – викладачів та керівництва навчального закладу або будь-якої іншої організації. Прогнозуючи результат, можна визначити мінімальний маршрут для виконання дій та мінімізувати час роботи з різними сервісами. Для цих користувачів така математична модель передбачає оптимізацію ресурсів часу, системного та власного навантаження, показників ефективності прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Отже, для системної структуризації освітнього електронного інформаційного середовища доцільно сформувати такі математичні моделі:

1. Загальна цілісна модель інформаційної екосистеми для підтримки освітнього процесу, наукових досліджень та управління навчальним закладом або/і визначеною організацією.
2. Модель взаємозв'язків сервісів, що складають основу освітнього електронного інформаційного середовища.
3. Поведінкові моделі для різних цільових аудиторій користувачів.
4. Моделі середовища кожного окремого сервісу.
5. Моделі прогнозування результатів навчання та/або управління відповідно до зміни вхідних даних та математики обчислень.

Список використаних джерел

1. Hori Kazuki, Fukuhara Hirotaka, Yamada Tsuyoshi Item response theory and its applications in educational measurement Part II: Theory and practices of test equating in item response theory. *Wiley Interdisciplinary Reviews Computational Statistics*. 14. 2020. DOI:[10.1002/wics.1543](https://doi.org/10.1002/wics.1543)

2. Shimada D., Okada K. Reliability Coefficient for Bayesian Knowledge Tracing Models. *Tech Know Learn* . 2025. DOI:10.1007/s10758-025-09829-7
3. Markov-chain-based-web-user-journey-prediction URL: <https://thatware.co/markov-chain-based-web-user-journey-prediction/>

КОВАЛЕНКО О.О.,

ЗВАРИЧ В. М.

Вінницький національний технічний університет

ФУНКЦІОНАЛЬНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖЕВОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ

Анотація: У роботі представлено систематизацію функціональних підсистем моніторингу та управління мережевою інфраструктурою, необхідних для забезпечення гарантованого рівня якості IT-послуг. Досліджено основні принципи роботи систем моніторингу, що здійснюють безперервну акумуляцію метричних даних для формування аналітичної звітності та прогнозування. Виявлено, що системи моніторингу диференціюються за цільовим призначенням, від локального аналізу вузлів до комплексного управління. Використання стандартизованих функцій, визначених моделлю ISO, є необхідною умовою для оптимізації ресурсокористування та мінімізації операційного втручання.

Ключові слова: мережеве управління, моніторинг продуктивності, рівень обслуговування сервісу, ISO-модель, керування конфігурацією, технічна діагностика, автоматизація IT-операцій, системне адміністрування.

В умовах експоненційного зростання складності корпоративних та глобальних комп'ютерних мереж, критично важливим є забезпечення відповідності якості IT-послуг заздалегідь узгодженим показникам, формалізованим за допомогою стандарту рівня обслуговування та стандартів якості [1-2]. Необхідність проактивного реагування на інциденти, запобігання відмовам та оптимізації використання дефіцитних інформаційних ресурсів вимагає впровадження інтегрованих, багаторівневих систем моніторингу. Актуальність дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні та систематизації ключових функціональних компонентів таких систем, зокрема у відповідності до міжнародних стандартів, що підвищує їхню діагностичну точність та ефективність управлінських рішень.

Метою дослідження є проведення структурного аналізу та систематизація основних функціональних груп, які формують комплексні системи моніторингу та управління мережами, з акцентом на їхнє застосування для валідації та підтримки вимог стандартів, а також для підвищення операційної надійності та безпеки IT-інфраструктури.

Для досягнення цілей дослідження та забезпечення безперебійної роботи мережевої інфраструктури, системи моніторингу та контролю реалізують комплекс взаємопов'язаних функцій, які можна класифікувати за їх роллю в управлінському циклі.

1. Підсистеми збору, аналізу та візуалізації даних реалізують моніторинговий цикл. Ці функції є основою для прийняття рішень і безпосередньо задіяні у вимірюванні метрик, які повинні відповідати стандартам та предметній області. Активація даних, їх відстеження, синхронізований збір ключових показників продуктивності (KPI) від мережевих вузлів, пристроїв та служб. Всі метричні дані зберігаються у сховищах даних для подальшого ретроспективного аналізу та аудиту.

Аналітична звітність формується як синтез інформації на основі поточних та історичних даних з метою ідентифікації трендів. Наприклад, довгостроковий аналіз навантаження дозволяє прогнозувати вичерпання ресурсів і планувати оптимальне масштабування інфраструктури.

Наочне подання звітних даних (діаграми, дашборди) для забезпечення оперативного та інтуїтивного сприйняття стану системи дозволяють візуально відслідковувати основні показники роботи мереж. Це приводить до можливості локалізації вузьких місць. Комплексний аналіз показників продуктивності дозволяє визначити низку компонентів інфраструктури, що спричиняють загальну деградацію сервісу.

Автоматизація проактивних сценаріїв реалізується за допомогою програмного забезпечення для автоматичного виконання рутинних адміністративних завдань або ініціювання коригувальних дій у відповідь на виявлені події.

2. Функціональні групи керування мережею згідно з рекомендаціями ISO, поділяє мережеві інструменти на п'ять основних груп, що охоплюють повний цикл управління.

Керування конфігурацією включає визначення та підтримку параметрів мережевих компонентів, їх топології та мережевих адрес.

Обробка відмов - це виявлення, ізоляція та усунення наслідків збоїв, що є критичним для мінімізації часу простою.

Аналіз продуктивності формує результат як систематичну оцінку часу відгуку, пропускної здатності та трафіку для планування розвитку мережі.

Забезпечення контролю доступу, збереження цілісності даних, управління автентифікацією, шифруванням та дозволами є основою системи керування безпеки.

Керування обліком дозволяє здійснювати реєстрацію використання мережевих ресурсів, що необхідно для білінгу та оптимізації експлуатаційних витрат.

3. Інструментарій системного адміністрування доповнює мережевий моніторинг, забезпечуючи управління робочими станціями та програмним забезпеченням.

Серед інструментів можна виділити такі групи як облік апаратного та програмного забезпечення, автоматизованого створення інвентаризаційних записів для швидкої оцінки наявних ресурсів та потреб в оновленні.

Централізоване розгортання ПЗ відповідає за створення та розповсюдження дистрибутивних пакетів програмного забезпечення, що значно знижує вартість процесу інсталяції. Можливість віддаленого керування та аналізу конфігурації ПК на основі інформації, збереженої в централізованій базі даних.

Комплексна система моніторингу та управління мережею є необхідним елементом забезпечення високої якості IT-послуг.

Інтеграція функціоналу від збору даних до автоматизації сценаріїв дозволяє перейти від реактивного до проактивного управління інфраструктурою.

Дотримання стандартів гарантує повноту управління: від конфігурації та безпеки до обліку ресурсів.

Список використаних джерел

1. Очікуваний рівень сервісу. SLA [URL:https://uahosting.com.ua/sla.php](https://uahosting.com.ua/sla.php)
2. ДСТУ ISO/IEC 27033-1:2017 Інформаційні технології. Методи захисту. Захист мережі. Частина 1. Огляд і поняття (ISO/IEC 27033-1:2015, IDT)

КОВАЛЬЧУК М. В.

Вінницький Національний Технічний Університет

РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБ-СИСТЕМИ ПОШУКУ ТА БРОНЮВАННЯ ПАРКОМІСЦЬ У МІСТІ ВІННИЦІ

Анотація. У тезі розглянуто актуальну проблему оптимізації паркування в міських умовах на прикладі Вінниці. Запропоновано веб-систему пошуку та резервування паркувальних місць, яка базується на відкритих даних Гео-порталу Вінницької міської ради. Система забезпечує інтерактивний пошук, візуалізацію на карті, бронювання місць та адміністративне управління. Реалізовано клієнт-серверну архітектуру з використанням PHP, JavaScript, MariaDB та бібліотеки Leaflet. Проведено аналіз аналогів, проектування бази даних, розробку інтерфейсу та механізмів безпеки. Результати тестування підтверджують ефективність системи в умовах реального міста.

Ключові слова: паркування, веб-система, бронювання, Гео-портал, Вінниця, Leaflet, MariaDB

У сучасних містах, зокрема у Вінниці, проблема пошуку вільних паркувальних місць є однією з ключових у сфері міського транспорту. Зростання кількості автомобілів призводить до перевантаження паркувальних зон, збільшення часу на пошук місця та негативного впливу на екологію через зайвий рух транспорту. Актуальність дослідження полягає в необхідності створення інтелектуальних рішень, які б оптимізували використання наявної інфраструктури та підвищили комфорт водіїв [1, 2].

Аналіз існуючих систем, таких як Parkopedia, ParkMe, m.Parking та GreenP, показав їхні сильні сторони (глобальне покриття, прогнозування, зручність бронювання) та обмеження (відсутність адаптації до українського ринку, зокрема Вінниці) [3–6]. Жодна з них не використовує локальні відкриті дані муніципалітетів та не враховує специфіку міських зон. Це визначає невирішену частину проблеми — розробку локалізованої системи для українських міст.

Метою роботи є створення веб-системи пошуку та бронювання паркомісць у Вінниці на основі відкритих даних Гео-порталу Вінницької міської ради. Поставлено завдання: сформувати набір даних у форматі JSON, конвертувати їх у CSV, спроектувати реляційну базу даних, реалізувати інтерактивний інтерфейс із картою, забезпечити механізми бронювання та безпеки.

Основний матеріал дослідження охоплює:

- 1) ****Формування даних****: отримано JSON-файл із Гео-порталу, конвертовано в CSV за допомогою Python-скрипта, структуровано в таблиці (parking_spots, parking_spots_individual, reservations тощо).
- 2) ****Архітектура****: трирівнева клієнт-серверна модель (HTML/CSS/JavaScript – PHP – MariaDB), розгорнута на LAMP-стеку.
- 3) ****Інтерфейс****: інтерактивна карта (Leaflet), таблиця з фільтрами, сторінка бронювання з плитками місць.
- 4) ****Безпека****: HTTPS, валідація даних, логування, fail2ban, iptables.

Тестування на віртуальному сервері (4 ядра, 4 ГБ RAM, 100 ГБ SSD) підтвердило стабільність роботи при одночасному доступі до 50 користувачів. Система скорочує час пошуку паркомісця на 70 % порівняно з традиційним методом.

Висновки: Розроблено функціональну веб-систему, адаптовану до Вінниці, яка використовує офіційні відкриті дані та забезпечує зручний пошук і бронювання. Перспективи: інтеграція з платіжними системами, мобільний додаток, підключення IoT-сенсорів для реального часу.

Список використаних джерел

1. Що означає паркувальне місце? URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2025/author/submission/24160> (дата звернення: 08.09.2025).
2. Intelligent parking systems. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221705002304> (дата звернення: 10.09.2025).
3. Система пошуку та бронювання паркомісць Parkopedia. URL: <https://www.parkopedia.com/> (дата звернення: 14.10.2025).
4. m.Parking: опис системи. URL: <https://mparking.lt> (дата звернення: 12.09.2025).
5. GreenP: офіційний додаток Торонто. URL: <https://www.greenp.com> (дата звернення: 15.09.2025).
6. Гео-портал м. Вінниці. URL: <https://geoportal.vn.ua> (дата звернення: 20.09.2025).

КОЛОДІЙ В.В.,
РОМАНЮК О.В.

Вінницький національний технічний університет

МЕТОД ОЦІНКИ АНТИАЛІАЙЗИНГУ НА ОСНОВІ ГРАДІЄНТНОГО АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕННЯ

Розглянуто метод оцінки антиаліайзингу на основі градієнтного аналізу зображення. Запропонований підхід дозволяє кількісно вимірювати ефективність згладжування контурів шляхом аналізу градієнтів зображення. Метод забезпечує високу чутливість до артефактів та може застосовуватися для порівняння алгоритмів, оптимізації графічних систем і автоматизованого аналізу якості.

Вступ. Антиаліайзинг впливає на чіткість контурів, візуальне сприйняття геометрії та якість рендерингу зображення [1]. Відсутність точних інструментів оцінки ускладнює порівняння алгоритмів, оптимізацію ігрових рушіїв і тестування графічних систем. Проблема оцінки ефективності антиаліайзингу залишається однією з ключових у сфері комп'ютерної графіки, зокрема у задачах рендерингу, візуалізації та аналізу якості зображень. Методи суб'єктивної оцінки не забезпечують відтворюваності результатів, а існуючі формалізовані метрики часто не враховують особливостей згладжування контурів [2]. Тому розробка об'єктивного, кількісного та універсального методу оцінки антиаліайзингу, який дозволяє кількісно виміряти ступінь згладження з урахуванням градієнтних переходів, інтенсивності контурів та рівня "зубчастості", є актуальним завданням.

Таким чином, метою роботи є розроблення та обґрунтування методу об'єктивної оцінки антиаліайзингу на основі градієнтного аналізу зображення. Завдання полягає у визначенні показників, що характеризують ефективність згладжування та описі алгоритму їх розрахунку.

Основна частина. У науковій літературі існують підходи до оцінки якості зображень на основі SSIM [3], PSNR [4], MTF [5] та інших метрик, однак більшість із них не орієнтовані саме на аналіз ефективності антиаліайзингу. Частина робіт пропонує використання спектральних перетворень та аналізу контрасту, але проблема прямого вимірювання згладження границь лишається відкритою.

Попередні роботи не враховують вплив антиаліайзингу на локальні градієнтні зміни, ширину переходів та структуру контурів. Також відсутні методики, орієнтовані на оцінку дрібних артефактів. Потребує розв'язання задача створення універсального й технологічно простого методу, який можна застосувати в автоматизованих системах аналізу продуктивності та якості графіки.

Запропонований метод кількісної оцінки ефективності антиаліайзингу базується на градієнтному аналізі зображення з використанням оператора Собеля [6], який вважається класичним градієнтним методом першого

порядку, що призначений для виявлення областей з максимальною зміною яскравості, дозволяє безпосередньо оцінити різкість переходів між пікселями та слугує показником якості згладжування. Чим ефективніше працює антиаліайзинг, тим меншими стають градієнтні значення на межах: різкі, контрастні переходи зменшуються, а східці на діагональних або криволінійних контурах згладжуються.

Оператор визначає похідну зображення вздовж осей X та Y. У зонах, де яскравість змінюється незначно, величина градієнта залишається низькою. Натомість у місцях різкого переходу інтенсивності утворюється високий градієнт, що вказує на наявність краю.

Оператор Собеля використовує дві компактні матриці (ядра згортки), відомі як маски Собеля. Вони послідовно застосовуються до кожного пікселя зображення для визначення горизонтальної (G_x) похідної згідно з формулою (1.1) та вертикальної (G_y) – відповідно до формули (1.2).

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

Модуль градієнта G, що є інтенсивністю краю визначається за формулою (1.3)

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (1.3)$$

Основна ідея методу полягає у визначенні ступеня різкості зображення та виявленні можливих ефектів згладжування (антиаліайзингу) шляхом аналізу градієнтів яскравості для кожного з кольорових каналів RGB з подальшим об'єднанням отриманих результатів у єдину оцінку.

На першому етапі вхідне зображення завантажується в оперативну пам'ять за допомогою засобів бібліотеки OpenCV [7]. Воно імпортується у форматі BGR, після чого розділяється на три окремі канали: червоний (R), зелений (G) та синій (B).

Для кожного каналу окремо обчислюються горизонтальні та вертикальні градієнти за допомогою оператора Собеля відповідно до формул (1.1) та (1.2). Це дає змогу оцінити зміну інтенсивності між сусідніми пікселями у напрямках X та Y, що дозволяє виявити різкі переходи, контури та межі об'єктів на зображенні.

Потім горизонтальні й вертикальні складові градієнта для кожного каналу об'єднуються шляхом обчислення модуля градієнта згідно з формулою (1.3), який характеризує загальну інтенсивність зміни яскравості. Після цього отримані значення модулів градієнтів каналів R, G і B усереднюються відповідно до формули (1.4).

$$\overline{G_{RGB}} = \frac{G_R + G_G + G_B}{3} \quad (1.4)$$

де G_R, G_G, G_B – модулі градієнта відповідних каналів.

У підсумку формується комбінована карта градієнтів, яка відображає сумарну інтенсивність змін яскравості для всіх кольорових каналів.

Отримане зображення проходить нормалізацію згідно з формулою (1.5).

$$G' = 255 \times \frac{\overline{G_{RGB}} - G_{min}}{G_{max} - G_{min}} \quad (1.5)$$

де G_{min}, G_{max} – мінімальне та максимальне значення вхідної матриці $\overline{G_{RGB}}$.

Це необхідно, оскільки після застосування оператора Собеля градієнтне зображення містить як додатні, так і від'ємні значення, що характеризують напрям зміни яскравості. У такому вигляді вони не можуть бути коректно відтворені, оскільки формати зображень, засоби відображення та бібліотеки комп'ютерного зору працюють у межах фіксованого діапазону яскравостей. Без етапу нормалізації результат був би некоректно відображений: зображення могло б виглядати повністю темним або надмірно яскравим, оскільки більшість значень виходила б за допустимі межі.

Під час нормалізації найменше значення яскравості у градієнтному зображенні приводиться до нуля, а найбільше – до 255, а всі проміжні значення масштабуються пропорційно між цими межами. Завдяки цьому формується зображення, яке коректно передає контраст і дає змогу наочно оцінити розподіл градієнтів. Контури об'єктів стають чіткішими, а переходи між світлими та темними ділянками – більш плавними.

Після цього обчислюється середній показник градієнта, який слугує кількісною характеристикою різкості зображення відповідно до формули (1.6).

$$S = \frac{1}{N} \sum G'_i \quad (1.6)$$

де N – кількість пікселів у зображенні;

G'_i – нормалізоване значення градієнта.

Таким чином, запропонований підхід підвищує ефективність оцінювання антиаліазингу, базуючись на градієнтному аналізі зображення з використанням оператора Собеля. Метод забезпечує надійне виділення контурів, ефективне зменшення шумових складових та формування інформативних градієнтних даних, необхідних для кількісного визначення ступеня згладженості країв. Отримані результати можуть бути використані для підвищення точності та ефективності методів оцінки антиаліазингу.

Висновок. Метод градієнтного аналізу демонструє високу ефективність у задачах кількісної оцінки антиаліазингу та може застосовуватись для порівняння алгоритмів, оптимізації графічних рушіїв, а також інтеграції в автоматизовані системи аналізу продуктивності. Перспективними напрямками подальших досліджень є поєднання градієнтного методу з частотними та перцептивними метриками, застосування машинного навчання для класифікації артефактів, а також розширення методу на складні сцени та динамічні зображення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В. В. Колодій, О. В. Романюк, «Аналіз методів згладжування,» Матеріали LIII Всеукраїнської науково-технічної конференції факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінниця, 2024. [Online]. Available: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2024/paper/view/20739>.
2. M. Cheon, T. Vigier, L. Krasula, J. Lee, P. Le Callet, and J.-S. Lee, "Ambiguity of objective image quality metrics: A new methodology for performance evaluation," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 93, art. 116150, Apr. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.image.2021.116150>
3. Y. Reznik, "Another Look at SSIM Image Quality Metric," in *IS&T International Symposium on Electronic Imaging 2023: Image Quality and System Performance XX*, pp. 1, 2023.
4. PSNR [Online]. Available: <https://uk.wikipedia.org/wiki/PSNR>. [Accessed: 14-Nov-2025].
5. MTF [Online]. Available: <https://evidentscientific.com/en/learn/white-papers/what-is-the-modulation-transfer-function>. [Accessed: 15-Nov-2025].
6. Sobel Operator [Online]. Available: https://docs.opencv.org/4.x/d2/d2c/tutorial_sobel_derivatives.html. [Accessed: 15-Nov-2025].
7. OpenCV [Online]. Available: <https://opencv.org/>. [Accessed: 16-Nov-2025].

КОМІСАРИК А.С.,

РОМАНЮК О.Н.

Вінницький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ЗАДАЧАХ РЕСТАВРАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

Анотація. У статті проведено аналіз сучасних нейронних мереж і глибинних архітектур, що застосовуються в задачах реставрації, підвищення якості та реконструкції цифрових зображень. Розглянуто принципи роботи згорткових мереж, автоенкодерів, генеративно-змагальних мереж та трансформерних моделей, визначено їх придатність до виявлення дефектів, шумів, артефактів та втрати деталізації. Досліджено особливості інтелектуальної реконструкції структури та кольору зображення, що є основою для побудови програмних засобів реставрації.

Ключові слова: реставрація зображень, нейронні мережі, згорткові мережі, GAN, автоенкодер, суперрезолюція, відновлення структури.

Сучасні методи обробки та реставрації цифрових зображень зазнали суттєвого розвитку завдяки впровадженню глибинних нейронних мереж, які забезпечують високий рівень точності при аналізі, реконструкції та усуненні дефектів візуальної інформації. Нейронні мережі стали одним із ключових інструментів сучасної обробки зображень, забезпечуючи високий рівень автоматизації і точності при розв'язанні задач, пов'язаних із відновленням, реконструкцією та реставрацією цифрових зображень. Завдяки здатності моделювати складні нелінійні залежності та працювати з багатовимірними даними, глибинні моделі демонструють високу ефективність у виявленні дефектів, усуненні шумів, реконструкції втрачених фрагментів і підвищенні роздільної здатності. Це дозволяє сформулювати основу для створення програмних засобів реставрації зображень нового

покоління, які забезпечують автоматичне або напівавтоматичне покращення якості цифрових матеріалів у технічній, художній, історичній та медичній сферах.

У цифровій формі зображення подається як матриця пікселів, де кожен піксель визначається числовим значенням інтенсивності або трьома значеннями кольорових компонентів у моделі RGB. Нейронні мережі здійснюють математичну обробку цих чисел, застосовуючи вагові коефіцієнти, що навчаються, для виявлення закономірностей та відхилень, властивих пошкодженню або спотворенню вхідним даним. Завдяки багаторівневій структурі, глибокі нейронні мережі здатні виділяти базові та високорівневі ознаки — від простих контурів до складних текстур і семантичних структур сцени, що є критично важливим для задач відновлення [1].

Одним із ключових етапів обробки зображень нейронною мережею є застосування згорткових операцій. Згорткові шари використовують набір фільтрів, які виділяють характерні ознаки локальних областей зображення: градієнти, структури, текстурні патерни. У задачах реставрації ці фільтри дозволяють виявляти дефекти, шумові компоненти та артефакти, що порушують цілісність зображення. Після виконання згортки застосовується нелінійна функція активації, така як ReLU, яка забезпечує універсальність моделі та здатність апроксимувати нелінійні залежності, властиві реальним пошкодженням — розривам, плямам, плівковим артефактам. На наступних етапах виконується пулінг, який зменшує розмірність ознак та дозволяє моделі фокусуватися на найбільш значущих фрагментах.

Важливе значення для задач реставрації відіграють архітектури типу Encoder–Decoder та U-Net, що реалізують принцип симетричного стиснення та розгортання зображення. У фазі кодування мережа стискає зображення, формуючи компактне представлення, у якому зберігаються ключові структурні закономірності. На етапі декодування модель реконструює вихідне зображення, відновлюючи втрачені деталі на основі вивчених ознак. Завдяки пропусчним зв'язкам у таких архітектурах забезпечується передача локальної та глобальної інформації, що підвищує якість реконструкції та запобігає розмиттю структури. На рисунку 1 показано узагальнену архітектуру моделі U-Net, яка є базовою для задач реставрації зображень [2].

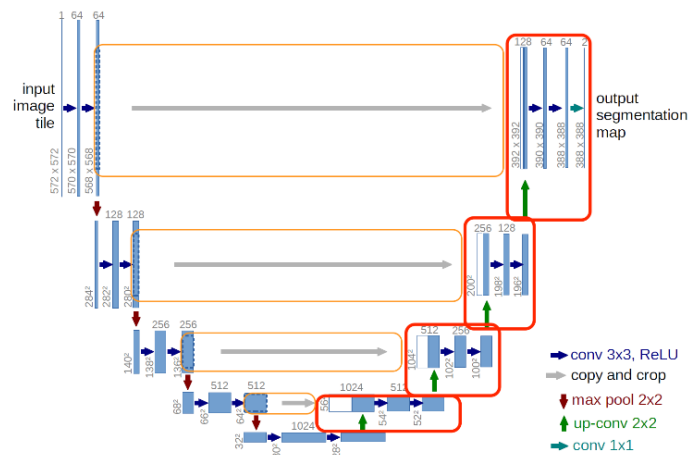


Рисунок 1 – Узагальнена архітектура моделі U-Net для реконструкції зображень

У задачах виявлення дефектів і аномалій на зображеннях нейронні мережі використовують принципи порівняння локальних структур з еталонними шаблонами, що дозволяє ідентифікувати пошкоджені ділянки, зміни яскравості, контрасту чи неприродні варіації кольору. Застосування автоенкодерів та варіаційних автоенкодерів (VAE) дозволяє навчати моделі відтворювати «здорову» версію зображення, а відхилення між вхідними та реконструйованими даними слугують основою для точного визначення дефектів. Подібні методи особливо ефективні для реставрації старих фотографій, сканів архівних документів та зображень з низькою якістю експозиції.

Значну увагу приділено задаче підвищення роздільної здатності (Super Resolution), яка є ключовою для реставрації зображень. Глибинні моделі, такі як SRCNN, EDSR, ESRGAN, виконують реконструкцію високочастотних компонентів, що дозволяє значно покращити деталізацію та чіткість зображення без штучного посилення шумів.

У задачах видалення шуму (Denoising) ефективно застосовуються моделі типу DnCNN та UNet-based architectures, які адаптивно виділяють та пригнічують шумові компоненти, зберігаючи при цьому важливі структурні елементи зображення. Подібний підхід дозволяє якісно видаляти адитивний, мультиплікативний та імпульсний шум, що характерно для старих цифрових або відсканованих зображень [3].

Важливим напрямом є реконструкція втрачених фрагментів. Використання генеративно-змагальних мереж (GAN) дозволяє синтезувати відсутні області з урахуванням глобального контексту, забезпечуючи

збереження стилю, текстури та семантики зображення. У результаті мережа не просто копіює сусідні пікселі, а генерує нові з урахуванням структури об'єкта. Наприклад, заповнення фрагментів обличчя або архітектурних елементів відбувається з високим ступенем реалістичності.

Ключовою перевагою нейронних мереж у задачах реставрації є їх здатність не лише відновлювати поверхневі ознаки, а й відтворювати семантичну цілісність зображення, що недосяжно методами класичної фільтрації. На рисунку 2 наведено приклад семантичного відновлення втрачених фрагментів за допомогою GAN.

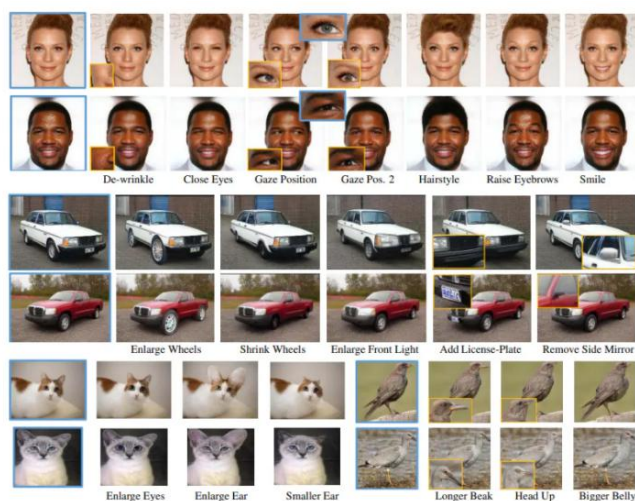


Рисунок 2 – Семантичне відновлення фрагментів зображення методом GAN

Водночас застосування нейронних мереж має обмеження. До основних недоліків належать необхідність у великих вибірках навчальних даних, значні обчислювальні витрати, складність налаштування параметрів моделі та ймовірність генерації некоректних або штучно «перегладжених» елементів під час реконструкції. Проте сучасні архітектури, оптимізовані функції втрат та апаратні засоби (GPU, TPU) значно зменшують ці обмеження, роблячи нейромережеві методи основою сучасної реставрації.

Таким чином, нейронні мережі формують сучасну парадигму реставрації зображень, забезпечуючи високоточне виявлення дефектів, реконструкцію текстур, відновлення втрачених фрагментів та підвищення роздільної здатності. Їх інтеграція у програмні засоби створює нові можливості для автоматизації реставраційних процесів і значного підвищення якості цифрових зображень у наукових та прикладних задачах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ji, Liya. Image Restoration, Editing, and Assessment with Generative Artificial Intelligence. Hong Kong University of Science and Technology (Hong Kong), 2024.
2. Isaac J. S., Kulkarni R. Super resolution techniques for medical image processing. // International Conference on Technologies for Sustainable Development, ICTSD, 2015. – 1–6 pp.
3. Згорткові нейронні мережі (частина 1) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://itmaster.biz.ua/programming/vision/cnns1.html>

КРИЛОВ М. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

ПОТЕНЦІАЛ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЦИФРОВІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Цифровізація освіти потребує впровадження інтелектуальних технологій, здатних забезпечити автоматизоване створення різноманітного навчального контенту. Одним із ключових напрямів такого розвитку є застосування генеративного штучного інтелекту (ГШІ), що дозволяє формувати текстові та графічні матеріали на основі навчених моделей [1]. У цьому контексті особливого значення набуває порівняльний аналіз різних архітектур ГШІ, оскільки ефективність їх застосування в освітньому процесі істотно варіює залежно від типу матеріалів, які необхідно створити.

Об'єкт дослідження — процес генерації навчального контенту засобами ГШІ.

Предмет дослідження — ефективність і обмеження різних архітектур ГШІ (GAN, VAE, дифузійні моделі, LLM) у цифровому освітньому середовищі.

Мета дослідження — здійснити порівняльний аналіз можливостей зазначених архітектур для

автоматизованого формування навчальних матеріалів та визначити їхні оптимальні сфери застосування.

На відміну від існуючих оглядів, робота зосереджена на оцінюванні моделей у розрізі конкретних типів навчального контенту (тексти та симуляції) та визначенні функціональних обмежень кожної архітектури в педагогічному контексті.

Генеративно-змагальні мережі (GAN), завдяки своїй архітектурі «генератор–дискримінатор», демонструють високу якість синтезу зображень та наочних ілюстрацій, що є корисним для візуалізації об'єктів природничих та інженерних дисциплін [2]. Однак їх застосування у створенні навчальних текстів обмежене нестабільністю навчання та високою залежністю від обсягу тренувальних даних.

Варіаційні автокодекери (VAE) забезпечують більш стійке й контрольоване генерування, але поступаються GAN у фотореалістичності. Їх доцільно використовувати для швидкої генерації схем, спрощених графічних пояснень чи варіантів об'єктів, де головною вимогою є структурна коректність, а не максимальна деталізація.

Дифузійні моделі в останні роки стали домінуючим підходом до створення високоякісних зображень, а також коротких відеофрагментів, що можуть використовуватися для пояснення технічних явищ або демонстрації процесів у фізиці та хімії [3]. Їх перевагою є стабільність і здатність до генерації з високим рівнем деталізації, хоча створення матеріалів є затратним.

Великі мовні моделі (LLM), такі як GPT, Claude чи Gemini, відзначаються універсальністю і здатністю формувати текстові лекції, тести та пояснення різної складності [1]. Їхнім основним обмеженням залишаються ризики галюцинацій та відсутність гарантованої точності, що потребує додаткових механізмів валідації [1].

Порівняння цих архітектур засвідчує, що жодна з них не є універсальною для всіх типів навчального контенту. GAN та дифузійні моделі оптимальні для фотореалістичних зображень та високоякісної візуалізації; VAE — для структурованих графічних матеріалів; LLM — для текстових матеріалів та побудови персоналізованих пояснень. У цифровому освітньому середовищі найбільший ефект досягається шляхом їх комбінованого використання.

Проведений аналіз показує, що застосування ГШІ може істотно прискорити створення освітніх матеріалів, підвищити їхню індивідуалізацію та розширити можливості викладача у формуванні навчальних ресурсів. Разом із тим залишаються виклики, пов'язані з коректністю згенерованого контенту, етичними аспектами використання ГШІ та необхідністю розроблення методів перевірки надійності матеріалів. Перспективним напрямом подальших досліджень є інтеграція декількох архітектур ГШІ в єдиний інтелектуальний комплекс, здатний автоматично вибирати оптимальну модель залежно від типу навчального матеріалу та цілей навчання.

Список літератури

1. Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D. ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education, Article 102274 (2023), pp. 1–12.
2. Ho, J., Jain, A., & Abbeel, P. Denoising Diffusion Probabilistic Models (NeurIPS), Vol. 33, pp. 6840–6851 (2020).
3. Karras, T., Aittala, M., Hellsten, J., Laine, S., Lehtinen, J., & Aila, T. Training Generative Adversarial Networks with Limited Data (2020), URL: <https://arxiv.org/abs/2006.06676>.

КРИТЕНКО ОЛЕНА

доцент кафедри публічного управління та митного адміністрування УМСФ

ПУБЛІЧНО-ПРИВАТНЕ ПАРТНЕРСТВО ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ ВІДНОВЛЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ГУМАНІТАРНИМИ КРИЗАМИ

Анотація: розглянуто публічно-приватне партнерство як інноваційний інструмент реагування на гуманітарні кризи та післявоєнного відновлення. Обґрунтовано необхідність залучення бізнесу, державних інституцій і громадянського суспільства до спільної реалізації проєктів, спрямованих на подолання наслідків воєнних дій, міграційних процесів та соціально-економічної нестабільності. Визначено ключові форми публічно-приватного партнерства у сфері гуманітарного реагування, включно зі створенням логістичних центрів, використанням цифрових платформ, механізмами громадської участі, та спільним фінансуванням програм відновлення. Наголошено на ролі цифрових технологій у забезпеченні прозорості, координації та моніторингу реалізації проєктів. Показано, що публічно-приватне партнерство формує нову парадигму публічного управління, засновану на довірі, інноваційності та багаторівневій взаємодії, яка є ключовою для сталого розвитку та ефективного управління гуманітарними кризами.

Ключові слова: публічно-приватне партнерство; гуманітарні кризи; публічне управління; післявоєнне відновлення; інноваційні технології; цифровізація; багаторівнева взаємодія; державний сектор; приватний сектор; громадянське суспільство.

Abstract: public-private partnership is considered as an innovative tool for responding to humanitarian crises and post-war recovery. The need to involve business, state institutions and civil society in the joint implementation of projects aimed at overcoming the consequences of military actions, migration processes and socio-economic instability is substantiated. Key forms of public-private partnership in the field of humanitarian response are identified, including the creation of logistics centers, the use of digital platforms, public participation mechanisms and joint financing of recovery programs. The role of digital technologies in ensuring transparency, coordination and monitoring of project implementation is emphasized. It is shown that public-private partnership forms a new paradigm of public governance, based on trust, innovation and multi-level interaction, which is key for sustainable development and effective management of humanitarian crises.

Keywords: public-private partnership; humanitarian crises; public administration; post-war recovery; innovative technologies; digitalization; multi-level interaction; public sector; private sector; civil society.

Сучасні виклики, спричинені глобальними трансформаціями, воєнними діями та масштабними гуманітарними кризами, актуалізують потребу в оновленні механізмів публічного управління. Ефективне реагування на гуманітарні виклики та відновлення зруйнованих територій потребує нових форм взаємодії між державою, бізнесом та громадянським суспільством. У цьому контексті публічно-приватне партнерство постає як один із найдієвіших інструментів мобілізації ресурсів і впровадження інновацій у сфері публічного управління.

Публічно-приватне партнерство – співробітництво між публічним та приватним партнерами, що здійснюється на основі договору та відповідає ознакам публічно-приватного партнерства [1]. Отже, під публічно-приватним партнерством, в контексті нашого дослідження, ми будемо розглядати організаційно-правовий механізм, який забезпечує реалізацію суспільно значущих проєктів на засадах розподілу ризиків, ресурсів та відповідальності між державним і приватним секторами. На відміну від традиційних форм взаємодії, публічно-приватне партнерство передбачає довгострокову кооперацію, спрямовану на створення соціальної цінності, а не лише на досягнення економічного результату.

Сучасна модель публічно-приватного партнерства виходить за межі класичного економічного розуміння, інтегруючи принципи інноваційного, цифрового та соціально орієнтованого управління. Участь громадських об'єднань у таких партнерствах розширює можливості громадського контролю та забезпечує сталість рішень, що приймаються у сфері державної політики.

У сучасних умовах надзвичайних гуманітарних ситуацій – викликаних воєнними діями, міграційними потоками, екологічними катастрофами – державні інституції часто не здатні самостійно забезпечити належний рівень реагування. Залучення приватного сектору дозволяє підвищити ефективність управління завдяки фінансовим, технологічним та інфраструктурним ресурсам бізнесу.

Публічно-приватне партнерство у сфері гуманітарного реагування може реалізовуватись у формах:

- 1) створення спільних логістичних центрів для забезпечення постраждалих регіонів;
- 2) використання цифрових платформ для обліку, координації та прозорого розподілу допомоги;
- 3) участі приватних компаній у програмах тимчасового розміщення, медичного забезпечення чи відновлення критичної інфраструктури;
- 4) спільного фінансування програм післявоєнної відбудови у співпраці з міжнародними донорами [2].

Таким чином, державно-приватне партнерство виступає ефективним інструментом багаторівневого публічного управління, де взаємодіють центральна влада, місцеві громади, бізнес і громадські організації.

Інноваційність сучасних форм публічно-приватного партнерства проявляється у використанні цифрових технологій управління кризами. Зокрема, цифровізація процедур дозволяє:

- 1) забезпечити відкритість інформації про реалізацію проєктів та використання коштів;
- 2) підвищити рівень довіри до органів влади;
- 3) забезпечити ефективну координацію між учасниками процесу через онлайн-платформи;
- 4) формувати нові моделі міжнародної співпраці, що базуються на стандартах прозорості та сталого розвитку.

Серед ефективних цифрових інструментів, які можуть бути інтегровані у систему публічно-приватного партнерства, – є системи електронного документообігу, геоінформаційні системи моніторингу стану відновлюваних об'єктів, блокчейн-рішення для прозорого обліку гуманітарної допомоги.

Вітчизняні науковці розглядають наступні інноваційні моделі публічно-приватного партнерства та їх роль у відбудові зруйнованих територій в Україні:

1. Скрипнюк О. В. вважає модель Build-Operate-Transfer однією з найефективніших для великих інфраструктурних проєктів. Її суть полягає у тому, що приватний партнер фінансує, будує та керує об'єктом

протягом певного часу, потім передає його державі. Відповідна модель відіграє важливу роль у процесах післявоєнної відбудови, оскільки забезпечує оперативну мобілізацію необхідних ресурсів для реконструкції критично важливих об'єктів, водночас зменшуючи фінансове навантаження на державний бюджет [2].

2. Кузьменко Г. та Телендій А. виокремлюють модель Public-Private Innovation Hubs, яку трактують як форму створення спільних інноваційних центрів, орієнтованих на розробку нових технологій та управлінських рішень у сфері відбудови й модернізації інфраструктури. Зазначена модель забезпечує формування інноваційних підходів до ефективної реконструкції, сприяє впровадженню технологічних новацій та дозволяє залучати диверсифіковані джерела фінансування для реалізації проєктів відновлення [3].

3 Матвійшин Є. Г. акцентує увагу на моделі «Revenue-Share Partnerships», відповідно до якої приватні інвестори здійснюють фінансування відбудови об'єктів, що здатні генерувати стабільні доходи, зокрема комунальних підприємств або транспортної інфраструктури [4]. У межах цієї моделі приватний сектор інвестує у відновлення дохідних об'єктів та отримує визначену частку прибутків від їх подальшої експлуатації. Такий підхід забезпечує оперативне відновлення критично важливої інфраструктури без значних початкових бюджетних витрат, сприяє підвищенню прозорості розподілу доходів і створює стимули для ефективного управління відновленими об'єктами.

Післявоєнна відбудова України потребує мобілізації колективних зусиль усіх суспільних інститутів. Саме через механізми публічно-приватного партнерства можливо залучити інвестиції у критично важливі сфери – інфраструктуру, охорону здоров'я, освіту, енергетику, житлове будівництво. Важливою умовою є створення сприятливого нормативно-правового середовища, удосконалення процедур оцінки ефективності проєктів і розвиток механізмів громадського моніторингу. Такі моделі, як «Build–Operate–Transfer», «Public-Private Innovation Hubs» та «Revenue-Share Partnerships», забезпечують оперативне залучення ресурсів, впровадження інноваційних технологій та підвищення ефективності взаємодії між державними структурами й приватним сектором.

Ефективне партнерство держави, бізнесу та громадянського суспільства має стати основою сталого розвитку та інституційної довіри, яка є запорукою стабільності державного управління в умовах кризових викликів. Публічно-приватне партнерство є стратегічним напрямом модернізації публічного управління та одним із головних інструментів післявоєнного відновлення. У поєднанні з цифровими технологіями, інноваційними методами координації та міжнародною співпрацею ППП формують нову парадигму управління гуманітарними кризами, засновану на партнерстві, відкритості й ефективності.

Список використаних джерел

1. Про публічно-приватне партнерство: Закон України від 19 червня 2025 року № 4510-IX. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4510-20#Text>
2. Скрипнюк О. В. Перспективи реалізації публічно-приватного партнерства в умовах війни та у період післявоєнної розбудови: державно-управлінський аспект. Публічне управління та митне адміністрування. Вип. № 1 (36). 2023. С. 79–88. URL: <http://customs-admin.umsf.in.ua/archive/2023/1/12.pdf>
3. Кузьменко Г., Телендій А. Інноваційні моделі публічно-приватного партнерства у відбудові зруйнованих територій: виклики та можливості. Наукові праці Міжрегіональної академії управління персоналом. *Політичні науки та публічне управління*. 2024. Випуск 4 (76). С. 71 – 77. URL: <https://journals.maup.com.ua/index.php/political/article/download/4565/4873/5254>
4. Матвійшин Є. Г. Перспективи використання державно-приватного партнерства для відбудови України у повоєнний період. Демократичне врядування. Вип. № 2 (30). 2022. С. 29–41. URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/jan/29791/verstkazdoi-31-45_0.pdf

КРИТЕНКО ОЛЕНА

доцент кафедри публічного управління та митного адміністрування УМСФ

СОЛОМКА ВІКТОРІЯ

студентка магістратури УМСФ

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ КАР'ЄРНОГО РОЗВИТКУ В МИТНОМУ АДМІНІСТРУВАННІ

Анотація: Розглядається сутність та особливості цифрової трансформації кар'єрного розвитку державних службовців у сфері митного адміністрування. Показано, що цифровізація змінює традиційні моделі кар'єрного планування, акцентуючи увагу на розвитку цифрових компетенцій, мобільності кадрів, нових професійних ролях та застосуванні HR-аналітики. Проаналізовано світові підходи, зокрема модель OECD Digital Talent and Skills, а також українські тенденції цифровізації митниці. Визначено ключові виклики — цифровий розрив, інертність

організаційної культури, потребу в модернізації систем навчання та оцінювання. Обґрунтовано необхідність впровадження компетентнісних моделей, онлайн-платформ розвитку, нових траєкторій кар'єри та інтеграції цифрового компонента у кадрову політику митної служби. Зроблено висновок, що цифровізація кар'єрного планування є стратегічним чинником підвищення ефективності митного адміністрування та формування кадрового потенціалу, здатного забезпечити трансформацію публічного управління.

Ключові слова: цифровізація, кар'єрне планування, митне адміністрування, державна служба, цифрові компетенції, HR-аналітика, кадровий розвиток, цифрова трансформація, компетентнісна модель.

Abstract: The essence and features of the digital transformation of the career development of civil servants in the field of customs administration are considered. It is shown that digitalization changes traditional models of career planning, focusing on the development of digital competencies, personnel mobility, new professional roles and the use of HR analytics. Global approaches are analyzed, in particular the OECD Digital Talent and Skills model, as well as Ukrainian trends in the digitalization of customs. Key challenges are identified - the digital divide, the inertia of organizational culture, the need to modernize training and assessment systems. The need to introduce competency models, online development platforms, new career paths and integrate the digital component into the personnel policy of the customs service is substantiated. It is concluded that the digitalization of career planning is a strategic factor in increasing the efficiency of customs administration and forming human resources potential capable of ensuring the transformation of public administration.

Keywords: digitalization, career planning, customs administration, civil service, digital competencies, HR analytics, human resources development, digital transformation, competency model.

У сучасному контексті публічного управління відбувається фундаментальна трансформація, обумовлена пришвидшенням цифрових технологій, глобалізацією економіки та посиленням стандартів прозорості та сервісності державних служб. У секторі митного адміністрування ця трансформація має особливе значення, оскільки митна служба – це міст між державою, бізнесом і громадянським суспільством, з великою кількістю процедур, взаємодій, ризиків, що потребує не лише технічного оновлення, а й кадрової адаптації. У цьому світлі питання кар'єрного планування державних службовців, які працюють у митній сфері, стає критично важливим: традиційні моделі просування кадрів – за вислугою, за посадовою категорією – вже не відповідають викликам цифрової ери. Натомість зростає потреба в системному підході до розвитку компетенцій, мобільності, зміни ролей, цифрової готовності службовців.

Цифровізація кар'єрного планування – це не просто переведення паперових карток в електронні файли – це сукупність змін:

- 1) технологічних (використання HR-аналітики, платформ для розвитку компетенцій, e-learning);
- 2) організаційних (нова культура управління, зміна підходів до талановитого кадрового резерву, мобільність між функціями);
- 3) кадрових (визначення нових компетенцій, ролей, моделей кар'єри).

Теоретично кар'єрне планування в публічному секторі передбачає управління очікуваним розвитком службовця, формуванням траєкторії, оцінкою потенціалу й наданням можливостей для розвитку. Але коли це стосується митної адміністрації, виникають додаткові специфічні вимоги: служба працює з міжнародними стандартами, ризик-менеджментом, автоматизацією митних процедур, взаємодією з бізнес-середовищем та іншими державними органами. Відтак кар'єрне планування повинно включати нові ролі – наприклад, аналітик митних ризиків або спеціаліст із цифрових сервісів митниці – та відповідні цифрові й професійні компетенції.

Одна з міжнародних рамкових моделей, яку варто враховувати, – це OECD Framework for Digital Talent and Skills in the Public Sector. Вона окреслює три складові: середовище (environment) для цифрової трансформації, навички (skills) службовців і практичні кроки (steps) для створення цифрової робочої сили [1].

Ця модель підтверджує, що кар'єрне планування в публічному секторі має враховувати цифрові навички, і що створення відповідного середовища й шляхів розвитку є невід'ємною частиною процесу. У контексті митниці це означає, що необхідно не лише формувати цифрові компетенції, а й створювати організаційну структуру, культурну основу, системи навчання і просування, які підтримують ці зміни.

У митній сфері цифровізація здійснюється через впровадження електронного декларування, систем управління ризиками на базі аналітики, автоматизацію процедур і інтеграцію інформаційних платформ. Дослідження показують, що цифровізація митно-податкової адміністрації сприяє підвищенню ефективності, але водночас створює нові вимоги до персоналу – зокрема, навички роботи з ІТ-інструментами, аналітикою даних, міжвідомчої взаємодії, адаптації до змін.

Посилення цієї тенденції в Україні можна простежити через схвалення стратегічного плану цифровізації митниці України у 2024 році, який передбачає безпаперові процедури, нову ІТ-архітектуру, інтеграцію з митницею ЄС.

Відповідно кар'єрне планування службовців митниці має адаптуватися до цих змін: традиційні функції (митне оформлення, контроль) повинні доповнюватися чи замінюватися на нові (цифровий сервіс, аналітика, проєктне управління цифровою трансформацією) [2].

Проведене дослідження процесу цифрового кар'єрного планування дозволило виділити наступні аспекти.

По-перше, створення компетенційних карт для нових ролей митної служби: цифрові навички (робота з базами даних, ІТ-інструменти, аналітика), професійні навички (міжнародні митні стандарти, ризик-менеджмент), соціальні навички (гнучкість, комунікація, змінотворчість).

По-друге, розвиток систем навчання і онлайн-платформ, що дозволяють службовцю самостійно чи за підтримки організації планувати свій розвиток.

По-третє, створення індивідуальних планів розвитку, які враховують цифровий компонент, участь у проєктах цифрової трансформації, ротацію між функціями, горизонтальну мобільність.

По-четверте, використання HR-аналітики для моніторингу розвитку службовців, оцінки їх цифрової готовності, просування на підставі компетенцій, а не лише вислуги років чи посадового рангу.

Серед ключових викликів варто виокремити цифровий розрив компетенцій – не всі службовці мають однаковий рівень цифрової грамотності, що може стати бар'єром. Водночас організаційна культура митної служби може бути інертною: просування і кар'єра історично базувалися на ранг-тарифах і вислугі, а не на компетенціях і цифровій адаптивності. Крім того, інтеграція ІТ-систем і платформ розвитку кадрів потребує ресурсів, змін управління, нових підходів до оцінювання. Нарешті, моделі просування мають бути гнучкими – горизонтальна мобільність, зміна функцій і рольових моделей – це новий виклик для службовців і керівництва.

У контексті реформування митної служби України та цифрової трансформації вважаємо за доцільне запропонувати адаптацію такого підходу: державним службовцям митної служби слід запропонувати нові траєкторії кар'єри, які враховують не лише вертикальне просування, а й горизонтальні переходи (наприклад, із митного контролю до цифрових сервісів чи аналітики). Необхідно створити навчальну платформу з курсами з цифрових компетенцій, аналітики, ІТ-інструментів митниці, а також забезпечити підтримку менторства й наставництва. Кар'єрне планування має бути інтегроване з кадровою політикою: створення резерву цифрових лідерів, просування за результатами участі у цифрових проєктах, а не лише за посадою. Оцінка службовців має враховувати їх цифрову активність, участь у трансформаційних ініціативах, готовність до нових ролей.

Унаслідок цифрового кар'єрного планування можна очікувати таких результатів: підвищення цифрових компетенцій службовців митниці, більша гнучкість кар'єрних траєкторій, підвищення ефективності митного адміністрування – скорочення часу обробки декларацій, зниження ризиків, краща взаємодія з бізнесом. Окрім того, формуватиметься покоління цифрових лідерів у митній службі, які зможуть управляти процесами трансформації, використовувати аналітику і ІТ у своїй діяльності. Це сприятиме підвищенню мотивації службовців: коли вони бачать можливість розвитку, зміні ролей, участі у значущій трансформації, це підсилює їх залученість і задоволеність.

Водночас необхідно пам'ятати, що технології самі по собі не є вирішенням: ключове – люди, їх компетенції та організаційна культура. Без створення сприятливого середовища, систем навчання, мотивації, без гнучких моделей кар'єри, цифровізація кар'єрного планування не принесе бажаного ефекту. Як зазначено у дослідженні цифрової трансформації публічного сектору, важливим є культурний, організаційний і технологічний зсув [4].

Таким чином, кар'єрне планування службовців митної адміністрації в умовах цифрової трансформації публічного управління має стати стратегічним інструментом кадрової політики, орієнтованим на розвиток цифрових компетенцій, мобільність, нові ролі і ефективність. Цей підхід сприяє адаптації митної служби до нових умов, підвищенню її спроможності, модернізації роботи та створенню кадрового резерву, здатного впроваджувати зміни. Упровадження такого підходу потребує системних заходів: від стратегічного планування кадрової політики до конкретних навчальних програм, платформи розвитку, мотиваційних механізмів, оцінки компетенцій і мобільності. Врешті-решт, в сучасному середовищі, коли митня служба України інтегрується у європейські та глобальні системи, кар'єрне планування, що враховує цифрову трансформацію, стає не опцією, а необхідністю.

Список використаних джерел

1. OECD. The OECD Framework for Digital Talent and Skills in the Public Sector. OECD Working Papers on Public Governance, №. 45. Paris: OECD Publishing, 2021. DOI:10.1787/4e7c3f58-en.
2. Zasko V., Sidorova E., Komarova V., Boboshko D., Dontsova O. Digitization of the Customs Revenue Administration as a Factor of the Enhancement of the Budget Efficiency of the Russian Federation. Sustainability. 2021. 13(19):10757.

DOI:10.3390/su131910757.

3. Yevtushenko O. Digitalization: A Tool for Modernization of Public Administration. PARD Journal. 2024. URL: <https://pard.mk.ua/index.php/journal/article/view/456> (дата звернення: 20.11.2025).
4. Storozhenko L., Krasnykov Y., Kaganovska T., Babichev A., Rossikhina H. Digital Competence of Society as a Component of Modern Public Administration. Amazonia Investiga. 2023;12(72):123-134. DOI:10.34069/AI/2023.72.12.11.
5. Junquera-Varela R.F. et al. Digital Transformation of Tax and Customs Administrations. World Bank, 2022. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099448206302236597/pdf/IDU0e1ffd10c0c208047a30926c08259ec3064e4.pdf> (дата звернення: 20.11.2025).

КУДРАНЬ О. П.
ТКАЧЕНКО О. М.

Вінницький національний технічний університет

РОЗТАШУВАННЯ МІНІМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ФЕРЗІВ ТОЧНОГО АЛГОРИТМУ НА ДОШЦІ $N \times N$, ЩОБ ВОНИ ТРИМАЛИ ПІД ОБСТРІЛОМ УСІ ПОЛЯ ШАХІВНИЦІ

Анотація:

У роботі проаналізовано задачу розташування мінімальної кількості ферзів на шахівниці $N \times N$, за якої всі поля повинні бути під контролем фігур. Розглянуто теоретичні основи проблеми, її математичну інтерпретацію та історичні аспекти дослідження. Проведено аналіз алгоритмічних підходів до розв'язання задачі, зокрема жадібного й точного методів, а також порівняно їхню ефективність за критеріями швидкодії та використання пам'яті. Зроблено висновки щодо можливостей застосування цієї задачі в галузі комп'ютерного моделювання та її оптимізації.

Ключові слова: ферзь, шахівниця, алгоритм, ефективність, швидкодія.

Бурхливий поступ комп'ютерних технологій і розвиток алгоритмічних систем зумовлюють потребу у вдосконаленні методів оптимізації складних обчислювальних завдань. В епоху стрімкого зростання обсягів інформації та автоматизації процесів особливого значення набуває створення ефективних алгоритмів, здатних швидко знаходити точні або наближені рішення. Такі моделі часто відображають взаємозв'язок між логікою, стратегією та ефективністю – саме тому математичні задачі, засновані на шахових принципах, привертають значну увагу дослідників.

Шахи є однією з найдавніших і найінтелектуальніших ігор людства, що поєднує логіку, мистецтво і науковий підхід [3]. Розстановка фігур на дошці визначається суворими правилами: ферзь займає поле свого кольору поруч із королем, а його хід поєднує можливості тура і слона – він може пересуватись на будь-яку кількість клітин по горизонталі, вертикалі чи діагоналі [4]. Саме завдяки цій універсальності ферзь вважається найпотужнішою фігурою на шахівниці, а його стратегічна роль зробила його центральним елементом у багатьох математичних і алгоритмічних дослідженнях [5]. Його здатність контролювати одразу кілька напрямів робить цю фігуру ідеальною моделлю для вивчення задач покриття та домінування [6].

Однією з таких задач є класична задача про вісім ферзів, що полягає у розміщенні восьми фігур на дошці 8×8 так, щоб жодна не перебувала під ударом іншої [2]. Проте подальший розвиток цієї ідеї привів до більш загального формулювання – задачі мінімального домінування ферзів (Queen Domination Problem) [7]. Її суть полягає у визначенні мінімальної кількості ферзів, які можуть контролювати всі клітини шахівниці $N \times N$. Це завдання є прикладом складної комбінаторної проблеми, що належить до класу NP-складних.

Вперше ідея подібної задачі була описана Ісааком Гіком у розділі «Ферзь-часовий» його книги «Математика і уява», де автор порівняв ферзів із вартівими, які спостерігають за всіма камерами тюрми – аналогічно тому, як ферзі «наглядають» за клітинками шахівниці [1]. Гік довів, що для стандартної дошки 8×8 достатньо розташувати п'ять ферзів, щоб вони контролювали всі поля. Це стало основою для подальших математичних узагальнень і практичних експериментів із точними методами розв'язання.

У сучасних дослідженнях важливу роль відіграє пошук алгоритмів, що можуть визначити розташування мінімальної кількості ферзів на дошці $N \times N$. Зокрема, точний алгоритм з відсіканням (Backtracking) дозволяє знайти оптимальне розв'язання задачі, гарантуючи, що жодна клітинка не залишиться без «обстрілу» хоча б одного ферзя. Його сутність полягає у систематичному переборі можливих варіантів розміщення фігур із поступовим відсіканням безперспективних рішень. У результаті отримується мінімальна кількість ферзів, яка

забезпечує повне покриття поля. Для великих розмірів дошки такий підхід є ресурсомістким, проте залишається найточнішим і слугує еталоном для порівняння з іншими методами, зокрема жадібними або евристичними.

Задача мінімального розміщення ферзів має не лише теоретичне, а й практичне значення. Вона моделює реальні проблеми оптимізації, наприклад, мінімальне розташування сенсорів у мережі, камер спостереження, комунікаційних антен чи дронів для повного покриття області. Дослідження цієї задачі має прямий зв'язок із сучасними технологіями комп'ютерного зору, штучного інтелекту та систем управління.

Таким чином, задача розташування мінімальної кількості ферзів точного алгоритму на дошці $N \times N$ є не лише інтелектуальним викликом, а й універсальною математичною моделлю, що демонструє взаємозв'язок між логічними структурами, алгоритмічними підходами та реальними застосуваннями в галузі комп'ютерних наук. Її дослідження сприяє розвитку аналітичного мислення, розумінню принципів ефективних алгоритмів і створює підґрунтя для нових інженерних рішень у сфері оптимізації та штучного інтелекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гік І. Ферзь-часовий. – У: Математика і уява. URL: <https://wysotsky.com/0009/536.htm>
2. Задача про вісім ферзів. – Wikipedia. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Задача_о_восьми_ферзях
3. Правила шахів. Chess.com. URL: <https://www.chess.com/uk/pravila-shakhi>
4. Розстановка шахів. – ChessLeader. URL: <https://www.chessleader.com.ua/rozstanovka-shahiv/>
5. Ферзь на шахівниці: стратегія та сила. – SuperProf. URL: https://www.superprof.com.ua/blog/ferz_na_shahivnyci/
6. Ферзь у шахах. – ChessLeader. URL: <https://www.chessleader.com.ua/ferz-v-shahah/>
7. Queen Domination Problem. – Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Queen_domination_problem

УДК 004.77

КУЗНЕЦОВ І.В.

ЛІЩИНСЬКА Л.Б.

Вінницький національний технічний університет

ГІБРИДНА СИСТЕМА РЕКОМЕНДАЦІЙ МУЗИЧНОГО СЕРВІСУ НА ОСНОВІ КОМБІНОВАНОГО ПІДХОДУ КОЛЕКТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ТА КОНТЕНТ-ОРІЄНТОВАНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

Анотація. У роботі представлено розробку гібридної системи рекомендацій для музичних сервісів, яка поєднує метод Collaborative Filtering (CF) та Content-Based Filtering (CBF) для забезпечення якісних персоналізованих рекомендацій. Система використовує алгоритм Alternating Least Squares (ALS) для Collaborative Filtering та косинусну схожість для Content-Based Filtering. Реалізовано адаптивне зважування обох методів (60% CF, 40% CBF) з можливістю автоматичного переключення на CBF при недостатній кількості даних для CF. Система включає веб-інтерфейс на React та REST API на Django, що забезпечує інтеграцію з PostgreSQL базою даних та Redis для кешування.

Ключові слова: система рекомендацій, колективна фільтрація, контент-орієнтована фільтрація, гібридний підхід, музичні сервіси, машинне навчання.

Abstract. The paper presents the development of a hybrid recommendation system for music services that combines Collaborative Filtering (CF) and Content-Based Filtering (CBF) methods to provide high-quality personalized recommendations. The system uses the Alternating Least Squares (ALS) algorithm for Collaborative Filtering and cosine similarity for Content-Based Filtering. Adaptive weighting of both methods (60% CF, 40% CBF) is implemented with the ability to automatically switch to CBF when there is insufficient data for CF. The system includes a React web interface and Django REST API, which provides integration with PostgreSQL database and Redis for caching.

.Keywords: recommendation system, Collaborative Filtering, Content-Based Filtering, hybrid approach, music services, machine learning.

Вступ. Сучасні музичні стрімінгові платформи, такі як Spotify та YouTube Music, стикаються з проблемою надання персоналізованих рекомендацій великій кількості користувачів з різними музичними вподобаннями. Існуючі підходи мають обмеження: Collaborative Filtering потребує достатньої кількості взаємодій користувачів, а Content-Based Filtering може пропонувати занадто схожі пісні. Розроблена система поєднує обидва підходи для подолання цих обмежень та забезпечення кращої якості рекомендацій [1].

Загальні відомості. Основна мета системи - забезпечити користувачам високоякісні персоналізовані рекомендації, які враховують як їх історію взаємодій з музичним контентом, так і музичні властивості самих

композицій. Система працює в режимі реального часу, аналізуючи дії користувачів (відтворення, лайки, пропуски, завершення прослуховування) та генеруючи рекомендації з урахуванням індивідуальних переваг.

Архітектура системи включає модульну структуру з чіткою розділеною відповідальністю між компонентами машинного навчання, веб-сервером, базою даних та інтерфейсом користувача. Це забезпечує масштабованість системи та можливість її подальшого розширення.

Методи та технології. Архітектура системи включає три основні компоненти. Перший компонент - Collaborative Filtering (CF) використовує матрицю взаємодій користувачів з піснями, включаючи такі типи взаємодій як відтворення, лайки, пропуски, завершення прослуховування та поширення. Для факторизації матриці застосовується алгоритм ALS (Alternating Least Squares) з бібліотеки *implicit*, який базується на методології для *implicit feedback datasets* [2]. Алгоритм навчається на 50 прихованих факторах протягом 15 ітерацій. Різні типи взаємодій мають різні ваги: відтворення оцінюється як 1.0, лайки як 3.0, завершення прослуховування як 5.0, поширення як 4.0, а пропуски отримують негативну вагу -1.0.

Другий компонент - Content-Based Filtering (CBF) аналізує музичні характеристики пісень, включаючи темп, енергійність, танцювальність, валентність, акустичність, інструментальність, живистість, мовність та тривалість, а також метадані такі як тональність та жанри [3]. Для кожної пісні створюється вектор ознак, що містить приблизно 41 характеристику, який нормалізується за допомогою *StandardScaler*. Користувацький профіль формується як зважене середнє векторів ознак пісень, з якими користувач взаємодівав. Обчислення схожості виконується за допомогою косинусної схожості між користувацьким профілем та векторами ознак всіх пісень у базі даних.

Третій компонент - Hybrid Recommender об'єднує рекомендації обох методів через нормалізацію оцінок до діапазону від 0 до 1 та зважену комбінацію, де фінальна оцінка обчислюється як 60% від Collaborative Filtering та 40% від Content-Based Filtering [4]. При відсутності достатньої кількості взаємодій для Collaborative Filtering (менше 5 взаємодій) система автоматично переходить на використання тільки Content-Based Filtering, що дозволяє обробляти проблему холодного старту для нових користувачів.

Технологічний стек системи включає Python версії 3.9 та вище, Django REST Framework для створення backend API, React 18 разом з Vite для frontend-інтерфейсу, PostgreSQL

Результати. Реалізовано повнофункціональну систему з широким спектром можливостей. Система забезпечує автентифікацію користувачів та відстеження різних типів взаємодій, включаючи відтворення, лайки, пропуски та завершення прослуховування пісень. Реалізовано тренування моделей Collaborative Filtering та Content-Based Filtering з автоматичним збереженням натренованих моделей у файли для подальшого використання.

Система генерує персоналізовані рекомендації через гібридний підхід, що поєднує обидва методи фільтрації. Реалізовано багаторівневу фільтрацію лайкнутих пісень з рекомендацій на рівнях машинного навчання, гібридного рекомендадера, Django View та Django Signals, що гарантує відсутність лайкнутих пісень у рекомендаціях користувача.

Веб-інтерфейс системи включає функціонал перегляду списку пісень, отримання персоналізованих рекомендацій та роботи з колекцією "Мої пісні" з можливістю сортування за датою додавання, алфавітом або релевантністю. Інтегровано аудіо-плеєр з симуляцією відтворення та відстеженням тривалості прослуховування пісень.

Система успішно обробляє проблему холодного старту для нових користувачів через автоматичне використання Content-Based Filtering при відсутності достатньої кількості даних для Collaborative Filtering. Реалізовано адаптивне зважування методів залежно від наявності та обсягу даних про взаємодії користувачів, що забезпечує оптимальну якість рекомендацій для користувачів з різним рівнем активності в системі.

Висновки. Розроблена гібридна система рекомендацій ефективно поєднує переваги Collaborative Filtering та Content-Based Filtering, забезпечуючи якісні персоналізовані рекомендації для користувачів музичного сервісу. Використання адаптивного зважування дозволяє системі працювати як для користувачів з історією взаємодій, так і для нових користувачів, вирішуючи проблему cold-start. Модульна архітектура системи забезпечує масштабованість та можливість подальшого вдосконалення алгоритмів рекомендацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ricci, F., Rokach, L., & Shapira, B. (2015). *Recommender Systems Handbook*. Springer. A Pathfinding Algorithm – Overview. Computer Science Bytes, 2023.
2. Hu, Y., Koren, Y., & Volinsky, C. (2008). Collaborative filtering for implicit feedback datasets. IEEE International Conference on Data Mining. Diana, Herdiana B. Analysis of the Use of Different Heuristic Weights in the Weighted A* Algorithm. Telekomtran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan, Vol. 9, No. 1, 2021.

3. Aggarwal, C. C. (2016). Content-based recommender systems. *Recommender Systems*, 139-166.
4. Burke, R. (2002). Hybrid recommender systems: Survey and experiments. *User modeling and user-adapted interaction*, 12(4), 331-370.

УДК 004.77

КУЗНЕЦОВ І.В.,

ЛІЩИНСЬКА Л.Б.

Вінницький національний технічний університет

СЕМАНТИЧНЕ ТА ЕМОЦІЙНЕ ЗБАГАЧЕННЯ КОНТЕНТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РЕКОМЕНДАЦІЙ У ГІБРИДНІЙ СИСТЕМІ РЕКОМЕНДАЦІЙ МУЗИЧНОГО СЕРВІСУ

Анотація. У роботі представлено розробку методу семантичного та емоційного збагачення контенту для покращення Content-Based Filtering у гібридній системі рекомендацій музичного сервісу. Запропонований метод використовує аналіз користувацьких коментарів до пісень через обробку природної мови (NLP) для отримання семантичних векторів та емоційних профілів, які додаються до традиційних audio features пісень. Реалізовано повнофункціональну систему, що включає автоматичний NLP-аналіз коментарів при їх створенні, агрегацію семантичних та емоційних ознак на рівні пісні, та інтеграцію цих ознак у Content-Based Filtering. Система протестована на наборі з 100+ пісень та 200+ коментарів, демонструючи вдосконалення якості рекомендацій через врахування семантичної та емоційної схожості між піснями. Наукова новизна роботи полягає у розробці методу семантичного та емоційного збагачення контенту через аналіз користувацьких коментарів та інтеграції цих ознак у Content-Based Filtering для музичних рекомендацій.

Ключові слова: семантичне збагачення, емоційний аналіз, Content-Based Filtering, обробка природної мови, рекомендаційні системи, музичні сервіси, TF-IDF, сентиментальний аналіз

Abstract. The work presents the development of a method for semantic and emotional content enrichment to improve Content-Based Filtering in a hybrid music recommendation system. The proposed method uses natural language processing (NLP) analysis of user comments on songs to obtain semantic vectors and emotional profiles, which are added to traditional audio features of songs. A fully functional system has been implemented that includes automatic NLP analysis of comments upon their creation, aggregation of semantic and emotional features at the song level, and integration of these features into Content-Based Filtering. The system has been tested on a dataset of 100+ songs and 200+ comments, demonstrating improved recommendation quality through consideration of semantic and emotional similarity between songs. The scientific novelty of the work lies in the development of a method for semantic and emotional content enrichment through analysis of user comments and integration of these features into Content-Based Filtering for music recommendations.

Keywords: semantic enrichment, emotional analysis, Content-Based Filtering, natural language processing, recommendation systems, music services, TF-IDF, sentiment analysis

Вступ. Сучасні музичні сервіси, такі як Spotify, YouTube Music та Apple Music, широко використовують рекомендаційні системи для персоналізації музичного контенту для користувачів [1]. Традиційні підходи до рекомендацій, включаючи Collaborative Filtering та Content-Based Filtering, мають певні обмеження. Collaborative Filtering страждає від проблеми холодного старту для нових користувачів та пісень, тоді як Content-Based Filtering зазвичай використовує лише явні метадані та audio features пісень, не враховуючи неявні, але важливі характеристики, такі як семантика та емоційний вплив музики. Актуальність дослідження полягає в необхідності покращення якості рекомендацій шляхом врахування глибших характеристик музичного контенту. Користувацькі коментарі до пісень містять багату інформацію про те, які теми, образи та емоції викликає музика, що може бути використано для більш точних рекомендацій. Аналіз цієї текстової інформації через методи обробки природної мови дозволяє отримати семантичні вектори та емоційні профілі пісень, які доповнюють традиційні audio features. Метою роботи є розробка методу семантичного та емоційного збагачення контенту для Content-Based Filtering у гібридній системі рекомендацій музичного сервісу, що використовує аналіз користувацьких коментарів для отримання додаткових ознак пісень та покращення якості рекомендацій.

Загальні відомості. Розроблена система є веб-додатком, що складається з backend-частини на базі Django REST Framework та frontend-частини на базі React. Система реалізує гібридний підхід до рекомендацій, що поєднує Collaborative Filtering та Content-Based Filtering з семантичним та емоційним збагаченням контенту.

Технологічний стек системи включає Python версії 3.11, Django 4.2.7 для backend, React 18 з Vite для frontend, PostgreSQL для зберігання даних, Redis для кешування та Celery для асинхронних задач. Для реалізації алгоритмів машинного навчання використовуються бібліотеки scikit-learn, implicit, numpy та scipy. Для NLP-

аналізу коментарів використовується scikit-learn (TF-IDF, SVD) для семантичних embeddings та keyword-based підходи для sentiment analysis та emotion detection.

Система включає модель Comment для зберігання користувацьких коментарів до пісень разом з результатами їх NLP-аналізу. При створенні коментаря Django Signal автоматично викликає аналіз, який обчислює семантичний вектор, sentiment score та emotion profile коментаря. Ці дані зберігаються в моделі Comment та потім агрегуються на рівні пісні для формування розширеного feature vector пісні.

Методи та технології. Розробка методу семантичного та емоційного збагачення контенту включає кілька етапів. Перший етап - це збір та попередня обробка коментарів. Система дозволяє користувачам додавати коментарі до пісень через веб-інтерфейс. При створенні коментаря Django Signal автоматично ініціює його NLP-аналіз, що забезпечує обробку коментарів у реальному часі без необхідності окремого кроку.

Другий етап - це семантичний аналіз коментарів через векторизацію тексту. Для цього використовується підхід TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) для створення векторного представлення тексту коментаря, а потім TruncatedSVD (Singular Value Decomposition) для зменшення розмірності до 64-вимірному семантичному вектору. TF-IDF [2] вимірює важливість слів у коментарі відносно всієї колекції коментарів, що дозволяє виділити семантично значущі терміни. SVD зменшує розмірність зберігаючи основну семантичну інформацію, що робить вектори більш компактними та ефективними для подальших обчислень схожості [3].

Третій етап - це сентиментальний аналіз коментарів. Система використовує keyword-based підхід для визначення sentiment score коментаря в діапазоні від -1 (негативний) до 1 (позитивний). Метод підраховує кількість позитивних та негативних ключових слів у тексті та нормалізує результат. Для української та англійської мов використовуються окремі набори ключових слів, що забезпечує підтримку обох мов [4].

Четвертий етап - це визначення емоційного профілю коментаря. Система використовує keyword-based детекцію восьми базових емоцій за моделлю Plutchik: радість (joy), смуток (sadness), гнів (anger), довіра (trust), страх (fear), здивування (surprise), огида (disgust) та очікування (anticipation). Для кожної емоції система підраховує кількість відповідних ключових слів у коментарі та нормалізує результати, створюючи емоційний профіль як вектор з восьми значень.

П'ятий етап - це агрегація ознак з коментарів на рівні пісні. Для кожної пісні система збирає всі коментарі, обчислює середній семантичний вектор (через середнє арифметичне всіх семантичних векторів коментарів), середній sentiment score та середній emotion profile. Це дозволяє отримати узагальнену семантичну та емоційну характеристику пісні на основі відгуків користувачів.

Шостий етап - це інтеграція семантичних та емоційних ознак у Content-Based Filtering. Система додає 73 нові ознаки до традиційного feature vector пісні: 64 виміри для середнього семантичного вектора, 1 вимір для середнього sentiment score та 8 вимірів для середнього emotion profile. Якщо пісня не має коментарів, всі ці ознаки встановлюються в нуль, що забезпечує сумісність з піснями без коментарів. Розширений feature vector використовується для обчислення cosine similarity між піснями, що дозволяє знаходити пісні, схожі не лише за audio features, але й за семантичною та емоційною схожістю[5].

Висновки. Реалізовано повнофункціональну систему семантичного та емоційного збагачення контенту для рекомендацій, яка включає модель Comment для зберігання коментарів та результатів їх NLP-аналізу, Django Signal для автоматичного аналізу коментарів при їх створенні, та інтеграцію семантичних та емоційних ознак у Content-Based Filtering. Система протестована на наборі з понад 100 пісень та 200 користувацьких коментарів українською та англійською мовами, демонструючи успішну обробку та аналіз коментарів через TF-IDF та SVD для семантичних embeddings та keyword-based методи для sentiment analysis та emotion detection. Content-Based Filtering успішно інтегровано з 73 новими ознаками (64-вимірний семантичний вектор, sentiment score, 8-вимірний emotion profile), що дозволяє знаходити пісні, схожі не лише за audio features, але й за семантичною та емоційною схожістю. Розроблений метод дозволяє системі рекомендацій враховувати неявні характеристики музичного контенту, такі як теми, образи та емоції, що викликає музика, що неможливо виміряти через традиційні audio features, забезпечуючи більш точні рекомендації на основі семантичної та емоційної реакції користувачів. Перспективи подальших досліджень включають використання більш складних NLP-моделей (BERT, GPT), deep learning моделей для emotion detection, та розробку метрик для оцінки якості рекомендацій з урахуванням семантичної та емоційної схожості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ricci, F., Rokach, L., & Shapira, B. (2015). Recommender Systems Handbook. Springer. A Pathfinding Algorithm – Overview. Computer Science Bytes, 2023.

2. Pazzani, M. J., & Billsus, D. (2007). Content-Based Recommendation Systems. In P. Brusilovsky, A. Kobsa, & W. Nejdl (Eds.), *The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization* (pp. 325-341). Springer.
3. Aggarwal, C. C. (2016). Content-based recommender systems. *Recommender Systems*, 139-166.
4. Deerwester, S., Dumais, S. T., Furnas, G. W., Landauer, T. K., & Harshman, R. (1990). Indexing by latent semantic analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 41(6), 391-407.
5. Liu, B. (2012). *Sentiment Analysis and Opinion Mining*. Synthesis Lectures on Human Language Technologies, 5(1), 1-167.
6. Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge University Press.

КУЛИШ С.П.
Вінницький Національний Технічний Університет

ОЦІНКА ЯКОСТІ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ВІДЕОРЕКЛАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ LLM

Анотація: Стрімке зростання обсягів цифрової відеореклами вимагає нових автоматизованих підходів до її аналізу та маркування. Світові витрати на цифрову відеорекламу у 2024 році перевищили \$190 млрд [5], що підтверджує високий попит на ефективне таргетування. Водночас великий потік відеоконтенту робить ручне маркування неефективним [5]. У цьому контексті актуальною є оцінка можливостей новітніх великих мовних моделей (LLM) для повноцінного мультимодального аналізу рекламних відеороликів. У тезах розглядається потенціал GPT-5.1 і Google Gemini 2.5 Pro як інструментів такого аналізу, подано порівняння їхніх можливостей та зроблено практичні висновки.

Ключові слова: мультимодальний аналіз, відеореклама, великі мовні моделі.

Актуальність теми зумовлена швидким зростанням обсягів відеоконтенту в рекламі. Онлайн-користувачі дедалі більше споживають рекламні ролики, а бізнес інвестує у відеорекламу щорічно мільярди доларів [5]. Це ускладнює процеси ручного аналізу та маркування. Для забезпечення персоналізованої реклами використовуються рекомендаційні системи, які потребують багатої метаінформації про відео [5]. Водночас LLM дають змогу автоматично витягувати семантику з тексту, аудіо та зображень. Зокрема, у практичних рішеннях великі мовні моделі вже застосовують для автоматизованого маркування відео через попередню транскрипцію [4]. Це формує підґрунтя для дисертаційного дослідження автора, в якому оцінюється потенціал LLM у цій сфері.

Метою дослідження є оцінка здатності сучасних моделей GPT-5.1 (OpenAI) та Google Gemini 2.5 Pro до повноцінного мультимодального аналізу відеоконтенту рекламного характеру. Вивчається якість розпізнавання об'єктів, розуміння сюжету, генерації описів і тегів, а також здатність моделей враховувати часову послідовність подій та мультимодальну структуру даних.

GPT-5.1, за даними OpenAI, демонструє покращену інструктивність, гнучке налаштування тону відповідей, а також розширене контекстне вікно [1]. У мультимодальних задачах GPT-5 успішно показала себе у відеоаналізі, зокрема в частині розуміння сюжетів, просторових залежностей і наукових даних [1]. У свою чергу, Google Gemini 2.5 Pro досягла рекордних результатів у завданнях відеоаналізу, випереджаючи попередні покоління моделей OpenAI [2]. Вона здатна опрацьовувати довгі відео (до 1 млн токенів контексту), одночасно аналізуючи візуальні та аудіосигнали [2], а також зберігати хронологічну послідовність подій і надавати анімовані пояснення для відеосюжетів [2]. На практиці це означає, що Gemini краще адаптована до «перегляду» відео як цілісної історії, тоді як GPT-5.1 більше підходить для гнучкого опису змісту на основі ключових кадрів чи транскриптів.

Обидві моделі демонструють значний потенціал у генерації описів, тегів, виявленні об'єктів та аналізі сюжету з урахуванням динаміки, що відкриває нові можливості у сфері семантичного маркування відео. Вони здатні зменшити обсяг ручної роботи й підвищити ефективність рекламних систем. Подальші дослідження в межах дисертації передбачають оцінку таких моделей на локалізованому рекламному контенті з урахуванням мовної специфіки та жанрової різноманітності.

Список використаних джерел

1. OpenAI. Introducing GPT-5. OpenAI Blog, листопад 2025. URL: <https://openai.com/index/introducing-gpt-5>
2. Baddepudi A. та ін. Advancing the Frontier of Video Understanding with Gemini 2.5. Google Developers Blog, 9 травня 2025. URL: <https://developers.googleblog.com/en/gemini-2-5-video-understanding/>
3. AWS Media Blog. Analyzing and tagging video for optimal ad targeting and placement. 10 травня 2024. URL: <https://aws.amazon.com/blogs/media/analyzing-and-tagging-video-for-optimal-ad-targeting-and-placement/>

4. Hafuta S. Video marketing statistics — the ultimate video marketing stats report. Wix Blog, 27 липня 2024. URL: <https://www.wix.com/blog/video-marketing-statistics>

КУЛЬБАЧЕНКО Віталій,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
Науковий керівник: Горбовий Артур, д.т.н., професор
Державний податковий університет
м. Ірпінь, Україна

РОЗРОБКА СИСТЕМИ СЛІДКУВАННЯ ЗА СОНЦЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

У сучасних умовах глобального переходу до відновлюваних джерел енергії особливої актуальності набувають технології, спрямовані на підвищення ефективності сонячних енергетичних систем. Одним із таких рішень є системи стеження за Сонцем (solar tracking systems), які забезпечують збільшення генерації електроенергії на 25–35% порівняно зі стаціонарними фотоелектричними установками. Інтеграція технологій Інтернету речей (IoT) розширює функціональні можливості цих систем, надаючи засоби для віддаленого моніторингу, керування та оптимізації роботи обладнання.

Залежно від кількості ступенів свободи сонячні трекери поділяють на одно та двокоординатний. системи забезпечують незалежний рух панелі у двох площинах, що дозволяє підтримувати максимально перпендикулярний кут падіння сонячного випромінювання до поверхні фотомодуля протягом усього дня. Однокоординатні системи здійснюють поворот лише в одній осі, частково компенсуючи рух Сонця, але мають нижчу ефективність.

Попри очевидні переваги, застосування сонячних трекерів є доцільним не в усіх випадках. Це зумовлено такими факторами:

1. Збільшенням загальної вартості монтажу фотоелектричної системи;
2. Ускладненням конструкції, що потенційно знижує її надійність та потребує періодичного технічного контролю;
3. Наявністю рухомих механічних елементів, які мають певний ресурс роботи та вимагають регулярного обслуговування;
4. Зниженням стійкості конструкції до вітрових навантажень, що особливо важливо для регіонів із частими штормовими явищами.

Таким чином, використання трекерів є найбільш ефективним для малих та середніх фотоелектричних систем, розташованих у місцевостях із помірною вітровою активністю. За сприятливих умов впровадження слідкуючих систем дозволяє підвищити вироблення електроенергії, що позитивно впливає на загальну енергоефективність та економічну доцільність установки.

Розробка прототипу системи слідкування за сонцем з використанням мікроконтролерів, сенсорів та засобів передачі даних у режимі реального часу через інтернет.

Розробка двокоординатної IoT-системи сонячного трекінгу спрямована на створення автономного комплексу, здатного в реальному часі оптимізувати положення фотомодуля відповідно до зміни сонячної інсоляції. У системі використано мікроконтролер ESP32-S3, який поєднує обчислювальні функції, роботу датчиків, керування електроприводами, підтримку веб-інтерфейсу, телеметрії та механізми віддаленого оновлення програмного забезпечення. Усі апаратні та програмні модулі були розроблені як єдиний інтегрований комплекс із можливістю подальшого масштабування.

Таблиця 1

Порівняння характеристик та переваг сонячних слідкуючих систем з використанням IoT для підвищення ефективності енергетичних установок

Параметр	Опис	Переваги
Тип системи слідкування	Автоматичні або напівавтоматичні системи для зміни кута нахилу сонячних панелей залежно від положення Сонця.	Підвищення ефективності генерування енергії на 25–35%.
Інтеграція з IoT	Використання датчиків, мережевих пристроїв і віддаленого управління	Покращення моніторингу, можливість віддаленого

	для моніторингу та контролю роботи сонячних панелей.	налаштування та діагностики, зменшення технічних помилок.
Типи датчиків	Сонячні датчики, GPS, температурні сенсори, анемометри.	Точне визначення позиції Сонця, оптимізація кута панелей для максимального збору енергії.
Енергоспоживання системи	Споживана енергія для роботи сервомоторів, датчиків та IoT-компонентів.	Ефективне використання енергії, зазвичай система споживає менше енергії, ніж додає за рахунок підвищення продуктивності.
Автономність і управління	Можливість віддаленого управління через мобільні додатки або хмарні платформи.	Легкість у налаштуванні, можливість оперативного втручання для корекції роботи системи.
Вартість і економічність	Вартість установки системи слідування та її інтеграція з IoT.	Скорочення витрат на обслуговування, підвищення енергоефективності системи в довгостроковій перспективі.
Стійкість до погодних умов	Використання анемометрів та інших датчиків для визначення несприятливих погодних умов, які можуть впливати на роботу системи.	Покращена стійкість до екстремальних погодних умов, зменшення механічних пошкоджень.
Технічне обслуговування	Спостереження за станом системи за допомогою IoT-платформ для прогнозування необхідних ремонтів або налаштувань.	Зменшення часу на технічне обслуговування та запобігання поломок завдяки автоматизованому моніторингу.

Проект передбачав аналіз методів слідування за Сонцем, включно з диференціальними сенсорними системами та астрономічними алгоритмами розрахунку позиції. На основі дослідження створено механічну платформу, здатну витримувати навантаження від фотомодуля LONGi Solar потужністю до 465 Вт, з урахуванням вітрових навантажень, жорсткості конструкції та точності позиціонування. Архітектура трекера передбачає два незалежні ступені свободи: горизонтальне обертання на основі редукторного двигуна 5840-31ZY Turbo Worm Encoder та вертикальне позиціонування за допомогою лінійного актуатора з ходом 200 мм.

Сенсорний блок складається з чотирьох світлочутливих елементів, розташованих у вигляді перехрестя, що дозволяє точно визначати напрямок максимального освітлення. Паралельно працює GPS-модуль, що забезпечує отримання координат, часу та необхідних параметрів для виконання астрономічних розрахунків. Для захисту механічної частини застосовано кінцеві вимикачі ME-8122/8108, які визначають граничні положення приводів та запобігають перевантаженню механізмів.

Енергетична система побудована на базі портативної електростанції Bluetti AC200P, яка має вбудований MPPT-контролер з широким входним діапазоном 35–150 В. У конструкції використано одну або дві сонячні панелі LONGi Solar LR7-54HTH-465M, що працюють у послідовній конфігурації. Це дозволяє формувати робочу напругу близько 70 В при струмі на рівні 13–14 А. У разі підключення двох панелей система отримує надлишкову номінальну потужність (до 930 Вт), однак MPPT-контролер автоматично обмежує струм до приблизно 12 А, що забезпечує цілковиту безпеку та стабільність роботи. Це дозволяє трекеру виконувати орієнтацію навіть у період низької інсоляції за рахунок буферизованої енергії.

Програмна частина розроблена в середовищі PlatformIO для Visual Studio Code та складається з модульної структури: менеджера Wi-Fi, веб-сервера, алгоритмів сонячного позиціонування, модуля керування приводами, OTA-оновлень, а також інтерактивного веб-терміналу. Веб-термінал забезпечує роботу в реальному часі через WebSocket: дозволяє переглядати файлову систему, виконувати діагностичні команди, контролювати приводи, отримувати телеметрію, аналізувати параметри системи та виконувати перезавантаження. Наявність історії команд, автодоповнення та CLI-інтерфейсу забезпечує зручність віддаленого адміністрування та експлуатації.

Система включає ряд захисних режимів, що підвищують надійність експлуатації: автоматичне повернення в базову позицію при сильному вітрі, контроль кінцевих положень приводів, а також аварійне вимкнення моторів при нестандартних ситуаціях. Такий підхід формує високий рівень безпеки, необхідний для роботи з великими фотомодулями на відкритій місцевості.

Загалом створена IoT-система сонячного трекінгу являє собою інтегрований, автономний та енергоефективний комплекс, у якому реалізовано сучасні підходи до точного позиціонування та дистанційного керування. Розроблений прототип демонструє високу стабільність роботи, можливість довготривалої автономної

експлуатації та значне підвищення ефективності сонячної генерації. Технічні та програмні рішення трекера дозволяють використовувати його як базову платформу для подальших досліджень у галузі відновлюваної енергетики, IoT-систем, робототехніки та автоматизації.

Список використаних джерел

1. Messenger, R., & Ventre, J. (2010). Photovoltaic Systems Engineering (3rd ed.). CRC Press. URL: [https://books.google.com.ua/books?id=Ebu5Ext9niUC&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false]
2. Сонячний трекер. Переваги і Недоліки встановлення!. Електротехнічна продукція: системи електропостачання і альтернативна енергетика. URL: [https://prel.prom.ua/a279654-sonyachnij-treker-scho.html]
3. Скришевський В. А. Що таке сонячна енергетика і чи потрібна вона Україні?. SolarSystem. URL: [https://solarsystem.com.ua/shho-take-sonyachna-energetyka-chy-potribna-vona-ukrayini]
4. Як працює сонячна батарея?. Сонячна енергія. URL: [https://sun-energy.com.ua/articles/yak_pratsuyut_sonyachni_paneli]
5. ESP32 Technical Reference Manual, URL: [https://www.espressif.com/en/support/documents/technical-documents]
6. ESP-IDF Programming Guide, URL: [https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/]
7. Скіба М., Говорущенко Т., Мартинюк В., Засорнов О., Павлова О. Інтелектуальна сонячна слідкуюча система як перспектива розвитку альтернативної енергетики в Україні [Електронний ресурс] // CEUR Workshop Proceedings. – 2021. – № 2853. – [https://ceur-ws.org/Vol-2853/paper2.pdf, с.1-12]

КУРІННА Ю.М.

Вінницький національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ 3D-РЕКОНСТРУКЦІЇ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ РАНЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ПСИХОГЕНЕТИЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ НА ПРИКЛАДІ ШИЗОФРЕНІЇ

Анотація: Шизофренія є хронічним нейропсихіатричним розладом, пов'язаним із тонкими, але поширеними структурними змінами у головному мозку. Мета роботи – дослідити можливості 3D-реконструкції та методів глибокого навчання (3D CNN) для об'єктивної ранньої діагностики шизофренії на основі структурної магнітно-резонансної томографії (сМРТ). Аналіз об'ємних 3D-моделей дозволяє виявляти ледь помітні зміни в субкортикальних областях і шлуночках, що підвищує точність класифікації пацієнтів порівняно з традиційними 2D-методами. Результати демонструють потенціал 3D-візуалізації як ефективного інструменту підтримки клінічних рішень.

Ключові слова: 3D-реконструкція, сМРТ, шизофренія, глибоке навчання, 3D CNN, діагностика, біомаркери

Діагностика шизофренії залишається клінічно суб'єктивною, оскільки вона переважно базується на комплексному аналізі поведінкових та психіатричних симптомів [1]. Це створює нагальну потребу в розробці об'єктивних інструментів підтримки прийняття рішень, здатних забезпечити раннє виявлення захворювання та точне прогнозування його розвитку. Відомо, що шизофренія асоційована з поширеними, але тонко вираженими морфометричними аномаліями у головному мозку, зокрема, зі змінами у розмірах і формі субкортикальних структур. Ці структурні зміни, включаючи розширення шлуночків та зменшення обсягу певних ділянок сірої речовини, є надто незначними або розподіленими, щоб їх можна було ефективно виявити за допомогою традиційного якісного та кількісного аналізу 2D-зрізів МРТ. Такий підхід не завжди здатен ефективно виявити ці об'ємні, просторово розподілені аномалії, оскільки він втрачає критично важливу тривимірну контекстну інформацію. Таким чином, актуальною є проблема впровадження методів 3D-реконструкції, що працюють безпосередньо з об'ємною інформацією, аби подолати обмеження площинної візуалізації.

Сучасні дослідження в галузі нейровізуалізації активно застосовують методи машинного та глибокого навчання для автоматизованої класифікації психічних розладів, використовуючи сМРТ як основне джерело даних [2]. Особлива увага приділяється тривимірним згортковим нейронним мережам (3D CNN) [3], оскільки вони є найкраще пристосованими для роботи безпосередньо з об'ємними даними сМРТ. Архітектура 3D CNN дозволяє автоматично витягувати ієрархічні просторові та спектральні ознаки з усього об'єму мозку, уникаючи необхідності попередньої ручної сегментації або формулювання гіпотез щодо конкретних регіонів [4]. Ці моделі продемонстрували високу точність (до 95%) у розрізненні пацієнтів із шизофренією від здорових контрольних груп, підтверджуючи, що структурна інформація надає значущі ознаки для діагностичної класифікації.

Метою даного дослідження є розробка та оцінка методології 3D-реконструкції сМРТ-зображень з подальшим використанням алгоритмів глибокого навчання для ідентифікації прихованих морфометричних біомаркерів шизофренії та підвищення точності ранньої діагностики [5]. Дослідницька методологія включала використання публічних датасетів T1-зважених сМРТ-сканів пацієнтів із шизофренією та здорових контрольних груп. На етапі попередньої обробки зображення були нормалізовані, сегментовані та піддані 3D-реконструкції для отримання об'ємних тензорів. Для класифікації застосовувалася оптимізована архітектура 3D CNN [6]. Регіональний аналіз, отриманий за допомогою моделі, підтвердив, що найбільш прогностично значущими областями є субкортикальні структури (таламус, шкаралупа) та шлуночки, що корелює з відомими структурними змінами при шизофренії [7]. Точність моделі в тестових вибірках демонструє значний потенціал для об'єктивної підтримки клінічних рішень..

Застосування методів 3D-реконструкції у поєднанні з передовими алгоритмами глибокого навчання (3D CNN) значно підвищує якість виявлення та класифікації структурних змін у мозку, пов'язаних із шизофренією. Цей підхід може слугувати основою для створення об'єктивного, високоточного інструменту ранньої діагностики та прогнозування розвитку психогенетичних захворювань, надаючи клініцистам цінну інформацію. Перспективи подальших розвідок включають розробку багатомодальних моделей, які інтегрують дані 3D-візуалізації з генетичними та клінічними показниками для поліпшення прогнозування тяжкості симптомів.

Список використаних джерел

1. Shenton, M. E. (2011). Structural neuroimaging in schizophrenia from methods to insights to treatments. *Dialogues in clinical neuroscience*, 13(3), 309–322.
2. Vyskovský, T., Schwarz, D. (2022). Structural MRI-Based Schizophrenia Classification Using Autoencoders and 3D Convolutional Neural Networks in Combination with Various Pre-Processing Techniques. *Diagnostics*, 12(5), 615.
3. P Patro, S., Goel, T., VaraPrasad, S.A., Tanveer, M. (2022). Lightweight 3D Convolutional Neural Network for Schizophrenia diagnosis using MRI Images and Ensemble Bagging Classifier. *arXiv preprint arXiv:2211.02868*.
4. Liu, X., Ding, S., Yang, C., Li, W. (2021). Three-Dimensional Convolutional Autoencoder Extracts Features of Structural Brain Images With a “Diagnostic Label-Free” Approach: Application to Schizophrenia Datasets. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 652987.
5. Goregliad F.V., Ponomareva D., Dikov V., Krupnik Y., Aliyev T. (2024). Efficient synthesis of 3D MR images for schizophrenia diagnosis classification with generative adversarial networks. *ResearchGate*.
6. Patro, P. S., Goel, T., & Tanveer, M. (2024). Deep 3D CNN based Diagnosis of Schizophrenia using Structural MRI Images. *Journal of Imaging*.
7. Chen, S., Liu, C., Zhang, H., Lu, G., Zhu, M., Chen, H. (2023). Detecting schizophrenia with 3D structural brain MRI using deep learning. *Molecular Brain*, 16(1), 59.

КУХАРЧУК ПЕТРО,

к. держ. упр., доцент,

доцент кафедри публічного управління та адміністрування
КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти»

ЦИФРОВІ МЕХАНІЗМИ УПРАВЛІННЯ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ ЯК ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ДЕРЖАВИ

Анотація. Розглянуто особливості впровадження цифрових механізмів управління задля досягнення цілей сталого розвитку України в умовах її пріоритетного європейського вибору. Проаналізовано сучасний стан цифровізації управлінських процесів у публічному секторі, зроблено акцент на ідентифікації основних бар'єрів і передумов формування єдиної цифрової платформи для координації дій різних учасників сталого розвитку. Досліджено європейський досвід використання цифрових технологій задля екологізації, економічного зростання та соціальної згуртованості, визначено шляхи адаптації цих підходів в Україні в умовах реформування відповідно до стандартів ЄС.

Результати свідчать, що впровадження цифрових механізмів управління сьогодні є не лише інструментом підвищення ефективності діяльності органів влади, а й можуть стати ключовим чинником оптимізації використання ресурсів, підвищення прозорості та сприяння участі громадськості в процесі ухвалення рішень. Представлені рекомендації щодо розробки дорожньої карти цифрової трансформації управлінських процесів на шляху до досягнення Цілей сталого розвитку, що враховують український контекст та інституційні проблеми перехідного періоду.

Ключові слова: цифрові механізми управління, цифровізація, сталий розвиток, Україна, публічне управління, європейська інтеграція, цифрова трансформація, дорожня карта, електронне врядування, цифровий суверенітет, open data, екосистема управління.

Abstract. The peculiarities of the advancement of digital control mechanisms to achieve the goals of Ukraine's development in the minds of the priority European choice are examined. The current state of digitalization of management processes in the public sector has been analyzed, emphasis has been placed on identifying the main barriers and changes of mind and forming a single digital platform for coordinating activities various participants began to develop. The European evidence of the use of digital technologies for environmentalization, economic growth and social integration has been studied, and the ways of adaptation of these approaches in Ukraine have been identified in the minds of reform in accordance with EU standards.

The results show that the introduction of digital control mechanisms today is not only a tool for increasing the efficiency of government bodies, but can become a key driver of optimization sourcing of resources, increasing insight and harmonizing the participation of the community in the process of praising decisions. Recommendations are presented for developing a roadmap for the digital transformation of management processes in the area before achieving the goals of the current development, in order to address the Ukrainian context and institutional problems of the transition period.

Keywords: digital governance mechanisms, digitalization, steel development, Ukraine, public administration, European integration, digital transformation, road map, electronic scrap, digital sovereignty, open data, ecosystem management.

Трансформація економіки, соціальної та політичної сфери під впливом глобальних цифрових тенденцій посідає провідне місце у сучасній стратегії сталого розвитку держав [1, с. 62]. Україна декларує європейський вектор інтеграції, послідовно впроваджує реформи щодо імплементації цифрових технологій в управлінські процеси. Цифрові інструменти управління здатні забезпечити підвищення ефективності координації зусиль усіх залучених сторін, посилити демократизацію, транспарентність, підзвітність та відповідальність влади [2, с. 21]. Таким чином, цифровізація виступає одним із стрижневих напрямів для досягнення Цілей сталого розвитку (ЦСР), затверджених ООН, орієнтиром яких є інклюзивний, збалансований розвиток суспільства, збереження ресурсів й екологічна відповідальність [3, с. 75]. Актуальність наукового дослідження обумовлена потребою адаптації європейських механізмів цифрового управління та розробки моделі ефективної цифрової трансформації сектора управління для України.

Цифрові механізми управління у сучасних літературних джерелах визначаються як сукупність інструментів, технологій і методів, що забезпечують оптимізацію процесів прийняття рішень й реалізації управлінських функцій за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) [4, с. 12]. До таких інструментів належать електронне урядування (e-Government), відкриті дані (open data), системи диджитал-контролю, ВІМ-технології, блокчейн та корпоративні системи автоматизації управління.

Методологія дослідження ґрунтується на міждисциплінарному підході, що поєднує досягнення публічного управління, економіки, соціальної інформатики та екологічного менеджменту. Акцентується роль цифрових платформ у реалізації державної політики сталого розвитку через механізми відкритості, доступності даних і максимізації впливу громадянського суспільства [5, с. 31].

Сталий розвиток трактується як системна трансформація суспільства у напрямку збалансування економічних, соціальних та екологічних інтересів [6, с. 46]. У контексті ЦСР ООН, цифрові технології розглядаються як каталізатор удосконалення механізмів управління в усіх сферах: від децентралізації до розвитку «розумних міст» і створення цифрової екосистеми управління [7, с. 19]. Особливе значення мають електронні сервіси для забезпечення рівних можливостей, мобільності, автоматизації звітності та мінімізації корупційних ризиків.

Екологічний вимір сталого розвитку підкреслює роль цифрових систем у контролі за станом навколишнього природного середовища, оптимізації управління ресурсами, моніторингу викидів і побудові інтелектуальних енергомереж [8, с. 25]. Впровадження цифрових рішень сприяє економії ресурсів, зменшенню негативного впливу на довкілля, а також розвитку «зеленої» економіки.

Європейський Союз є піонером у просуванні електронних адміністративних послуг, відкритих даних, платформ для участі громадян, а також у розвитку цифрових державних сервісів за моделлю once-only principle та цифрового суверенітету (EU Digital Sovereignty) [9, с. 41]. Досвід Естонії, Данії, Швеції та Фінляндії демонструє, що повсюдне впровадження державно-цифрових платформ забезпечує високий рівень прозорості, підзвітності та орієнтації на потреби користувачів.

Важливою є інтеграційна роль європейських цифрових стратегій (Digital Europe Programme, Digital Single Market, European Data Spaces), спрямованих на розвиток екосистеми даних, взаємодії між секторами і країнами, захист персональних даних (GDPR) та просування електронної ідентифікації [10, с. 90]. Для України ці практики є орієнтиром при імплементації положень Угоди про асоціацію та виконанні ЦСР.

За останні роки Україна зробила значний поступ у сфері цифрової трансформації, утворивши цілу екосистему сервісів: порталу «Дія», Єдиного державного веб-порталу відкритих даних, автоматизованих систем електронного врядування на центральному та регіональному рівнях [11, с. 113]. Водночас, рівень інтеграції цифрових технологій у сферу сталого розвитку ще недостатній, наявні фрагментованість інформаційних ресурсів, відсутність єдиних стандартів, а також обмеженість інституційної спроможності [12, с. 37].

Виклики цифровізації пов'язані з браком кваліфікованих кадрів, цифровою нерівністю, недостатньою захищеністю даних та формалізмом процедур. Водночас суспільний запит на прозорість, антикорупційність і відкритість вимагає подальшої модернізації цифрової інфраструктури, уніфікації даних та розвитку інструментів громадської участі через ІКТ [13, с. 65].

Використання цифрових технологій у регулюванні сталого розвитку є мультидисциплінарним явищем, адже ефективність їх застосування пов'язана з інтеграцією на всіх рівнях організації управління. Так, у сфері навколишнього середовища, цифрові рішення сприяють впровадженню систем моніторингу якості повітря та водних ресурсів, автоматичному контролю викидів, розвитку цифрових платформ комунікації у сегменті Circular Economy [8, с. 25; 14, с. 78].

В економічному вимірі цифровізація сприяє прозорості бюджетного процесу, автоматизації фінансового контролю, розвитку електронних закупівель та управлінню державними активами [15, с. 121]. В соціальній сфері, електронні платформи дозволяють забезпечити доступ до якісної освіти, телемедицини, державних соціальних послуг, а також розширюють участь громадянських ініціатив у прийнятті рішень.

Завдяки поєднанню всіх зазначених аспектів формуються передумови для створення цифрової платформи управління сталим розвитком, яка забезпечить інтеграцію даних, підвищення прозорості та ефективності, оперативне реагування на соціально-економічні та екологічні виклики [16, с. 48].

Несприятлива макроекономічна ситуація, недостатня координація інституцій, низька мотивація кадрів, а також фрагментованість нормативно-правової бази становлять суттєві бар'єри на шляху цифрової трансформації системи управління сталим розвитком [12, с. 38; 17, с. 19]. Поширена відсутність системного підходу, нестача державного фінансування, слабкий розвиток культури відкритості даних створюють додаткові перепони для масштабування кращих європейських практик.

Поглиблює проблематику також цифрова нерівність населення у доступі до сучасних технологій, що вимагає пріоритетної уваги до цифрової інклюзії – підтримки різних груп користувачів, впровадження навчальних програм, розвитку цифрової грамотності, створення безпечного кіберсередовища [18, с. 91].

Серед ключових напрямів удосконалення пропонується:

- ❖ створення інтегрованих цифрових екосистем для управління сталим розвитком із залученням органів державної влади, місцевого самоврядування, бізнесу, громадських організацій та наукових установ;
- ❖ розробка й уніфікація відкритих даних щодо ходу досягнення цілей сталого розвитку, впровадження стандартів відкритого доступу до інформації, інтеграції open data у міжнародні платформи;
- ❖ підвищення цифрової грамотності державних службовців, розвитку цифрових компетентностей у суспільстві, забезпечення цифрової інклюзії;
- ❖ адаптація європейських інструментів управління даними, таких як European Data Spaces, персоналізовані сервіси електронної ідентифікації, використання блокчейну для забезпечення довіри й прозорості;
- ❖ впровадження механізмів громадської участі через цифрові платформи електронної демократії, відкритих бюджетних процесів, електронних консультацій;
- ❖ формування нормативно-правового та інституційного середовища, сприятливого для трансформації цифрового управління згідно вимог і цінностей ЄС.

Реалізація даних пропозицій дозволить забезпечити синергію між державними політиками, потребами суспільства та вимогами міжнародних партнерів, створити умови для інноваційного розвитку й підвищення якості життя населення в Україні.

Дослідження доводить, що цифрові механізми управління в умовах європейської інтеграції поступово стають ключовим складником політики сталого розвитку України. Світовий та європейський досвід демонструють не лише ресурсну й організаційну ефективність цифрових платформ, а й їхню здатність забезпечувати демократичність, інклюзивність і прозорість управлінських процесів. Для України основним завданням бачиться розвиток цифрової інфраструктури, інтеграція відкритих даних до системи моніторингу та управління, персоналізація послуг і забезпечення справедливого доступу до цифрових трансформацій для всіх категорій населення.

Впровадження стратегії сталого розвитку в Україні супроводжується низкою викликів: політична нестабільність, військовий конфлікт, економічна криза, міграція населення, недосконалість інституцій, брак фінансування та експертних кадрів. Проте, підтримка з боку ЄС, міжнародних організацій, активізація громадянського суспільства і корпоративного сектору створюють умови для поступової трансформації.

Ключовим завданням майбутнього стає створення відкритого суспільства, в якому цінності демократії, прав людини та економічної свободи гармонійно поєднуються з дбайливим ставленням до довкілля, інноваційною економікою та сильною соціальною підтримкою. Прозорість, партнерство та діджиталізація всіх сфер життя мають стати рушіями успішного сталого розвитку.

Сталий розвиток України як європейської держави є довготривалим, складним, але реальним процесом, що визначає вектор національного поступу. Його головна мета – інтеграція у загальноєвропейський простір шляхом модернізації економіки, суспільних відносин, впровадження інновацій та європейських стандартів у всі сфери життя. Виконання Цілей сталого розвитку, активна участь у програмах ЄС, реформування інституцій і стимулювання громадської активності є ключовими передумовами сталого майбутнього України.

Подальші наукові дослідження доцільно зосередити на питаннях міжгалузевого обміну даними, розвитку штучного інтелекту у сфері екосистемного управління, моделюванні політик для забезпечення узгодженості українського законодавства з директоріями ЄС стосовно цифрової трансформації.

Список використаних джерел

1. Маркіна І.М. Цифрові трансформації у публічному управлінні: вітчизняний та європейський досвід. // Державне управління: теорія та практика, 2021. №2, с. 60–72.
2. Гончарук А.В. Значення цифровізації управління для сталого розвитку: аналітичний огляд. // Технології сталого розвитку, 2020. №4, с. 21–28.
3. Кулинич В.В., Діденко І.К. Цілі сталого розвитку: європейський вимір чинників цифровізації. // Економіка України, 2022, №3, с. 75–86.
4. Новак О.С. Цифрові механізми формування державної політики сталого розвитку: концептуальний підхід. // Актуальні проблеми державного управління, 2021. №3, с. 11–18.
5. Digital Government Review of Ukraine. OECD, Paris, 2021, 164 p. URL: <https://e.surl.li/gdlnej> (дата звернення 05.11.2025)
6. Стеченко Д.М. Сталий розвиток у цифрову епоху. // Економіка і прогнозування, 2022. №4, с. 42–52.
7. Sustainable Development Goals Report 2022. United Nations. URL: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/> (дата звернення 05.11.2025)
8. Прокопенко І.В. Цифрові інструменти екологічного моніторингу в системі управління сталим розвитком. // Екологічна безпека, 2022. №1, с. 22–29.
9. European Commission. Digital Strategy: Shaping Europe's Digital Future. Brussels, 2020. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en> (дата звернення 05.11.2025)
10. Reimagining Europe for the Digital Age. EU Digital Policy Review 2022. European Parliament Research Service. URL: <https://e.surl.li/ophizu> (дата звернення 05.11.2025).
11. Дія: Цифрова держава. Офіційний портал. URL: <https://diia.gov.ua/> (дата звернення 05.11.2025).
12. Аналітичний звіт: Цифровізація публічного управління – виклики та можливості для України. Центр економічної стратегії, Київ, 2022. с. 34–38. URL: <https://ces.org.ua/category/research-list/macro-economics/> (дата звернення 05.11.2025)
13. Мельник А.І. Відкриті дані у публічному управлінні: досвід ЄС та перспективи України. // Вісник НАДУ, 2021, №3, с. 63–71.
14. Circular Economy and the Role of Digitalization. European Environment Agency, 2021. URL: <https://e.surl.li/cpljad> (дата звернення 05.11.2025)
15. Яковенко В.Ф., Олійник М.С. Електронні закупівлі та відкритий бюджет у сфері управління сталим розвитком. // Публічне управління, 2022, №2, с. 115–122.
16. Новосад О. Взаємодія цифровізації та інновацій у системі управління сталим розвитком. // Економіка і держава, 2023. №2, с. 45–51.
17. Digital Europe Programme. European Commission, Working Papers, 2022. URL: <https://e.surl.li/brqhwu> (дата звернення 05.11.2025)
18. IT-освіта і цифрова грамотність в Україні: звіт аналітичної платформи BRDO, 2022. URL: <https://sal0.li/f55c8FE> (дата звернення 05.11.2025)

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ВЕБ-СИСТЕМИ ДЛЯ ОБЛІКУ ТА АНАЛІЗУ РОБОЧОГО ЧАСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація. У роботі представлена розробка хмарної веб-системи для точного обліку та аналізу робочого часу персоналу. Розроблено трирівневу архітектуру системи та загальний алгоритм роботи системи, який охоплює весь цикл від створення проєкту та призначення завдань до збору даних, розрахунку метрик і формування підсумкового звіту.

Ключові слова: веб-система, облік робочого часу, хмарні технології, звітність.

Abstract. The paper presents the development of a cloud web system for accurate accounting and analysis of staff working time. A three-level system architecture and a general algorithm for the system's operation have been developed, which covers the entire cycle from project creation and task assignment to data collection, metric calculation and final report generation.

Keywords: web system, working time accounting, cloud technologies, reporting.

Вступ. За останні роки суттєво зросла кількість компаній, що використовують віддалені та гібридні формати роботи, що, у свою чергу, висуває підвищені вимоги до інструментів точного та оперативного обліку робочого часу персоналу незалежно від їхнього місцезнаходження [1]. Традиційні методи — зокрема паперові таблиці чи локальні системи — дедалі частіше демонструють обмежену ефективність, оскільки не забезпечують належного рівня доступності, масштабованості та актуальності даних для розподілених команд.

Хмарні веб-системи дають змогу організувати централізований, безперервний доступ до інформації з будь-якого пристрою, що є критично важливим як для співробітників, так і для управлінського персоналу. Крім того, використання хмарних технологій мінімізує потребу у локальній інфраструктурі, спрощує оновлення програмного забезпечення та підвищує надійність зберігання даних.

Ручні підходи до фіксації робочого часу є схильними до помилок, неточностей та додаткових витрат часу. Автоматизована веб-система дає змогу забезпечити коректне визначення початку та завершення роботи, облік перерв, а також розподіл часу між проєктами та завданнями. Це підвищує точність отримуваних даних і створює передумови для об'єктивного аналізу продуктивності та формування коректних розрахунків заробітної плати.

Отже, розробка веб-системи обліку та аналізу робочого часу з використанням хмарних технологій є актуальною задачею, яка відповідає сучасним вимогам цифровізації та оптимізації бізнес-процесів.

Розробка архітектури та загального алгоритму роботи веб-системи. Було розроблено архітектуру веб-системи обліку робочого часу, яка забезпечує гнучкість, масштабованість та можливість швидкого розвитку функціональності. Архітектура передбачає чіткий поділ застосунку на три основні частини: веб-клієнт (Frontend), хмарні обчислення (Backend) та хмарне сховище (Database). Такий підхід дає змогу оптимізувати процеси розробки, спростити оновлення окремих компонентів і забезпечити низькі операційні витрати, що особливо важливо для систем, які повинні підтримувати значну кількість активних користувачів [2, 3].

Веб-клієнт реалізує усю логіку взаємодії з користувачем і відповідає за відображення інформації у браузері. Основою фронтенд-частини є бібліотека React, що дозволяє створювати динамічні інтерфейси, які реагують на дії користувача без перезавантаження сторінки. Для організації навігації між окремими розділами використовується легка та ефективна бібліотека Wouter, яка забезпечує швидку маршрутизацію та мінімальне навантаження на клієнтську частину.

Окремим важливим модулем є Data Visualization, який відповідає за представлення аналітичних даних у зручному для сприйняття форматі. Для цього застосовується бібліотека recharts, що дозволяє формувати інтерактивні графіки та діаграми, які автоматично оновлюються відповідно до інформації, отриманої з бекенду. Такий підхід підвищує інформативність системи та дає змогу користувачу швидко аналізувати власний робочий час чи продуктивність.

Модуль Data Validation має ключове значення для забезпечення коректності даних, що надходять від користувача. Валідація реалізована за допомогою бібліотеки Zod, яка дозволяє жорстко визначати структуру та типи даних, унеможливаючи відправлення некоректної інформації на сервер. Це підвищує надійність роботи всієї системи та знижує кількість потенційних помилок ще на етапі взаємодії користувача з інтерфейсом [4].

Таким чином, розроблена архітектура поєднує сучасні веб-технології, хмарні обчислення та засоби валідації, що забезпечує ефективність, масштабованість та стійкість системи обліку робочого часу. Архітектуру системи наведено на рисунку 1.

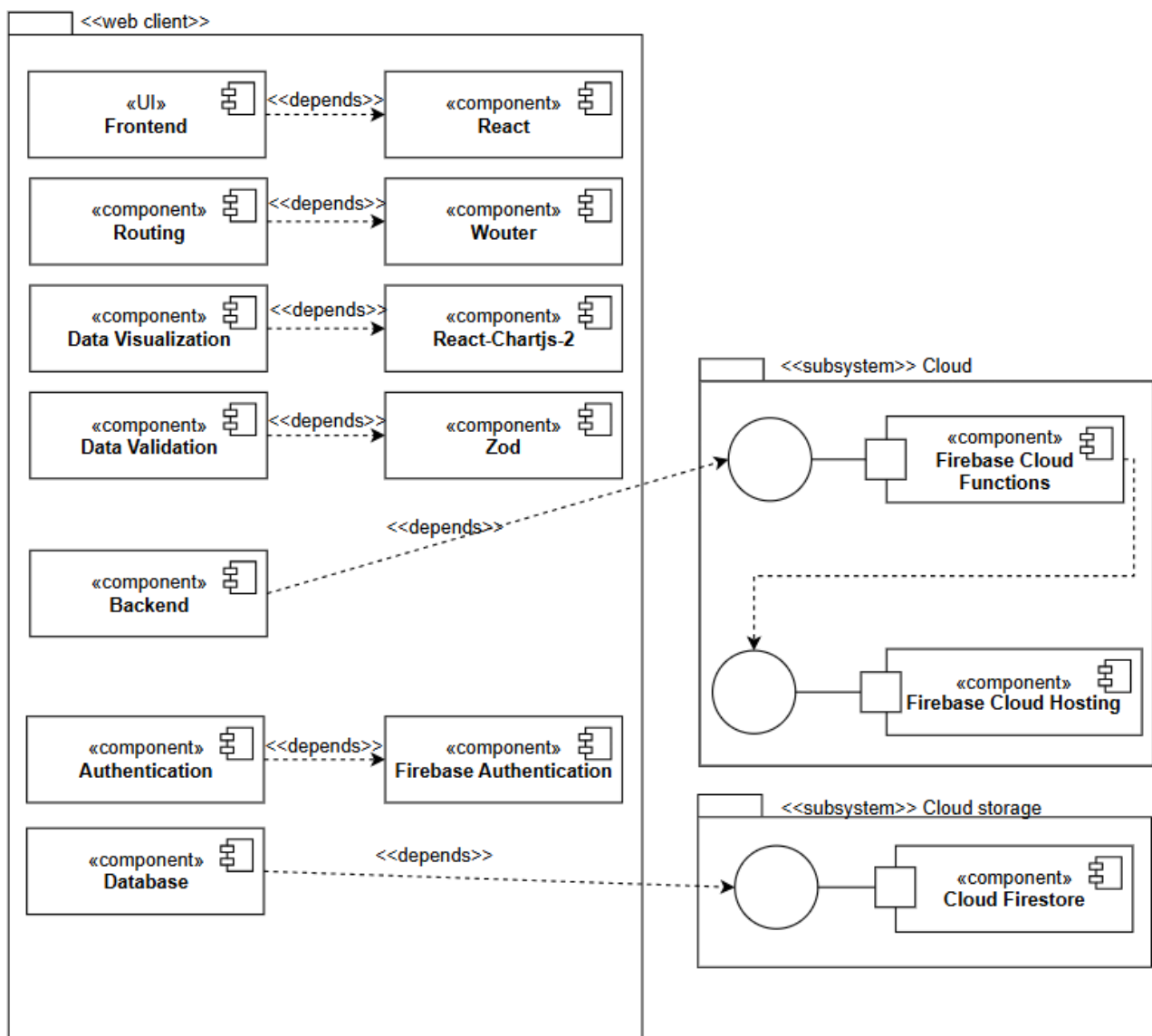


Рисунок 1 — Архітектура системи

Бекенд-логіка та процеси розгортання реалізовані у повністю безсерверному середовищі Google Firebase [5], що усуває потребу у підтримці власної серверної інфраструктури та значно спрощує масштабування застосунку. Такий підхід дає змогу зосередити увагу на розробці бізнес-функціональності, оскільки питання керування серверами, оновленнями та балансування навантаження автоматично вирішуються хмарною платформою.

Хостинг статичних ресурсів фронтенду (HTML, CSS, скомпільований React-код) забезпечується сервісом Firebase Hosting, який гарантує швидку доставку контенту користувачам завдяки глобальній CDN-мережі, а також підтримує автоматичні деплоїменти, що прискорює оновлення системи. Керування користувачами, автентифікацією та підтримкою сесій виконується за допомогою Firebase Authentication. Цей сервіс відповідає за надійний контроль доступу, збереження інформації про облікові записи та застосування правил безпеки при роботі з даними.

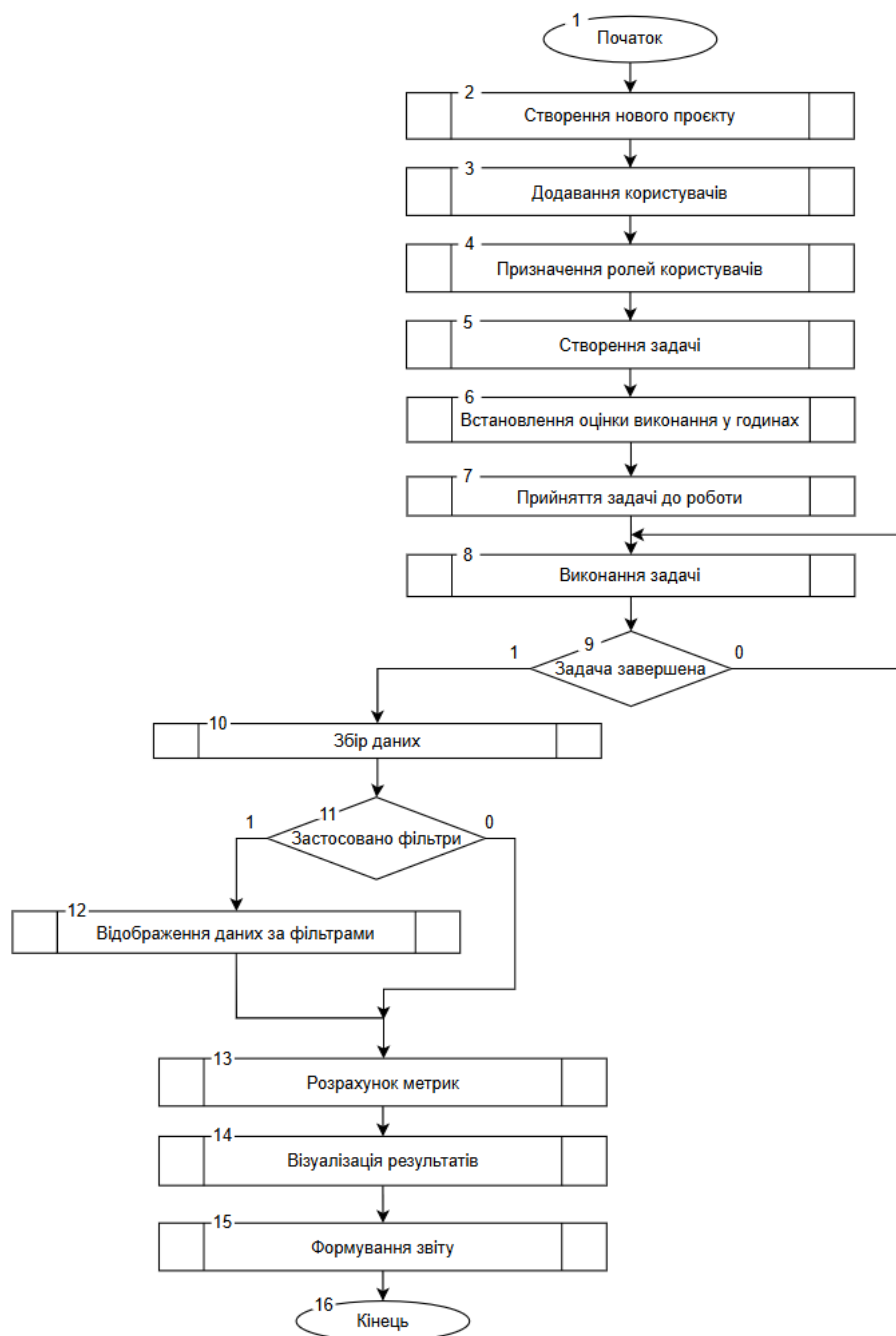


Рисунок 2 — Блок-схема загального алгоритму системи

Зберігання основної інформації системи (журналів роботи, задач, проєктів, профілів користувачів) реалізоване у компоненті Database, що побудований на основі Cloud Firestore — масштабованої NoSQL-бази з підтримкою роботи в режимі реального часу. Firestore добре підходить для сценаріїв, де дані мають гнучку структуру та можуть часто оновлюватися, що характерно для систем обліку часу. База дозволяє легко організовувати взаємозв'язки між проєктами, задачами та записами журналів, а також швидко обробляти зміни. Завдяки вбудованим правилам безпеки Firestore забезпечує контроль доступу на рівні документів і колекцій, що дозволяє гарантувати цілісність та конфіденційність даних під час прямої взаємодії фронтенду з хмарною базою. Розроблено загальний алгоритм роботи системи, блок-схема якого наведена на рисунку 2.

Алгоритм, що описує повний цикл роботи від створення проєкту до формування звіту, ініціюється з початку та переходить до створення нового проєкту, де послідовно відбувається додавання користувачів та призначення їм ролей. Після організаційних кроків виконується створення задачі та встановлення оцінки її виконання у годинах, що є основою для планування, за чим слідує прийняття задачі до роботи.

Далі починається ітеративний етап виконання задачі. Цей процес триває до тих пір, поки не буде підтверджено, що задача завершена. Після успішного завершення роботи відбувається збір даних — фактичних логів виконання та витрат часу.

Наступний етап — підготовка даних до аналізу: відбувається перевірка, чи застосовано фільтри. Якщо фільтри були застосовані, система виконує відображення даних за фільтрами, якщо ні — переходить безпосередньо до наступного кроку. На завершення аналітичної частини відбувається розрахунок метрик та візуалізація результатів цих розрахунків. Завершується алгоритм фінальним кроком — формування звіту, після чого настає кінець процесу.

Висновок. Було розроблено та обґрунтовано архітектуру веб-системи обліку та аналізу робочого часу з використанням сучасних хмарних технологій Google Firebase. Використання безсерверного підходу (Firebase Authentication, Firebase Cloud Hosting, Cloud Firestore) забезпечує високу масштабованість, надійність, цілодобову доступність і низькі операційні витрати. Розроблений загальний алгоритм роботи системи покриває ключові етапи управління проєктами, включаючи планування завдань, ітеративне виконання роботи, збір даних, розрахунок метрик та автоматичне формування звітності. Це вирішує проблему неефективності традиційних методів обліку в умовах віддаленої роботи та значно підвищує точність даних для аналізу продуктивності.

Список використаних джерел

1. Burns, B., Grant, B., Oppenheimer, D., Brewer, E., Wilkes, J. Borg, Omega, and Kubernetes: Lessons learned from three container-management systems // Communications of the ACM. — 2016. — Т. 59, № 5. — С. 50–57. — DOI: 10.1145/2890784.
2. Sill, A. The Design and Architecture of Microservices // IEEE Cloud Computing. — 2016. — Т. 3, № 5. — С. 76–80. — DOI: 10.1109/MCC.2016.111.
3. Fowler, M. Patterns of Enterprise Application Architecture. — Boston: Addison-Wesley, 2002. — 533 p. — ISBN 978-0321127426.
4. Software Architecture [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://bytebytego.com/guides/software-architecture/> — Дата звернення: 14.11.2025.
5. Firebase Documentation: Cloud Functions, Firestore, Hosting [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://firebase.google.com/docs/> — Дата звернення: 15.11.2025.

УДК 004.056.5:004.383.1

КУЧЕРЕНКО М. В.

СТАХОВ О. О.

МАЙДАНЮК В. П.

Вінницький національний технічний університет

РОЗРОБКА МЕТОДУ ГЕНЕРАЦІЇ КЛЮЧІВ ШИФРУВАННЯ НА ОСНОВІ НЕЗМІННИХ ДАНИХ ПРИСТРОЮ В ОС ANDROID

Анотація. Розглянуто метод генерації ключів шифрування в операційній системі Android на основі незмінних апаратних і програмних даних пристрою. Проаналізовано властивості системних ідентифікаторів, доступних без надання додаткових дозволів, з метою використання їх як базових елементів для формування ключів. Запропоновано алгоритм, що включає хешування стабільних параметрів пристрою, застосування випадкових ваг та формування 32-байтного ключа для подальшого використання у шифруванні.

Ключові слова: безпека, Android, шифрування, генерація, ключ, хешування, ідентифікатор, незмінний, унікальний.

Abstract. The method of generating encryption keys in the Android operating system based on unchanged hardware and software data of the device is considered. The properties of system identifiers, available without providing additional permissions, were analyzed in order to use them as basic elements for generating keys. An algorithm is proposed, which includes hashing stable device parameters, applying random weights, and generating a 32-byte key for further use in encryption.

Keywords: security, Android, encryption, generation, key, hashing, identifier, immutable, unique.

Вступ. У добу мобільних технологій смартфони й планшети зберігають дедалі більше конфіденційної інформації: особисті дані, документи, фінансові записи, медичні дані, ідентифікатори користувача тощо. Захист цих даних від несанкціонованого доступу стає критичною задачею – не лише під час передавання даних, але й коли вони “лежать” на пристрої.

Але навіть з використанням сильних алгоритмів шифрування, безпечність системи багато в чому залежить від того, як генерується та зберігається криптографічний ключ. Якщо ключ можна вивести, вгадати або підмінити – весь захист руйнується.

На платформах Android існують стандартні підходи для роботи з криптографією та ключами (наприклад, Android Keystore, апаратно захищене сховище ключів) – однак статистика показує, що багато додатків або взагалі не використовують апаратне сховище, або використовують його частково, що знижує загальний рівень безпеки.

Крім того, задля безпеки важливих файлів розглядаються схеми файлового шифрування (file-based encryption) як більш гнучкі підходи, що дозволяють захищати не весь диск, а окремі файли чи каталоги, зі специфічними ланцюжками виводу ключів (key derivation chains).

У цьому контексті виникає завдання: чи можна створити метод генерації ключів шифрування на основі незмінних властивостей пристрою (наприклад, апаратних ідентифікаторів, “фірмових” характеристик, стабільних біометрій чи “фінгерпринтів” пристрою), щоб мінімізувати ризики зберігання ключів у доступному вигляді. Такий підхід має потенціал зменшити зусилля з управління ключами (наприклад, не зберігати ключ явно) і одночасно зберегти прийнятний рівень безпеки.

Вибір незмінних даних пристрою для використання у генерації ключів та розробка загального алгоритму методу

Для розробки методу генерації ключів шифрування на основі незмінних даних пристрою необхідно обрати такі параметри, до яких застосунок може отримати доступ без розширення необхідних прав. Це важливо для забезпечення сумісності з політиками безпеки Android та уникнення потенційних ризиків, пов’язаних із надмірними правами доступу. До таких параметрів належать системні ідентифікатори, які доступні через класи Build та Settings.Secure і які залишаються незмінними протягом усього життєвого циклу пристрою в цілому. Дані ідентифікатори можуть бути змінені лише фізичним втручанням у пристрій або програмно з передбаченням повного знищення даних пристрою, що робить їх підходящими даними для формування ключів шифрування. До таких полів належать:

- Setings.Secure.ANDROID_ID – унікальний 64-бітний ідентифікатор, що генерується під час першого запуску пристрою та зберігається без змін до скидання налаштувань;

- Build.BOARD – назва системної плати пристрою;

- Build.BRAND – назва виробника пристрою;

- Build.HARDWARE – платформа, що визначається виробником чіпсету пристрою;

- Build.PRODUCT – кодова назва продукту, що зазвичай поєднує серію та модель;

- Build.MODEL – модель пристрою, що відображається користувачу;

- Build.MANUFACTURER – назва виробника пристрою.

Отримані параметри можна визначити без надання додаткових дозволів від користувача. Вони мають достатню стабільність, щоб забезпечити життєвий цикл, довший за тривалість існування зашифрованих даних, що робить їх придатними для використання як базових елементів у процесі формування ключів шифрування.

Після отримання необхідних значень відповідно до стандартних принципів генерації ключів здійснюється їх криптографічне перетворення. На цьому етапі, окрім обробки самих ідентифікаторів пристрою, доцільно додати елемент випадковості, що підвищує ентропію та ускладнює можливість відтворення ключа сторонніми особами. У результаті формується унікальний ключ, який не буде потребувати зберігання у відкритому вигляді, буде автоматично відновлюватися на тому ж пристрої і не зможе бути відтворений на іншому пристрої, навіть за умови доступу до застосунку.

Детальна розробка методу генерації ключів шифрування на основі незмінних даних пристрою. Першою дією у забезпеченні надійної генерації ключа є забезпечення криптографічної обробки вхідних даних шляхом їх хешування, що забезпечить одностороннє перетворення параметрів і запобігатиме можливості визначення їх реальних значень із отриманого результату:

$$SP(1..x) = \text{SHA256}(P(1..x)). \quad (1)$$

Де x – кількість отриманих незмінних даних, $P(1..x)$ – це необроблені незмінні параметри пристрою, що були отримані із класів Build та Settings.Secure, а $SP(1..x)$ – хешовані значення обраних параметрів, в той час як функція SHA256 є функцією хешування, що виводить 32-байтний хеш вхідного параметру.

Після хешування усіх обраних параметрів їх необхідно об’єднати із використанням елементу випадковості, отже необхідно сформувати випадкові «ваги» $W(1..x)$ для подальшого використання у процесі деривації ключа. Так як результуючий ключ має бути розміром 32 байти, відповідно сума випадкових вагів також має бути 32:

$$W(1..x) = Rand(1..x, 32). \quad (2)$$

Де $Rand()$ – це функція, що отримує кількість отриманих елементів та повертає масив ваг, розподілених так, щоб їх сума дорівнювала другому вхідному параметру, x – це кількість отриманих незмінних даних пристрою, а $W(1..x)$ – масив розподілених ваг.

Після отримання усіх необхідних даних формується фінальний ключ шифрування шляхом з'єднання усіх хешованих даних на основі випадково визначених ваг. Даний етап передбачає обрізання масиву хешу відповідно до визначених ваг та їх з'єднання у один масив розміром 32 байти:

$$Key_{32} = Merge\left(Trim(SP(1..x), W(1..x))\right). \quad (3)$$

Де x – кількість незмінних параметрів пристрою, $SP(1..x)$ – хешовані незмінні параметри пристрою, $W(1..x)$ – попередньо визначені ваги для відповідних їм незмінних параметрів пристрою, $Trim()$ – функція для обрізання масиву першого вхідного параметра відповідно до другого параметра, що повертає масив обрізаних масивів а $Merge()$ – функція що об'єднує усі вхідні масиви у один єдиний масив, key_{32} – результат, що відображає готовий 32-байтний ключ, що можна використовувати для подальшого шифрування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A Large-Scale Analysis of Secure Key Storage in Android Apps [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/393587329_KeyDroid_A_Large-Scale_Analysis_of_Secure_Key_Storage_in_Android_Apps.
2. Untangling File-based Encryption on Mobile Devices [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/abs/2111.12456>.

УДК 004.056.5:004.383.1

КУЧЕРЕНКО М. В.

МАЙДАНЮК В. П.

ДЕНИСЮК А. В.

Вінницький національний технічний університет

ЗАХИСТ ФАЙЛІВ У СИСТЕМІ ANDROID ШЛЯХОМ ПРИХОВУВАННЯ ВІД ФАЙЛОВОЇ СИСТЕМИ

Анотація. Розглянуто методи захисту файлів в ОС Android шляхом приховування файлів від загальної файлової системи, їх переваги, недоліки та обмеження. Обґрунтовано доцільність приховування файлів від файлової системи. Показано недоліки локального приховування та наведено метод усунення цих недоліків.

Ключові слова: безпека, захист, файли, приховування, зберігання, шифрування, шар, додатковий, дистанційний, локальний.

Abstract. Methods of protecting files in the Android OS by hiding files from the general file system, their advantages, disadvantages and limitations are considered. The benefits and feasibility of hiding files from the file system are considered. A method for solving the shortcomings of local hiding methods is presented.

Keywords: security, protection, files, hiding, storage, encryption, layer, additional, remote, local.

Вступ. Проблема безпеки даних і конфіденційності стає все більш актуальною, оскільки більшість застосунків збирають різноманітну інформацію про користувачів, часто без їхньої згоди або навіть відома. В основному це незначні дані, що використовуються для покращення роботи програм, однак чимало розробників займаються збором особистої інформації з метою подальшого продажу або неетичного використання.

Однією з причин витоку даних може бути необережність самих користувачів. Хоча більшість програм встановлюються з офіційних джерел, таких як Play Store, де вони проходять перевірку, все ж існує ймовірність помилок у процесі модерації або використання зловмисниками легальних інструментів у небезпечних цілях. Попри це, завантаження застосунків із перевірених платформ залишається відносно безпечним способом отримання програмного забезпечення. Проте, коли користувач не може знайти оптимальний варіант для своїх потреб, він часто звертається до сторонніх сайтів, де ризик натрапити на шкідливі файли значно зростає.

Завантаживши неперевірений застосунок із сумнівного джерела, недосвідчений користувач може несвідомо надати дозвіл на доступ до пам'яті пристрою, що відкриє зловмисникам шлях до викрадення особистих даних, фотографій або навіть важливих нотаток.

Хоча можна розробити механізми захисту, які мінімізують ризики, пов'язані з людською необережністю, це зазвичай супроводжується обмеженнями, що погіршують зручність використання пристрою. Тому

ефективнішим рішенням є не обмеження користувача, а забезпечення надійного захисту самих даних від несанкціонованого доступу.

Захист даних від викрадення зловмисниками. Для захисту пристрою від різноманітних загроз існують багато засобів та застосунків, таких як антивірусні програми, шифрування, блокування екрану, вбудовані механізми захисту в ОС та інші, проте лише декілька з них захищають пристрій від зловмисних застосунків, що були завантажені самим користувачем та наділені необхідними їм правами [1]. Досить простим і доволі ефективним методом захисту файлів від таких програм є приховування файлів від загальної файлової системи пристрою, що робить їх недоступними для неавторизованих застосунків взагалі або потребує розширених прав, які надаються значно важче ніж звичайні права на доступ до файлового сховища. Метод захисту через приховування файлів доцільний як перший шар захисту файлів, що потребує від шкідливого ПЗ запиту на додаткові права доступу, а від користувача значно більше дій, включно з такими, що гарантовано попереджають користувача про небезпечність надання даних прав.

Методи приховування файлів від файлової системи пристрою. Захистити файли можна двома загальними методами – дистанційно, що передбачає зберігання файлів на віддаленому пристрої та локально на пристрої за допомогою спеціального програмного забезпечення.

До дистанційних видів приховування можна віднести зберігання на віддаленому сервері підключеному до мережі інтернет або зберігання на окремому надійному носії без доступу до мережі, такому як usb-накопичувач, що відсікає можливість доступу до файлів без відома користувача або авторизованого програмного забезпечення.

Інший вид приховування – локальний, що передбачає програмне приховування файлів на самому пристрої таким чином, щоб ні неавторизовані програми, ні користувач не змогли б отримати до них доступ без авторизованого програмного забезпечення. Даний метод передбачає перенесення даних у локальний простір застосунку, до якого має доступ лише сам застосунок.

Даний вид можна поділити на приховування у базі даних застосунку, при якому дані файлів зберігаються у базі даних застосунку та приховування у приватній директорії застосунку, до якої сторонні застосунки не мають доступу.

Переваги та недоліки основних видів приховування. Кожен з методів приховування файлів має свої переваги та недоліки, серед них:

- метод зберігання файлів на дистанційному сервері надає значну надійність у захисті даних, вимагає підключення до надійного серверу, що хоча є надзвичайно надійним через захисні механізми серверу, проте має такі недоліки як необхідність підключення до мережі інтернет, так і необхідність витрат при великому обсягу файлів;

- метод зберігання файлів на окремому пристрої має перевагу у вигляді найвищої надійності у момент приховування файлів, проте вимагає зберігання файлів на фізичному пристрої, що унеможливорює швидкий доступ до даних;

- метод зберігання файлів у локальній базі даних застосунку об'єднує усі файли у одному файлі бази даних, що ускладнює доступ до прихованих файлів. Ще одним недоліком є відсутність захисту від програм з більшими правами доступу, а також істотне обмеження на розмір файлу, адже комірки бази даних мають невеликий максимальний обсяг.

- метод зберігання файлів у приватній директорії є найпростішим, адже він лише переносить файл з відкритої у приватну директорію, що надає найменший захист у порівнянні з іншими методами, проте не має інших істотних недоліків.

Вирішення проблеми безпеки локальних методів захисту файлів шляхом приховування. Обидва локальних методи приховування файлів мають істотні недоліки безпеки у порівнянні з дистанційними методами. Вирішенням проблеми є шифрування файлів. Навіть при отриманні доступу до приватної бази даних чи приватної директорії зловмисник, що отримає ці файли, не зможе їх використати, оскільки шифрування забезпечує подвійний захист. Таким чином зловмисне ПЗ має не тільки визначити місцезнаходження файлу у приватній директорії, що потребує додаткових прав доступу, які вимагають значно більше уваги від користувача, а й розшифрувати файл. Це призводить до зростання витрат для отримання конфіденційної інформації і відповідно зменшує ефективність даного виду шкідливих застосунків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Способи захисту пристрою від атак [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://datami.ee/ua/blog/bezpeka-i-kiberbezpeka-smartfoniv/>.

КУШНІР В.В.
здобувачка освіти,
ВСП Кам'янець-Подільський фаховий коледж
Навчально-реабілітаційного закладу вищої освіти «Кам'янець-Подільський державний інститут»
Науковий керівник: БІЛА Я.В.
викладач ВСП Кам'янець-Подільський фаховий коледж
Навчально-реабілітаційного закладу вищої освіти «Кам'янець-Подільський державний інститут»

ЗАСТОСУВАННЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ У ВИВЧЕННІ АНАТОМІЇ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

Анотація. У статті досліджено особливості використання технологій 3D-моделювання у процесі вивчення анатомії людини та тварин, визначено їхній потенціал як інноваційного засобу формування просторового мислення, анатомічної грамотності та цифрових компетентностей здобувачів освіти. Здійснено аналіз сучасних наукових джерел, які підтверджують ефективність застосування тривимірних моделей у навчанні, зокрема у підвищенні академічної успішності, мотивації й точності відтворення анатомічних структур. Обґрунтовано актуальність використання 3D-моделювання в умовах обмеженого доступу до реальних анатомічних матеріалів, а також зростання ролі цифрової освіти. Виокремлено напрями застосування таких технологій – від візуалізації та порівняльної анатомії до моделювання патологій та інтеграції з діагностичними системами. Матеріали дослідження становлять наукову основу для подальшого вдосконалення методичного забезпечення анатомічної підготовки у медичній, ветеринарній та біологічній освіті.

Актуальність вивчення теми. У сучасній медичній та біологічній освіті обсяг знань про анатомію людини й тварин постійно зростає, а традиційні методи (анатомічні препарати, 2D-атласи, лекції) мають обмеження у візуалізації просторової структури організму, інтерактивності та можливості моделювати різні варіанти анатомічної будови. Використання тривимірного моделювання (3D-моделі), віртуальної та доповненої реальності дозволяє формувати глибше й наочніше уявлення про анатомічні структури, полегшувати студіювання складних просторових відносин між органами, а також розширювати можливості для навчання в умовах обмеженого доступу до трупів або лабораторій. У цьому контексті застосування 3D-моделювання має високу актуальність як для підвищення якості анатомічної підготовки, так і для розвитку міждисциплінарних навичок (моделювання, візуалізація, цифровий дизайн) у студентів медичних, ветеринарних та біологічних напрямів.

Постановка проблеми та її зв'язок із науковими чи практичними завданнями. Проблема полягає у тому, що традиційні підходи до вивчення анатомії часто не забезпечують достатньої кількості можливостей для інтерактивного і просторового навчання, що особливо ускладнено у випадках анатомії тварин або складних органів. Це створює розрив між потребами сучасної освіти та доступними ресурсами: наприклад, нестача анатомічних препаратів, обмеження візуалізації, складність адаптації до різних видів тварин, високі витрати на лабораторне обладнання. З наукової точки зору це означає потребу в розробці, адаптації і верифікації 3D-моделювання як методичного засобу анатомічної підготовки. З практичного – потребу у підготовці медичних, ветеринарних і біологічних фахівців, які здатні працювати в цифровому навчальному середовищі, використовувати 3D-технології, моделювати анатомічні системи, інтерпретувати тривимірні дані і застосовувати їх у професійній діяльності (клініка, дослідження, ветеринарія). Вирішення цієї проблеми сприяє підвищенню ефективності навчання, кращій підготовці фахівців і оптимізації ресурсів анатомічного навчання.

Аналіз основних досліджень і публікацій. У дотичних міжнародних дослідженнях виділяють кілька важливих напрямів. Наприклад, систематичний огляд і мета-аналіз досліджень використання 3D-друкованих моделей анатомії людини показав позитивний вплив на навчання, хоча статистичні відмінності між підгрупами були незначні, і автори рекомендують більший обсяг досліджень із стандартизованими інструментами [5]. Інше дослідження із 2025 р. висвітлює сучасний стан впровадження 3D-моделей і друку у викладанні анатомії, з висновком про покращення розуміння студентами, підвищення мотивації, але водночас зазначає, що якість навчального середовища має вирішальне значення [3]. У дослідженні з 3D-анатомією для мобільних аплікацій виявлено, що застосування 3D-додатків позитивно пов'язане з академічною успішністю студентів [2]. Огляд «Digital anatomy education» визначив тенденцію до прийняття й імплементації цифрових технологій у навчанні анатомії, але водночас виявив недостатню кількість довготривалих досліджень, особливо у сфері анатомії тварин [1]. Таким чином, хоча вже зроблено суттєвий внесок у розуміння ролі 3D-моделювання у анатомічній освіті (людина), невирішеними залишаються такі частини: інтеграція 3D-моделювання у підготовку з анатомії тварин; стандартизація методик і оцінювання ефективності (кількісні дані, контрольні групи); адаптація 3D-моделей до

міжвидової анатомії; довготермінові ефекти впливу на компетентності. Саме цим аспектам присвячується означена стаття.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою цієї статті є теоретично і методично обґрунтувати застосування 3D-моделювання у вивченні анатомії людини та тварин, та представити модель його інтеграції в освітній процес анатомічної підготовки з метою підвищення просторового анатомічного розуміння, цифрових навичок студентів і міжвидової анатомічної компетентності. Для досягнення цієї мети у статті передбачається вирішення таких завдань:

1. Проаналізувати сучасний стан досліджень з теми 3D-моделювання у викладанні анатомії людини і тварин, виявити ключові підходи, результати та прогалини.
2. Виділити ключові компетентності студентів (просторове мислення, цифрові навички, міжвидова анатомічна орієнтація, візуалізація) які можуть бути підтримані 3D-моделюванням.
3. Розробити методичні рекомендації щодо структури і сценаріїв використання 3D-моделювання в анатомічній освіті, а також критерії оцінювання ефективності цієї інтеграції.
4. Провести початкову апробацію (пілотне дослідження) моделі інтеграції на курсі анатомії людини і тварин, виміряти вплив на анатомічне розуміння, цифрову готовність та міжвидову компетентність студентів.
5. Визначити обмеження застосування 3D-моделювання в анатомічному навчанні, а також можливості його масштабування і перспективи подальших досліджень (зокрема у анімальних видах).

Виклад основного матеріалу дослідження. Одне дослідження показало, що застосування 3D-візуалізацій у навчанні анатомії покращує задоволеність студентів та їх залученість до навчання, хоча результати тестів не завжди статистично значущі.

У ветеринарній академії студенти, що працювали з 3D-друкованими моделями анатомії, повідомляли про задоволення використаними матеріалами на рівні понад 60 % та відзначали можливість зменшити використання трупного матеріалу в практичних заняттях.

3D-друковані моделі, виготовлені на основі КТ-сканів та обробки цифрових даних (наприклад, череп людини), виявилися придатними альтернативами справжнім анатомічним препаратам: вони дозволяють відтворювати складні черепні структури з достатньою точністю і використовувати їх в навчальних цілях.

У контексті анатомії тварин було створено інтерактивний 3D-модельний робочий процес у Blender з використанням III-інструментів, що демонструє можливість створення моделей навіть складних анатомічних структур (наприклад, сидничного нерва великої рогатої худоби) із застосуванням відкритого програмного забезпечення. [4]

Проект Visible Human Project, в якому тіло людини було розрізано на тисячі тонких зрізів для цифрового моделювання, створив основу для багатьох анатомічних 3D-моделей і програм візуалізації, що застосовуються у медичній освіті.

Таблиця 1

Напрями застосування 3D-моделювання у вивченні анатомії людини та тварин

Напрямок застосування	Ціль навчання	Приклади навчальної діяльності / 3D-інструментів	Очікувані результати для студентів
Візуалізація анатомічних структур	Формування цілісного просторового уявлення про органи та системи людини й тварин	Перегляд інтерактивних 3D-моделей скелета, м'язів, внутрішніх органів у спеціалізованих програмах (Visible Body, Zygote Body, власні моделі з Blender/3ds Max)	Краще розуміння топографії органів, зниження помилок при ідентифікації структур, розвиток просторового мислення
Порівняльна анатомія людини та тварин	Усвідомлення міжвидових подібностей і відмінностей у будові органів та систем	Робота з паралельними 3D-моделями (наприклад, скелет людини – скелет собаки/коня), накладання, обертання, вимірювання пропорцій	Сформовані навички порівняльного аналізу, краще розуміння адаптаційних особливостей різних видів
Віртуальні "розтини" (e-dissection)	Безпечне й етичне опрацювання анатомії без використання великої кількості трупного матеріалу	Виконання віртуальних розтинів на 3D-моделях: «зрізання» шарів, демонтаж органів, відновлення структури в різних площинах	Зниження психологічного бар'єру, формування уявлення про послідовність анатомічних розтинів, підготовка до роботи з реальним матеріалом

Моделювання патологій та варіантної анатомії	Розуміння впливу змін у будові органів на функції організму	Створення та вивчення 3D-моделей з патологічними змінами (наприклад, деформації кісток, пухлини, вади розвитку), порівняння з нормою	Здатність пов'язувати морфологічні зміни з клінічними проявами, розвиток клінічного мислення у майбутніх медиків та ветеринарів
Інтеграція з діагностичними методами (КТ, МРТ, УЗД)	Навчання інтерпретації томографічних та ультразвукових зображень	Перетворення DICOM-даних у 3D-моделі, співставлення зрізів КТ/МРТ із відтвореною 3D-структурою	Підвищення якості читання томограм, розуміння відповідності між зрізами і реальними структурами
Самостійна робота та проєктне навчання	Розвиток дослідницьких і цифрових компетентностей	Студентські міні-проєкти: створення власної 3D-моделі органа/системи, анотація структури, підготовка навчальної презентації	Формування навичок 3D-моделювання, презентаційних умінь, уміння пояснити анатомічні особливості іншим
Гейміфікація анатомії	Підвищення мотивації й залученості до вивчення складних тем	Використання 3D-анатомічних тренажерів, VR-квестів, інтерактивних “збирань” скелета чи органів	Зростання інтересу до предмета, покращення запам'ятовування за рахунок активної взаємодії й емоційної залученості

Подана таблиця систематизує основні напрями використання 3D-моделювання у вивченні анатомії людини та тварин і демонструє, як ці технології можуть підсилювати різні складові анатомічної підготовки. Перший напрям – візуалізація анатомічних структур – забезпечує студентам можливість детально розглядати органи та системи у тривимірному просторі, що значно покращує розуміння топографії та просторових взаємовідношень. Другий напрям – порівняльна анатомія – дає змогу зіставляти анатомічні моделі різних видів, що є особливо важливим для ветеринарної медицини та біології.

Третій напрям передбачає використання віртуальних розтинів, які дозволяють безпечно, етично та багаторазово відтворювати послідовність анатомічного препарування, що часто неможливо у традиційних умовах. Четвертий – моделювання патологій – сприяє формуванню клінічного мислення, оскільки дає можливість порівняти нормальні та патологічно змінені структури у вигляді 3D-моделей. П'ятий напрям інтегрує 3D-моделювання з даними медичної візуалізації (КТ, МРТ), що допомагає студентам поєднувати фактичні зрізи з реальними об'єктами анатомії.

Шостий напрям зосереджений на проєктній діяльності, в межах якої студенти створюють власні тривимірні моделі, що сприяє розвитку дослідницьких і цифрових компетентностей. Нарешті, сьомий напрям – гейміфікація – спрямований на підвищення мотивації через інтерактивні тренажери та анатомічні VR-квести.

У цілому таблиця відображає комплексний підхід до впровадження 3D-моделювання у анатомічну освіту, підкреслюючи його потенціал у розвитку просторового мислення, цифрових навичок, аналітичних здібностей та міжвидової анатомічної компетентності студентів.

Висновки і перспективи подальших розвідок. Проведене дослідження підтверджує, що 3D-моделювання є ефективним засобом підвищення якості анатомічної підготовки, оскільки дозволяє відтворити складні просторові співвідношення органів, посилити інтерактивність навчання та забезпечити етичну альтернативу традиційним методам препарування. Детальний аналіз наукових праць свідчить, що тривимірні моделі сприяють глибшому розумінню анатомічних структур, формуванню міжвидової анатомічної компетентності та розвитку цифрових і дослідницьких навичок. Таблиця, представлена у роботі, демонструє широкі можливості застосування 3D-технологій у різних аспектах анатомічної освіти – від візуалізації та порівняльних аналізів до проєктної діяльності та гейміфікації.

Водночас дослідження засвідчило наявність низки проблем: недостатню стандартизацію методик використання 3D-моделювання, обмежену кількість довготривалих емпіричних досліджень, особливо у сфері анатомії тварин, а також потребу у підготовці педагогів, здатних ефективно інтегрувати такі технології в освітній процес. Перспективи подальших розвідок полягають у розробці комплексних педагогічних моделей, що поєднують 3D-моделювання з VR/AR-технологіями та цифровими діагностичними інструментами; у вивченні впливу тривимірних моделей на довготривале запам'ятовування та клінічне мислення; у створенні крос-видових баз даних 3D-анатомії для більш глибокого порівняльного аналізу. Подальший розвиток цього напрямку дозволить ще більше підвищити якість анатомічної освіти та підготувати фахівців, здатних працювати у високотехнологічному медичному й ветеринарному середовищі.

Список використаних джерел

1. Adnan S., Xiao J. *A scoping review on the trends of digital anatomy education* *Clinical Anatomy*. 2023. Vol. 36, № 3. Pp. 471-491. DOI: 10.1002/ca.23995.
2. Baile J.I., González-Calderón M.J., Alemán-Escuela D.F., Rabito-Alcón M.F. Exploring the Impact of 3D Anatomy Applications on Academic Competencies in Medicine and Health Sciences. *Education Sciences*. 2025. Vol. 15, No. 3. Article 277. DOI:10.3390/educsci15030277.
3. Fahrni S., Girard J., Rüegg S., Schlup D., & Müller R. “3D modelling in anatomy teaching: state of the art and pilot pedagogical projects”. *Anatomical Sciences Education*. 2025. Vol. 18, Issue 2. Article. DOI: 10.1016/j.ase.2025.S2214854X25000639.
4. Wang J., Li W., Dun A., Zhong N., Ye Z. 3D visualization technology for learning human anatomy among medical students and residents: a meta- and regression analysis // *BMC Medical Education*. — 2024. — Vol. 24, Article 461. — DOI: 10.1186/s12909-024-05403-4.
5. Ye Z., Dun A., Jiang H., Nie C., Zhao S., Wang T., Zhai J. The role of 3D printed models in the teaching of human anatomy: a systematic review and meta-analysis. *BMC Medical Education*. 2020. Vol. 20, Art. 335. DOI: 10.1186/s12909-020-02242-x.

ЛЕВЧЕНКО А.І.,

здобувач вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня,
КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти»

ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ ЕЛЕКТРОННИМИ ІНФОРМАЦІЙНИМИ РЕСУРСАМИ ПУБЛІЧНОГО СЕКТОРУ

Abstract. The article examines the application of artificial intelligence technologies in managing electronic information resources within the public sector. It highlights the role of machine learning and natural language processing in enhancing data processing, decision-making, and the automation of digital public services. The study presents practical cases of AI-driven systems implemented in governmental platforms and outlines key challenges associated with their adoption, including cybersecurity vulnerabilities and personal data protection. The conclusions underscore the importance of algorithmic transparency, adherence to international information security standards, and the development of digital competencies among public officials.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, NLP, public administration, electronic information resources, cybersecurity, digital transformation.

У контексті цифрової трансформації державного управління електронні інформаційні ресурси стають ключовим елементом модернізації публічного сектору. Вони забезпечують прозорість, відкритість даних, оперативність взаємодії між державою та громадянами та підвищують ефективність прийняття управлінських рішень. Сучасні електронні реєстри, аналітичні платформи, інтегровані бази даних і системи електронної ідентифікації створюють підґрунтя для побудови сервісної держави, яка здатна надавати послуги швидко, чітко та персоналізовано. Стрімке зростання обсягів даних та ускладнення процесів їх обробки актуалізують потребу у використанні технологій штучного інтелекту, здатних оптимізувати функціонування цифрових державних систем [1].

Мета дослідження — проаналізувати можливості впровадження технологій штучного інтелекту (AI), машинного навчання (ML) та обробки природної мови (NLP) у сфері управління електронними інформаційними ресурсами та визначити тенденції їх розвитку в публічному управлінні.

Технології штучного інтелекту забезпечують нову якість обробки даних, автоматизацію адміністративних процесів і підвищення точності управлінських рішень. ML-моделі нині здатні виконувати складний аналіз великих масивів інформації, передбачати поведінку користувачів, виявляти аномалії та оптимізувати державні сервіси. Перші концепції машинного навчання були закладені у класичній праці А. Самуеля, який продемонстрував здатність комп'ютера до самонавчання [2], а сучасні методи ґрунтуються на глибоких нейронних мережах і трансформерних архітектурах.

Особливу роль відіграє обробка природної мови (NLP) — технологія, яка стала основою більшості цифрових сервісів публічного сектору. Системи NLP забезпечують автоматичне сортування та класифікацію тисяч звернень громадян щоденно, розпізнавання ключових проблем, інтерпретацію змісту запитів, формування попередніх відповідей та перенаправлення звернень до відповідних підрозділів. Істотний внесок у становлення сучасного NLP зробила К. Спарк Джонс, яка вперше запровадила вагові підходи до обробки інформації та побудувала основу для сучасних пошукових алгоритмів [3].

У державному управлінні NLP використовується для:

- автоматизованої обробки запитів громадян у контакт-центрах;
- роботи чат-ботів (наприклад, «Дія», МВС);
- моніторингу публічних настроїв та аналізу соціальних мереж;
- виявлення маніпулятивних інформаційних впливів;
- семантичного аналізу нормативних документів для їх узгодження.

Технології ШІ у державному управлінні охоплюють широкий спектр функцій, серед яких:

- очищення та валідація електронних реєстрів;
- виявлення аномалій, шахрайства й корупційних ризиків;
- прогнозування навантаження на державні сервіси;
- автоматичне формування аналітичних довідок;
- інтелектуальна маршрутизація звернень;
- оптимізація документообігу та внутрішніх процесів.

Особливу роль сьогодні відіграють інтелектуальні помічники та чат-боти, інтегровані у державні платформи. Вони здатні надавати громадянам інформацію цілодобово, автоматично консультувати, допомагати зі створенням документів, записом у черги та отриманням послуг [4]. Це суттєво зменшує навантаження на операторів та підвищує доступність державних сервісів.

Разом з тим, стрімке впровадження AI супроводжується зростанням загроз інформаційній безпеці. Кіберінциденти 2024 року, що зачепили українські державні реєстри, продемонстрували вразливість цифрової інфраструктури навіть за умови відсутності втрат даних. Розширення інфраструктури, інтеграція хмарних рішень і використання зовнішніх API створюють додаткові площини атаки.

Ключові ризики включають:

- використання застарілих протоколів шифрування;
- некоректні або прострочені SSL-сертифікати;
- недостатню прозорість алгоритмів ШІ («black box AI»);
- можливість несанкціонованої зміни даних;
- вразливості хмарних сервісів;
- ризики обробки персональних даних у системах, де немає належного контролю доступу.

Вітчизняні дослідники наголошують на необхідності формування національної моделі кіберстійкості, що включає стандартизовані підходи до управління ризиками, аудит безпеки на рівні державних реєстрів, регулярне оновлення протоколів, навчання службовців цифровій безпеці та інтеграцію систем раннього реагування. Недостатній рівень цифрової компетентності працівників державного сектору часто стає ключовою причиною порушень безпеки.

Глобальні дослідження стану безпеки державних платформ підтверджують системні вразливості: аналіз понад 3000 державних доменів показав наявність некоректних SSL-сертифікатів, слабких механізмів аутентифікації та відсутність застосування сучасних міжнародних стандартів кіберзахисту [5].

Отже, розвиток технологій штучного інтелекту в управлінні електронними інформаційними ресурсами створює значні можливості для вдосконалення роботи державного сектору. Водночас важливими умовами є забезпечення кіберстійкості, підвищення цифрової компетентності державних службовців та відповідність міжнародним стандартам захисту інформації.

Висновки:

1. Технології штучного інтелекту є важливим інструментом модернізації управління електронними інформаційними ресурсами у публічному секторі.
2. Машинне навчання та NLP підвищують ефективність аналізу даних і сприяють автоматизації управлінських процесів.
3. Інтелектуальні сервіси, зокрема чат-боти, забезпечують доступність державних послуг і покращують взаємодію громадян з органами влади.
4. Основними викликами залишаються кібербезпека, захист персональних даних і прозорість алгоритмів.
5. Подальший розвиток пов'язаний з інтеграцією міжнародних стандартів кіберзахисту та вдосконаленням цифрової компетентності службовців.

Ключові слова: штучний інтелект, електронні інформаційні ресурси, машинне навчання, NLP, публічне управління, кібербезпека, цифрова трансформація.

Список використаних джерел

1. Магиляс Ю. «Пріоритетні напрямки впровадження штучного інтелекту в публічне управління» // *Aspects: Journal of Economics & Law*. — 2023. URL: <https://aspects.org.ua/index.php/journal/article/download/1041/1018>.
2. Пархоменко-Кудевіл О. «Обґрунтування використання технологій штучного інтелекту у системі управління персоналом публічної служби України» // *Публічне управління: концепції, парадигма, розвиток, удосконалення*. — 2024. — № 8. — С. 98-106. URL: <https://pa.journal.in.ua/index.php/pa/article/view/143>.
3. Онищенко К. Г. «Аналіз методів обробки природної мови» // *Наукові праці Національного університету «Чернігівська політехніка»*. — 2020. — URL: <https://openarchive.nure.ua/bitstreams/a26452b9-d866-4aaa-aa04-524a9cae5f55/download>.
4. Скрильник О. О. «Законодавче регулювання створення та використання чат-ботів» // *Наукові праці: державне управління і адміністрування*. — 2023. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/12598/1/75%20%D0%A2.2-166-168.pdf>.
5. Петров С. Г. «Захист державних електронних інформаційних ресурсів як складова національної безпеки України» // *Інформаційні процеси та системи*. — 2020. URL: <https://il.ippi.org.ua/article/view/220995/220668>.

ЛИСЮК С.О.,
КАТЄЛЬНИКОВ Д.І.

Вінницький національний технічний університет (Україна)

РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЙ КОРИСТУВАЧА З ПІДТРИМКОЮ ГОЛОСОВОГО КЕРУВАННЯ НА ПЛАТФОРМІ ANDROID З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ KOTLIN

Анотація: У статті досліджено проблему автоматизації повсякденних дій користувача мобільного пристрою та представлено результати розробки застосунку на платформі Android, який поєднує автоматизацію з елементами голосового керування. У роботі визначено актуальність автоматизації повсякденних дій, виконано аналіз сучасних рішень у сфері мобільних помічників та голосових сервісів, виявлено їхні недоліки та обмеження. Запропоновано підхід до створення мобільного застосунку, що дозволяє користувачу формувати власні сценарії та можливість виконувати їх голосом. Розробка реалізована з використанням технології Kotlin та Google Speech-to-Text API. Представлено побудовану архітектуру застосунку, принципи взаємодії компонентів, моделі зберігання даних та механізми запуску автоматизованих команд. Зроблено висновки щодо ефективності такого підходу та окреслено перспективи подальших досліджень.

Ключові слова: Android, автоматизація дій, голосове керування, Kotlin, Speech-to-Text, мобільні застосунки, сценарії користувача.

Abstract: The article investigates the problem of automating everyday actions of a mobile device user and presents the results of developing an application on the Android platform that combines automation with voice control elements. The paper identifies the relevance of automating everyday actions, analyzes modern solutions in the field of mobile assistants and voice services, and identifies their shortcomings and limitations. An approach to creating a mobile application is proposed that allows the user to create their own scenarios and the ability to execute them by voice. The development is implemented using Kotlin technology and Google Speech-to-Text API. The built architecture of the application, the principles of component interaction, data storage models, and mechanisms for launching automated commands are presented. Conclusions are drawn regarding the effectiveness of such an approach and prospects for further research are outlined.

Keywords: Android, action automation, voice control, Kotlin, Speech-to-Text, mobile applications, user scenarios.

Актуальність дослідження. Сучасні мобільні пристрої забезпечують користувачів великою кількістю інструментів, однак чимало щоденних дій залишаються повсякденними та повторюваними. Запуск певних застосунків, створення повідомлень чи запуск навігації виконуються вручну і часто займають більше часу, ніж хотілося б. З огляду на інтенсивний розвиток інформаційних технологій у суспільстві та поширеність смартфонів, автоматизація мобільних завдань набуває важливого значення. Одним із перспективних напрямів у цій сфері є поєднання автоматизованих сценаріїв користувача та голосового керування. Голосові інтерфейси дозволяють спростити взаємодію зі смартфоном у ситуаціях, коли користувачеві складно використовувати сенсорний екран, наприклад, під час фізичної активності. Тому створення мобільного застосунку з підтримкою персональних голосових команд є актуальним і практично орієнтованим завданням.

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Основна проблема полягає у відсутності гнучких інструментів, які дозволяли б звичайному користувачу Android формувати власні

сценарії для автоматизації як простих команд, так і ті, що складаються з кількох послідовних дій, і запускати їх голосом без використання додаткових зовнішніх систем. Існуючі рішення, такі як Google Assistant чи Bixby, надають певні можливості автоматизації, однак мають низку обмежень. Серед них: закритість системи, що не дозволяє створювати складні багатокрокові сценарії, залежність від серверних сервісів та наявності Інтернету, а також обмежений набір дозволених дій, що унеможливило створення повністю кастомних сценаріїв без гнучкого локального виконання. Вирішення цих недоліків потребує розробки нового підходу до побудови механізмів автоматизації на мобільних платформах.

Аналіз досліджень та публікацій. Проблематика голосової взаємодії та автоматизації мобільних дій широко досліджується у роботах, присвячених системам штучного інтелекту, мовному розпізнаванню, мобільним асистентам та сервісам автоматизації, таким як IFTTT або Tasker. Попри значний обсяг досліджень, аналіз наявних рішень показує, що більшість технологій або закриті, або орієнтовані на професійних користувачів. Наприклад, Tasker дозволяє створювати складні сценарії, але потребує спеціальних знань у конфігурації. IFTTT працює здебільшого у хмарі та має обмежений доступ до системних функцій телефону, а Google Assistant дозволяє створювати прості “щоденні” команди, але не підтримує гнучкі послідовності. Таким чином, залишається невирішеною проблема створення простого, локального та інтуїтивного інструменту автоматизації для звичайного користувача Android.

Невирішені раніше частини проблеми. На основі аналізу встановлено, що досі не реалізовано комплексного підходу, який би забезпечив створення як простих команд, так і багатокрокових сценаріїв без необхідності програмування та їх локальне збереження з можливістю офлайн виконання. Також бракує гнучкої інтеграції голосового керування без прив'язки до сторонніх сервісів автоматизації та інтуїтивного графічного конструктора команд, що поєднував би системні дії та дії у межах застосунку. Ці аспекти й визначають напрями, яким присвячено створюваний програмний продукт.

Мета статті. Метою статті є розробка та опис архітектури мобільного застосунку для автоматизації дій користувача на Android, що підтримує створення персональних сценаріїв та їх активацію голосом із застосуванням технологій Kotlin та Google Speech-to-Text[1].

Виклад основного матеріалу та отримані наукові результати. Для забезпечення гнучкості та масштабованості застосунку було обрано архітектуру MVVM[2], що чітко розділяє логіку (ViewModel), роботу з даними (Repository) та інтерфейс (View). Сценарії користувача складаються з одного чи кількох послідовних кроків і їх зберігання реалізовано на основі локальної бази даних SQLite через Room[3]. Виконання сценаріїв реалізовано через внутрішній модуль додатку, який забезпечує послідовну обробку одного або декілька кроків сценарію та підтримку їх виконання у фоновому режимі, навіть якщо додаток не активний. Голосове керування реалізовано на основі Google Speech-to-Text API, яке розпізнає мову та зіставляє її з збереженими командами для запуску. Наукова новизна роботи полягає у поєднанні локальної автоматизації та голосового керування у формі, адаптованій для звичайного користувача, а також у розробці гнучкої моделі сценарію та масштабованої архітектури, що забезпечує офлайн роботу більшості механізмів.

Висновки. У статті представлено підхід до створення мобільного застосунку для автоматизації дій користувача на Android із підтримкою голосового керування. Розроблене рішення дозволяє формувати персональні як прості однокрокові, так і багатокрокові сценарії, зберігати їх локально та виконувати як вручну, так і через голосові команди. Запропонована архітектура забезпечує гнучкість та масштабованість. Перспективними напрямками подальших досліджень є інтеграція офлайн розпізнавання голосу для повної автономності, розширення набору доступних дій сценаріїв, додавання елементів машинного навчання для автоматичного створення сценаріїв на основі поведінки користувача.

Список використаних джерел

1. Google Speech-to-Text API. [Online]. Available: <https://cloud.google.com/speech-to-text> [Accessed: Nov. 18, 2025].
2. MVVM архітектура. [Online]. Available: <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/viewmodel> [Accessed: Nov. 18, 2025].
3. Room(SQLite) [Online]. Available: <https://developer.android.com/training/data-storage/room> [Accessed: Nov. 18, 2025].

МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

Анотація: *Зі збільшенням кількості автомобілів зростає потреба у своєчасному та якісному технічному обслуговуванні, тоді як традиційні методи ручного обліку є неефективними та призводять до пропуску важливих сервісних робіт. Мобільні технології дають змогу автоматизувати моніторинг технічного стану авто. Розробка кросплатформного застосунку забезпечує доступність рішення для широкого кола користувачів, включно з автовласниками та автосервісами, сприяючи підвищенню безпеки експлуатації, зменшенню ризику поломок і оптимізації витрат. Такий застосунок є важливим інструментом цифровізації автосервісних процесів та ефективного управління технічним станом транспортних засобів.*

Ключові слова: *технічне обслуговування, моніторинг автомобіля, мобільні застосунки, React Native, аналіз даних, пробіг, сервісні інтервали, кросплатформна розробка, автоматизація, діагностика.*

Вступ. Автомобілі потребують регулярного контролю технічного стану, що дозволяє забезпечити їх безпечну експлуатацію, продовжити строк служби та уникнути дорожніх ремонтів. Проте вручну організувати повний облік технічного обслуговування, пробігу, витрат та історії ремонтів буває складно, особливо при роботі з кількома транспортними засобами. У зв'язку з цим зростає потреба у впровадженні сучасних цифрових інструментів, здатних автоматизувати ключові процеси моніторингу автомобіля [1].

Мобільні застосунки стають ефективним рішенням для організації та моніторингу технічного обслуговування транспортних засобів, оскільки дозволяють користувачеві швидко отримувати доступ до даних про стан автомобіля, своєчасно отримувати нагадування та вести повну історію технічних робіт. У цій роботі досліджуються методи та програмні засоби, що забезпечують ефективну автоматизацію моніторингу автомобіля, а також розглядаються можливості їх інтеграції у мобільний застосунок.

Актуальність методів та програмних засобів для моніторингу та організації технічного обслуговування автомобілів. У сучасних умовах інтенсивного розвитку автомобільного транспорту питання забезпечення надійної та безпечної експлуатації транспортних засобів набуває особливої важливості. Збільшення кількості автомобілів та ускладнення їх конструкції вимагають системного підходу до технічного обслуговування, своєчасного виявлення несправностей і планування сервісних робіт. Традиційні методи організації техобслуговування, що ґрунтуються на вручну ведених журналах, нотатках або розрізнених сервісних документах, часто не забезпечують належної точності та оперативності. Вони ускладнюють моніторинг фактичного стану автомобіля та підвищують ризик пропуску регламентних робіт.

Сучасні цифрові технології відкривають можливість значно підвищити ефективність процесів технічного обслуговування. Автоматизовані програмні засоби дозволяють оперативно збирати, зберігати й аналізувати дані про автомобіль, у тому числі пробіг, дату останнього сервісу, стан витратних матеріалів та інші ключові параметри. Застосування таких рішень мінімізує вплив людського фактору, забезпечує точність формування нагадувань і сприяє вчасному виконанню необхідних сервісних операцій.

Особливої актуальності набувають мобільні застосунки, які завдяки доступності смартфонів стають зручним та швидким інструментом взаємодії користувача з інформацією про технічний стан авто. Використання кросплатформних технологій, таких як React Native, дозволяє розробляти універсальні рішення, що працюють на Android та iOS, забезпечуючи широке охоплення користувачів [2]. Такі інструменти дають змогу ефективно організовувати технічне обслуговування, вести індивідуальну історію, отримувати аналітичні дані та вчасно реагувати на можливі ризики.

Інтеграція методів та програмних засобів для моніторингу та організації технічного обслуговування автомобілів із Car API. Важливим аспектом створення мобільного застосунку для моніторингу та організації технічного обслуговування автомобілів є забезпечення автоматизованого отримання достовірних даних щодо характеристик транспортного засобу.

Для реалізації цієї функції застосунок інтегрується зі спеціалізованим Car API, який забезпечує доступ до структурованої бази даних про транспортні засоби різних марок, моделей, років випуску та технічних модифікацій. Інтеграція із Car API дозволяє автоматично формувати профіль автомобіля на основі офіційних технічних даних [3].

Це значно спрощує процес додавання транспортного засобу, зменшує кількість ручного введення та усуває помилки, пов'язані з некоректними або неповними даними.

Завдяки поетапному завантаженню інформації інтеграція забезпечує максимальну точність даних та дає змогу формувати уніфікований профіль автомобіля, що надалі використовується в алгоритмах моніторингу технічного стану.

Параметри автомобіля, які контролюються мобільним застосунком «Гараж» для моніторингу та організації технічного обслуговування автомобілів відображено на рисунку 1.



Обслуговування

ПОТОЧНИЙ ПРОБІГ (КМ)

351564

ПРОБІГ ОСТАННЬОЇ ЗАМІНИ (КМ)

Масло	351403
Повітряний фільтр	351403
Паливний фільтр	351403
Свічки запалювання	345800
Ремінь грм	351491

Скасувати Зберегти

Рисунок 1 – Функціональність модуля «Гараж»

Поєднання API-модуля з функціональністю «Гараж» створює структуровану систему для управління кількома транспортними засобами, забезпечуючи ефективний моніторинг технічного стану, своєчасне планування сервісних робіт та максимальну зручність користувача.

Список використаних джерел

1. Boudina, A., Berradia, T., & Sadok, N. Fleet Management Systems Using IoT and Cloud Computing. Journal of Transportation Technologies, 2022pp. 314.
2. React Native. URL: <http://surl.li/rtsed> (дата звернення 19.10.2025)
3. Car API. URL: <https://surl.li/cc/tbxbzz> (дата звернення 05.11.2025)

ЛІТТИХ, М. С.,
КНУ імені Тараса Шевченка

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПСИХОЛОГІЧНІЙ НАУЦІ ТА ОСВІТІ

Анотація: У тезах здійснено комплексний аналіз цифрових технологій у психологічній науці та освіті, що формують нову парадигму емпіричного дослідження, професійної підготовки та епістемології психологічного знання. Розглянуто трансформацію методів збору даних завдяки пасивним цифровим слідам, високочастотній поведінковій аналітиці, мультимодальним нейро- та біометричним сенсорам, алгоритмічним моделям машинного навчання та симуляційним VR/AR-середовищам. Показано, що цифрові технології забезпечують перехід від декларативних і статичних конструктів до динамічних, мережових і данієцентричних моделей психічних процесів, відкриваючи можливість дослідження поведінки у природних умовах з високою часовою роздільністю. У межах психологічної освіти описано зміни, пов'язані з інтерактивними платформами, адаптивними навчальними системами, віртуальними лабораторіями, AI-керованими симуляторами та інтеграцією реальних даних у навчальні курси. Особливу увагу приділено етичним викликам цифровізації: валідності алгоритмічного аналізу, прозорості моделей, ризикам технологічних упереджень та необхідності формування у студентів цифрової методологічної грамотності. Підкреслено, що синергія цифрових технологій у науці та освіті створює цілісну дослідницько-освітню екосистему, яка забезпечує точніше, екологічно валідне та практично орієнтоване розуміння психічних явищ і формує новий тип професійної ідентичності психолога

Abstract: The article provides a comprehensive analysis of digital technologies in psychological science and education, outlining a new paradigm of empirical research, professional training, and the epistemology of psychological knowledge. It examines the transformation of data collection methods enabled by passive digital footprints, high-frequency behavioral analytics, multimodal neuro- and biometric sensing, machine-learning-based algorithmic modelling, and simulation environments using VR/AR technologies. Digitalization is shown to shift psychology from static, declarative constructs to dynamic, network-based and data-centered models of mental processes, allowing behavioural phenomena to be studied in ecologically valid, real-time contexts. In the domain of psychological education, the article describes the impact of interactive learning platforms, adaptive instructional systems, virtual laboratories, AI-driven client simulators, and the integration of real datasets into training programs. Special attention is given to ethical challenges arising from digitalization, including the validity of algorithmic assessments, transparency of models, risks of technological bias, and the need to cultivate digital methodological literacy in students. The article argues that the synergy of digital technologies in science and education forms an integrated research-educational ecosystem that enables more precise, ecologically grounded, and practice-oriented understanding of mental phenomena while shaping a new type of professional identity for psychologists in the twenty-first century.

Ключові слова: цифрова психологія, високочастотна поведінкова аналітика, мультимодальні психічні дані, адаптивні освітні системи, VR/AR-симуляції.

Keywords: digital psychology, high-frequency behavioral analytics, multimodal psychological data, adaptive learning systems, VR/AR simulations.

Цифрова трансформація психологічної науки та освіти створює нову парадигму дослідження й підготовки фахівців, у якій алгоритмічні системи, сенсорні технології, мультимодальні дані та симуляційні середовища стають не допоміжними, а визначальними інструментами пізнання й навчання. В умовах цифровізації психологія отримує доступ до високочастотних поведінкових потоків, автоматизованих маркерів психічних процесів, мультимодальних нейро- та біометричних сигналів, а також інтелектуальних алгоритмів, здатних виявляти складні нелінійні патерни, що лежать в основі людської поведінки й досвіду. Паралельно з цим психологічна освіта переходить від традиційних лекційних форматів до інтерактивних платформ, VR-середовищ, адаптивних навчальних систем і симуляторів професійної взаємодії, що формують компетентність майбутніх фахівців у безпосередній взаємодії з тими ж цифровими інструментами, які сьогодні визначають наукові практики. Таким чином, спільний дискурс цифрової психології в науці й освіті полягає у зміщенні акценту з декларативних моделей до процесуальних, динамічних і даніцентричних підходів, які забезпечують більш точне, екологічно валідне й практично орієнтоване розуміння психічних явищ [8].

Актуальність дослідження зумовлена тим, що стрімка цифровізація психологічної науки й освіти водночас відкриває нові емпіричні та методологічні можливості й створює проблему інтеграції різномірних технологічних рішень у цілісну систему наукового пізнання та професійної підготовки; попри наявні напрацювання у сфері цифрової психометрії, VR/AR-симуляцій, алгоритмічного аналізу поведінки та мобільних сенсорних методів, дослідження все ще не охоплюють системного взаємозв'язку між цими напрямками, що формує невирішену частину проблеми й визначає мету роботи — здійснити комплексний аналіз цифрових технологій у психологічній науці та освіті і виокремити ключові напрями їх подальшого розвитку [9].

Цифрові технології в сучасній психологічній науці трансформують епістемологічні підходи, методологічні інструменти та практики аналізу психічних явищ, створюючи умови для появи нових типів даних, нових парадигм дослідження та нових моделей пояснення поведінки й внутрішніх процесів. Цифровізація психології проявляється у декількох фундаментальних вимірах: автоматизоване та пасивне збирання поведінкових даних; використання алгоритмічних систем та машинного навчання для моделювання психічних конструктів; симуляційні технології, що дозволяють реконструювати когнітивні та афективні процеси; інтеграція нейротехнологій та цифрової сенсорики для побудови багатомодальних моделей психіки; формування віртуалізованих соціальних середовищ як лабораторій для експериментальної поведінкової науки; деконструкція традиційних методів психодіагностики та створення цифрових інструментів, що забезпечують безпрецедентну точність і часову роздільність даних [12].

Сучасна психологія дедалі більше оперує пасивними цифровими слідами (digital footprints) — даними, які не залежать від самозвітання й фіксують поведінкові патерни в їх природній динаміці. Алгоритми аналізу клавіатурної активності, траєкторій курсора, мобільної геолокації, патернів використання соцмереж, мікроелементів цифрової комунікації (затримки між повідомленнями, латентність відповіді, частота редагування тексту) створюють новий клас психометричних індикаторів. Вони дозволяють будувати точні предиктивні моделі тривоги, депресивних станів, імпульсивності, соціальної залученості та навіть стильових рис особистості. Замість традиційного опитувальника з фіксованими шкалами виникає динамічна цифрова психометрія, у якій конструкт вимірюється тисячами мікромаркерів, що відображають не декларативне, а реальне функціонування

суб'єкта.

Цифрові технології також сприяють побудові високочастотної поведінкової аналітики, коли параметри діяльності людини відслідковуються з секундною або мілісекундною точністю. Такі дані мають значення для дослідження когнітивних навантажень, стресових реакцій, мікроемоційних зрушень та процесів саморегуляції. Наприклад, аналіз мікрозатримок у мовленні або друці дозволяє ідентифікувати моменти підвищеної когнітивної напруги; варіативність ритму дій на смартфоні — маркер емоційної дисрегуляції; зміни у паттернах навігації в цифровому просторі — індикатор порушень уваги або виснаження. Це зміщує фокус психології з умовно стабільних конструктів на потокові процеси, що міняються від хвилини до хвилини, і саме ці зміни стають ключем до розуміння мотивацій, диспозицій та станів [6].

Машинне навчання, глибокі нейромережі та алгоритмічні моделі стають основним засобом відкриття закономірностей, недоступних традиційній статистиці. На відміну від класичної лінійної психометрії, алгоритмічні системи здатні виявляти нелінійні, багатовимірні та латентні патерни, які описують взаємодію сотень змінних одночасно. Це створює умови для появи алгоритмічної психології, де психологічні феномени описуються не як прості факторні структури, а як складні мережеві системи з неоднорідними зв'язками, циклічними зворотними петлями та структурною мінливістю. Зокрема, моделювання особистості через графові нейромережі дозволяє бачити не лише інтенсивність окремих рис, а й спосіб, у який ці риси коактивуються в різних контекстах, що радикально підвищує точність прогнозування поведінки [7].

Паралельно, цифрова психологія інтегрується з нейронаукою. Портативні нейротехнології (мобільне ЕЕГ, fNIRS, нейросенсори поведінкових реакцій, біометричні індикатори) дозволяють будувати мультимодальні моделі психіки, у яких психічні стани описуються синхронно на рівні поведінки, тілесної фізіології та нейронної активації. Такі моделі виявляють приховані механізми саморегуляції, ті ж самі, що раніше розглядалися переважно через самоопис. Наприклад, алгоритми ф'южну мультисенсорних даних показують, що самозвітний стрес часто корелює не стільки з активністю симпатичної нервової системи, скільки зі специфічними патернами мікрорухів та зміною поведінкових ритмів, які сам суб'єкт не усвідомлює [16].

Новітнім напрямом є використання віртуальної реальності (VR), доповненої реальності (AR) та симуляційних середовищ як платформ для створення контрольованих, але природних соціальних ситуацій. Завдяки VR-дизайну можна змінювати параметри середовища з високою точністю (рівень соціальної загрози, щільність простору, швидкість зворотного зв'язку, інтенсивність соціальних сигналів), досліджуючи поведінкові реакції в умовах, максимально наближених до реальних. VR-лабораторії дозволили виявити нові механізми соціальної тривоги, емпатії, групового впливу та агресії, які неможливо було дослідити опитувальниками. У поєднанні з відстеженням очей, аналізом мікроміміки та нейромоніторингом VR стає середовищем, де можна моделювати не лише макроповедінкові патерни, а й атоми соціальної взаємодії [1].

Окремим пластом є розвиток цифрових інструментів психотерапевтичної науки: чатботи, інтерактивні терапевтичні платформи, автоматизовані системи оцінки емоційних станів, цифрові щоденники саморегуляції. Хоч вони не замінюють клінічного фахівця, їхні цифрові сліди дозволяють досліджувати мікродинаміку терапевтичних процесів: коливання міжсесійної мотивації, типи емоційної реактивності, когнітивні зрушення, темп інтеграції інтервенцій. Аналіз часових рядів дозволяє бачити, які техніки мають довготривалий, а які короткотривалий ефект; які типи клієнтських патернів передують рецидивам; які процеси забезпечують стійкі зміни [15].

Також цифровізація призводить до реконцептуалізації психологічного експерименту: великі інтернет-вибірki, розподілені дослідження, мобільні експерименти, екологічно валідні умови спостереження. Експеримент більше не обмежений лабораторією; він стає перманентним, контекстно чутливим, природно вбудованим у життя, що відкриває доступ до справжньої динаміки психічного життя, а не до його штучної лабораторної репрезентації [14].

Разом з тим цифрові технології формують епістемологічні виклики. Алгоритмічна бінаризація складних психічних феноменів може приводити до втрати контексту й редукції значення суб'єктивного досвіду. Питання валідності та етичної легітимності обробки цифрових слідів стає центральним для цифрової психології: необхідно забезпечити прозорість алгоритмів, незалежність результатів від тренувальних вибірок, нерепресивність цифрового моніторингу та можливість для суб'єкта контролювати, які аспекти його поведінки аналізуються. Проблемою є й ефект алгоритмічної нормалізації, коли статистичні моделі, що прогнозують «норму», починають впливати на соціальні стандарти поведінки [11].

Врешті-решт, цифрові технології в психологічній науці не лише удосконалюють методи збору й аналізу даних, а й змінюють саму структуру психологічного знання: від статичних конструктів до динамічних систем, від декларативного вимірювання до поведінкової аналітики, від лінійних моделей до мережевих структур, від

індивідуальної психіки до цифрово опосередкованих соціальних екосистем [4].

Цифрові технології в сучасній психологічній освіті радикально змінюють зміст, структуру та епістемологію підготовки фахівців, формуючи нову модель навчання, в якій знання не лише передаються, а й постійно реконструюються у взаємодії з цифровими середовищами, алгоритмічними системами та симуляційними інструментами. Освітня парадигма перестає бути лінійною та лекційно-орієнтованою — вона трансформується у динамічну, інтерактивну, даніцентричну та персоналізовану. У цьому контексті цифрові технології виконують одночасно кілька функцій: створюють нові формати теоретичної підготовки, забезпечують тренування практичних навичок, дозволяють моделювати терапевтичні та дослідницькі ситуації, формують метакомпетентності та підтримують безперервну професійну самоосвіту.

Найглибші зміни відбуваються у структурі навчального матеріалу та способах його засвоєння. Цифрові освітні платформи дозволяють переводити складні концепції в інтерактивні моделі, що демонструють процесуальність психічних явищ: наприклад, симулятори когнітивних процесів, моделі мережевої організації особистісних рис, візуалізація динаміки емоційної регуляції. Такий формат дозволяє студентам не лише запам'ятовувати теорію, а й спостерігати роботу психологічних механізмів у режимі реального часу, а також експериментувати зі змінними: змінювати параметри, бачити наслідки, верифікувати гіпотези. Цей тип цифровізації глибоко змінює розуміння психології як науки: замість абстрактних конструктів студенти працюють із процесами, системами, залежностями та причинно-наслідковими конфігураціями.

Окрему роль відіграють віртуальні лабораторії та симулятори психотерапевтичної взаємодії, які стають ключовим інструментом тренування професійних компетентностей. Алгоритмічні або AI-керовані клієнти дозволяють моделювати різні стилі поведінки, емоційні стани, дисфункціональні патерни, кризи та специфічні запити. Моделювання дає можливість відпрацювати техніки інтерв'ювання, рефреймінгу, контейнерування сильних емоцій, мотиваційного інформування, побудови робочого альянсу в умовах, максимально близьких до реальних, але контрольованих. Це створює новий рівень підготовки, коли студенти навчаються не лише алгоритмам взаємодії, а й досвіду прийняття рішень, управління власним емоційним станом і толерантності до невизначеності [5].

Важливим напрямом цифровізації є впровадження VR- та AR-технологій у викладання практичних дисциплін. Віртуальна реальність дозволяє відтворювати ситуації кризових інтервенцій, роботи з групами, психоосвітніх тренінгів, поведінкових експозицій або умов соціального тиску. У VR-форматі студенти можуть без ризику помилитися пережити досвід психологічного консультування агресивного клієнта, роботи в умовах масового скупчення людей, проведення експерименту зі збереженням максимальної екологічної валідності. Доповнена реальність, у свою чергу, використовується для візуалізації складних психофізіологічних процесів, накладення шарів інформації на поведінку досліджуваних, пояснення механізмів мозкової діяльності та навчання процедур аналізу даних [3].

Цифрові технології змінюють і методологічну підготовку майбутніх психологів. Замість класичних статистичних курсів усе більшої ваги набувають дисципліни, пов'язані з аналізом великих даних, машинним навчанням, мережевим моделюванням, автоматизованим збором поведінкових даних та цифровою психометрією. Студенти вчаться працювати з високочастотними часовими рядами, сенсорними потоками, даними з мобільних застосунків, цифровими слідами та великими масивами неструктурованої інформації. Це дозволяє майбутнім фахівцям розуміти, як формуються алгоритмічні висновки, яким чином працюють моделі прогнозування поведінки та де знаходяться межі валідності цифрових даних. Відтак змінюється і сам образ психолога — він стає даніцентричним аналітиком, здатним поєднувати гуманітарну інтерпретацію з об'єктивними поведінковими індикаторами [13].

Новий рівень персоналізації освіти забезпечують адаптивні навчальні системи, що підлаштовуються під когнітивні стилі, темп сприйняття та індивідуальні прогалини знань студентів. Такі системи аналізують патерни навчальної активності, реакції на різні формати матеріалу, частоту помилок та динаміку прогресу, після чого автоматично пропонують індивідуальні траєкторії навчання. Вони допомагають ефективніше опановувати складні теорії, оптимізують обсяг повторення, підвищують мотивацію і формують у студентів навички саморегульованого навчання [2].

Значний вплив цифрові технології здійснюють і на комунікативні та соціальні аспекти психологічної освіти. Інтерактивні платформи дозволяють проводити групові дискусії, супервізії, міжуніверситетські семінари, об'єднуючи студентів з різних країн і наукових шкіл. Онлайн-спільноти підтримують горизонтальний обмін знаннями, спільне розв'язування кейсів, розвиток критичного мислення. Такі цифрові середовища формують новий тип професійної ідентичності — мережеву, де психолог існує не як ізольований фахівець, а як учасник глобальної інтелектуальної екосистеми [10].

Важливим напрямом цифровізації є інтеграція навчальних курсів із реальними даними, отриманими з клінічних, організаційних, експериментальних та соціальних платформ. Освітні програми, що мають доступ до анонімізованих наборів даних, дозволяють студентам відпрацьовувати навички аналізу реальних психологічних патернів, будувати предиктивні моделі, тестувати гіпотези, розробляти власні психологічні інструменти. Така практика формує у студентів здатність транслювати теорію в аналітичні рішення, а також розвиває компетентність критичної оцінки даних та алгоритмів.

Цифрова трансформація освіти потребує також нової етики професійної підготовки. Студенти мають розуміти етичні ризики використання цифрових слідів, принципи роботи алгоритмів, небезпеку упереджень у моделях, питання конфіденційності й захисту даних. Таким чином цифрові технології не лише розширюють освітні можливості, а й формують новий рівень відповідальності за наукову коректність і гуманістичність психології.

У підсумку цифрові технології в психологічній освіті функціонують не як зовнішній додаток, а як основа нового освітнього простору, де знання стає динамічним, інтерактивним, мультимодальним і глибоко інтегрованим у сучасні наукові методи. Це трансформує психологічну освіту в екосистему, що одночасно формує теоретичну компетентність, аналітичну готовність, практичні навички та критично-етичне мислення майбутніх фахівців.

Отже, синергія цифрових технологій у психологічній науці та освіті створює нову, цілісну дослідницько-педагогічну екосистему, у якій теорія, емпірія та навчання взаємно підсилюють одне одного. Цифрові методи дозволяють науці переходити від фрагментарних оцінок до глибокого аналізу динамічних патернів поведінки, від самоописових моделей до об'єктивних цифрових індикаторів, від статичних концепцій до мережових та алгоритмічних структур. Психологічна освіта, інтегруючи ці інструменти, не лише навчає користуватися сучасними технологіями, а й формує методологічну культуру, здатність критично оцінювати алгоритмічні висновки, розуміти природу цифрових даних і відповідально працювати з ними у професійній практиці. У результаті цифровізація не просто змінює окремі методи чи формати підготовки, а переосмислює саму природу психології як науки та професії: робить її точнішою, більш екологічною, емпірично наповненою та адаптованою до складної структури сучасних соціально-технологічних систем. Така інтеграція є необхідною умовою розвитку психології в умовах XXI століття, де цифрові процеси формують як поведінкові патерни людини, так і інструменти їх наукового та освітнього осмислення.

Список використаних джерел

1. Bailenson J. Transformed Social Interaction: Decoupling Representation from Behavior and Form in Collaborative Virtual Environments. *Presence*. 2004. Vol. 13. P. 428-441.
2. Baillifard A., Gabella M., Banta L.P., Martarelli C.S. Implementing Learning Principles with a Personal AI Tutor: A Case Study. 2023.
3. Bell I. H., Nicholas J., Alvarez-Jimenez M., Thompson A., Valmaggia L. Virtual reality as a clinical tool in mental health research and practice. *Dialogues in clinical neuroscience*. 2020. Vol. 22. № 2. P. 169-177.
4. Boer N. S., Bruin L. C., Geurts J. J. G., Glas G. The Network Theory of Psychiatric Disorders: A Critical Assessment of the Inclusion of Environmental Factors. *Frontiers in psychology*. 2021. Vol. 12.
5. Christensen A. P., Golino H. F., Silvia P. J. A Psychometric Network Perspective on the Measurement and Assessment of Personality Traits. *Assessment*. 2019. Vol. 26. № 1. P. 3-15.
6. Epskamp S., Maris G., Waldorp L. J., Borsboom D. Network psychometrics. *The Wiley handbook of psychometric testing: A multidisciplinary reference on survey, scale and test development*. 2018. P. 953-986.
7. Epskamp S., Rhemtulla M., Borsboom, D. Generalized Network Psychometrics: Combining Network and Latent Variable Models. *Psychometrika*. 2017. Vol. 82. P. 904-927.
8. Kosinski M., Stillwell D., Graepel T. Private Traits and Attributes Are Predictable from Digital Records of Human Behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2013. Vol. 110. № 15. P. 5802-5805.
9. Lambiotte R., Kosinski M. Tracking the Digital Footprints of Personality. *Proceedings of the IEEE*. 2014. Vol. 102. P. 1934-1939.
10. Lowenthal P. R., Dennen V. P. Social Presence, Identity, and Online Learning Research: Research Development and Needs. *Distance Education*. 2017. Vol. 38. № 2. P. 137-140.
11. Matz S., Appel R., Kosinski M. Privacy in the Age of Psychological Targeting. *Current Opinion in Psychology*. 2019. Vol. 31.
12. Matz S., Kosinski M. Using Consumers' Digital Footprints for More Persuasive Mass Communication. *AI & Society*. 2019. Vol. 34. № 2. P. 275-289.
13. Plooy E., Casteleijn D., Franzsen D. Personalized adaptive learning in higher education: A scoping review of key

- characteristics and impact on academic performance and engagement. *Heliyon*. 2024. Vol. 10. № 21.
14. Riva G. Virtual Reality in Clinical Psychology. *Comprehensive Clinical Psychology*. 2022. P. 91-105.
15. Wang P. Evaluating virtual reality technology in psychotherapy: impacts on anxiety, depression, and ADHD. *Frontiers in Psychiatry*. 2024. Vol. 15.
16. Zhao S. A Systematic Review of Machine Learning Methods for Multimodal EEG Data in Clinical Application. 2024.

ЛИЦІШИН Г.О.
ВНТУ

МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ

Анотація: У роботі розглянуто сучасні підходи до вивчення іноземних мов із використанням цифрових технологій. Особливу увагу приділено методу інтервального повторення (*Spaced Repetition*) та його поєднанню з великими мовними моделями (LLM). Запропонована інтелектуальна система з інтеграцією через MCP та базу PostgreSQL автоматизує формування навчальних карток, персоналізує процес навчання і підвищує ефективність засвоєння лексики. Показано, що поєднання LLM з класичними SRS-алгоритмами створює нову якісну парадигму адаптивного навчання.

Ключові слова: інтервальне повторення, вивчення лексики, штучний інтелект, LLM, MCP, англійська мова.

Abstract: The paper presents modern approaches to language learning using digital technologies. Special attention is paid to the spaced repetition method and its integration with large language models (LLMs). The proposed intelligent system with MCP and PostgreSQL integration automates the creation of learning cards, personalizes the learning process, and improves vocabulary acquisition efficiency. It is shown that combining LLMs with classical SRS algorithms creates a new qualitative paradigm of adaptive learning.

Keywords: spaced repetition, artificial intelligence, LLM, MCP, English language.

Вступ. Проблема ефективного засвоєння лексики залишається однією з ключових у процесі вивчення англійської мови. Багато популярних додатків для вивчення лексики реалізують навчання переважно через переклад слів на рідну мову та їх механічне повторення у форматі флешкарт [1], не враховуючи когнітивні особливості пам'яті, зокрема ефект забування. Це знижує довготривалу ефективність навчання. Тому актуальним є використання інтелектуальних технологій, здатних автоматично підлаштовувати навчальний контент під учня.

Метою роботи є підвищення рівня засвоєння лексики у процесі вивчення англійської мови, а також інтеграція LLM через MCP у інтелектуальній системі для автоматизованого формування навчальних матеріалів.

Результати дослідження. Одним із найефективніших підходів до подолання забування є інтервальне повторення (*Spaced Repetition*) [2]. Його суть полягає в поступовому збільшенні проміжків між повтореннями залежно від рівня засвоєння. Сучасні системи реалізують цей принцип за допомогою алгоритмів *Leitner System*, *SuperMemo (SM-2)*, *FSRS* та інших. Вони враховують точність відповідей, складність матеріалу та індивідуальні особливості користувача.

Найпопулярніші цифрові засоби навчання (*Duolingo*, *Memrise*, *Lingvist*, *Anki*) поєднують інтервальне повторення з елементами ігровізації, однак здебільшого працюють із фіксованими наборами даних, не враховуючи контекст навчання [3]. Великі мовні моделі (*ChatGPT*, *Claude*, *Gemini*) дозволяють автоматично створювати приклади використання слів, переклади та контекстні речення [4].

Запропонована система вдосконалює класичний метод інтервального повторення шляхом автоматизації створення та оновлення карток лексичних одиниць. LLM аналізує відповіді користувача, визначає нові слова, генерує переклад і контекст, а через MCP-сервер передає дані до бази PostgreSQL. Таким чином, картки формуються без ручного введення.

Основні переваги підходу – персоналізація, контекстуалізація та швидкість. Система самостійно виявляє прогалини у знаннях, добирає лексику відповідно до рівня користувача та зберігає історію навчання для формування рекомендацій. Це поєднує точність класичних SRS-алгоритмів із гнучкістю сучасних ШІ-моделей.

Висновки. Запропонований підхід доводить ефективність поєднання інтервального повторення з великими мовними моделями (LLM) та MCP-архітектурою. Розроблена система автоматизує формування навчальних карток, скорочує час підготовки матеріалів і забезпечує персоналізоване навчання. Інтеграція LLM із PostgreSQL через MCP дозволяє динамічно розширювати базу знань і формувати контент, адаптований до рівня користувача.

Отримані результати підтверджують, що запропонований алгоритм підвищує ефективність засвоєння лексики та може бути використаний як основа для побудови сучасних адаптивних систем вивчення іноземних

Список використаних джерел

1. Wang, F. L. A review of vocabulary learning applications: From the perspective of word knowledge development, 2021. p. 259
2. Kang, S. H. K. Spaced repetition promotes efficient and effective learning: Policy implications for instruction, 2016. p. 12-19
3. Joey J Lee. A review of mobile language learning applications: trends, challenges and opportunities, 2016. p. 32
4. Paddags, B., Hershovich, D., & Savage, V. Automated Sentence Generation for a Spaced Repetition Software. Proceedings of the 19th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications, 2024. p. 303-314

ЛУКАШОВ В.Ю.
ВНТУ

ЗАСТОСУВАННЯ C# ТА WINDOWS FORMS ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ПОШТОВИХ ВІДДІЛЕНЬ

Анотація

У статті досліджено застосування мови програмування C# та технології Windows Forms для оптимізації роботи поштових відділень у межах створення прикладних інформаційних систем. Проаналізовано архітектурні переваги настільних застосунків, побудованих на платформі .NET Framework, а також їхню роль у підвищенні ефективності обробки поштових операцій. Розглянуто теоретичні принципи використання C# як об'єктно-орієнтованої мови, що поєднує високий рівень абстракції з продуктивністю реалізації. Обґрунтовано доцільність застосування Windows Forms для побудови стабільних і зручних клієнтських систем, спрямованих на автоматизацію рутинних процесів та зменшення навантаження на операторів.

Ключові слова: C#, Windows Forms, .NET Framework, інформаційні системи, автоматизація, оптимізація, поштові сервіси.

Abstract

The article examines the application of the C# programming language and Windows Forms technology for optimizing the work of postal offices through the development of applied information systems. The architectural advantages of desktop applications built on the .NET Framework platform are analyzed, along with their role in improving the efficiency of postal operations. The research highlights the theoretical principles of using C# as an object-oriented language that combines a high level of abstraction with performance efficiency. The relevance of Windows Forms in building stable and user-friendly client systems is substantiated, emphasizing its potential in automating routine processes and reducing operator workload.

Keywords: C#, Windows Forms, .NET Framework, information systems, automation, optimization, postal services.

ВСТУП. Зростання обсягів поштових відправлень і підвищення вимог до швидкості обслуговування зумовлюють потребу в удосконаленні інформаційно-технологічних рішень у сфері логістики. Оптимізація роботи поштових відділень стає можливою завдяки впровадженню сучасних програмних систем, що автоматизують рутинні операції, зменшують імовірність помилок і підвищують загальну продуктивність праці. Одним із найбільш ефективних підходів до реалізації таких рішень є використання мови програмування C# у поєднанні з технологією Windows Forms, які разом забезпечують високий рівень надійності, масштабованості та зручності користування. Платформа .NET Framework створює сприятливі умови для побудови прикладних систем, орієнтованих на оптимізацію бізнес-процесів у сфері поштового обслуговування [1].

ОГЛЯД НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ДО ПРОБЛЕМИ. Оптимізація роботи поштових відділень за допомогою цифрових засобів тісно пов'язана з розвитком загальних підходів до створення інформаційних систем і програмних комплексів для автоматизації організаційних процесів. Основна увага у цьому контексті приділяється підвищенню ефективності обробки даних, раціоналізації робочих процесів і мінімізації впливу людського фактора.

Традиційно для побудови таких систем застосовуються клієнт-серверні архітектури, орієнтовані на швидкий обмін інформацією між користувачем і базою даних. З огляду на потребу стабільної роботи та простоти впровадження, середовище C# і Windows Forms вважається практичним рішенням для створення настільних систем, що забезпечують високий рівень продуктивності й зручності [2].

Науковий підхід до розроблення таких застосунків полягає у використанні принципів структурного й об'єктно-орієнтованого програмування, а також у застосуванні методів моделювання інформаційних процесів.

Це дозволяє не лише формалізувати логіку роботи поштового відділення, а й створити основу для подальшої цифровізації його операцій.

ЦІЛІ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ. Метою роботи є обґрунтування використання мови програмування C# та технології Windows Forms як ефективних засобів оптимізації діяльності поштових відділень шляхом автоматизації основних операційних процесів.

Для досягнення цієї мети передбачено розв'язання таких завдань: визначити принципи побудови настільних інформаційних систем, що відповідають вимогам стабільності та зручності використання, проаналізувати можливості застосування інструментів .NET Framework для створення гнучкої архітектури застосунку, оцінити потенціал цифрових технологій у підвищенні продуктивності праці операторів поштових відділень.

Досягнення поставленої мети забезпечує формування теоретичних і практичних засад для впровадження сучасних програмних рішень, спрямованих на підвищення ефективності функціонування поштової інфраструктури.

ТЕОРЕТИЧНІ ПРИНЦИПИ ЗАСТОУВАННЯ C# ТА WINDOWS FORMS У ПОБУДОВІ ОПТИМІЗОВАНИХ СИСТЕМ. Мова C# поєднує властивості об'єктно-орієнтованого та функціонального програмування, що робить її ефективним інструментом для моделювання складних бізнес-процесів [3]. Її структура забезпечує високу стабільність, чітку типізацію й ефективне управління пам'яттю, що є необхідними характеристиками для систем, орієнтованих на безперервну роботу.

Windows Forms, у свою чергу, пропонує гнучке середовище для створення графічних інтерфейсів користувача, орієнтованих на зручність, інтуїтивність і продуктивність. У контексті оптимізації робочих процесів технологія дозволяє зменшити кількість операційних кроків, необхідних оператору, і забезпечити швидкий доступ до функціоналу системи. Поєднання подієво-орієнтованої моделі Windows Forms і об'єктно-орієнтованих механізмів C# сприяє підвищенню узгодженості логіки програми, зниженню ризику помилок і спрощенню технічного супроводу.

З наукової точки зору використання таких технологій забезпечує ефективну реалізацію принципів інформаційного моделювання. Це проявляється у можливості формального опису об'єктів поштового обслуговування, їхніх атрибутів і взаємозв'язків, що створює основу для подальшої оптимізації процесів обліку, звітності та контролю.

ОПТИМІЗАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПОШТОВИХ ВІДДІЛЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ. Упровадження систем, створених засобами C# та Windows Forms, забезпечує раціональне використання людських ресурсів завдяки автоматизації облікових і аналітичних процедур. Такі застосунки дозволяють оператору швидше здійснювати реєстрацію відправлень, перевіряти їхній статус і формувати необхідну документацію [4]. Зменшення кількості ручних операцій сприяє скороченню часу обслуговування клієнтів і зниженню ймовірності помилок при введенні даних.

Використання бібліотек .NET Framework створює умови для інтеграції настільних застосунків із базами даних і веб-сервісами, що відкриває можливості для централізованого управління інформаційними потоками в межах поштової інфраструктури. Таким чином, C# і Windows Forms не лише спрощують процес створення програмних рішень, а й забезпечують їхню наукову обґрунтованість у контексті підвищення ефективності роботи поштових установ.

ВИСНОВКИ. Застосування мови програмування C# та технології Windows Forms для оптимізації роботи поштових відділень є ефективним науково-технічним підходом до побудови сучасних інформаційних систем. Поєднання гнучкості Windows Forms із строгістю синтаксису C# створює підґрунтя для розроблення продуктивних, надійних і зручних у використанні програмних засобів.

Доведено, що такі системи сприяють підвищенню швидкості обробки операцій, мінімізації помилок і покращенню взаємодії між оператором і клієнтом. Перспективним напрямом подальших досліджень є інтеграція настільних систем із хмарними технологіями та впровадження аналітичних модулів, орієнтованих на прогнозування навантажень і підвищення ефективності логістичних процесів у поштовій галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Troelsen A., Japikse P. Pro C# 8 with .NET Core 3. – Apress, 2020. – 1376 с.
2. Liberty J., Hurwitz D. Programming C# 8.0: Build Cloud, Web, and Desktop Applications. – O'Reilly Media, 2020. – 720 с.
3. Nagel C. Professional C# and .NET: 2021 Edition. – Wrox, 2021. – 1104 с.
4. Schildt H. C# 10 and .NET 6: Modern Cross-Platform Development. – McGraw-Hill, 2022. – 800 с.

ГРУПУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРИ УЩІЛЬНЕННІ ЗОБРАЖЕНЬ

Анотація: Показано, що групування коефіцієнтів дискретного косинусного перетворення може бути альтернативою зигзагоподібному скануванню JPEG. Наведено результати досліджень.

Ключові слова: ущільнення зображень, дискретне косинусне перетворення, ДКП.

Групування коефіцієнтів є альтернативою зигзагоподібному скануванню JPEG і може не тільки підвищити точність векторного квантування, але збільшити коефіцієнт ущільнення на етапі ущільнення без втрат за рахунок підвищення точності роботи моделювальника в адаптивних схемах кодування без втрат. Також після групування коефіцієнтів можна легко організувати зональний відбір коефіцієнтів, оскільки коефіцієнти з однаковими частотами локалізовані у просторі зображення в певних ділянках, що дає можливість виключити їх з процесу синтезу зображення [1].

При групуванні коефіцієнтів дискретного косинусного перетворення (ДКП) виконується відбір коефіцієнтів однакової частоти. Координати коефіцієнтів для відбору обчислюються у відповідності з такими виразами:

$$\begin{aligned} \text{tmpj} &:= (j \bmod n) \cdot (N \div n) + j \div n; \\ \text{tmpi} &:= (i \bmod n) \cdot (M \div n) + i \div n, \end{aligned} \quad (1)$$

де i, j – поточні координати в площині зображення;

tmpi, tmpj – нові координати в площині згрупованих коефіцієнтів;

N, M – розміри зображення;

n – розмір сторони фрагмента в межах якого виконується ДКП;

$\div$ – операція цілочислового ділення.

Таким чином при групуванні трансформант перетворення площина зображення буде розбита на $(n \times n)$ блоків, кожний розміром $(N \div n) \times (M \div n)$ (рис. 1). Тепер з'являється можливість відкинути будь-який із цих блоків, тобто застосувати комбінацію квантування і зонального відбору.

При декодуванні коефіцієнти знову переміщуються на свої позиції в площині зображення, що необхідно для виконання процедури зворотного перетворення ДОП. Їх координати обчислюються так:

$$\begin{aligned} j &:= (\text{tmpj} \bmod (N \div n)) \cdot n + \text{tmpj} \div (N \div n); \\ i &:= (\text{tmpi} \bmod (M \div n)) \cdot n + \text{tmpi} \div (M \div n). \end{aligned} \quad (2)$$

При виведенні згрупованих коефіцієнтів у файл вони виводяться послідовно, спочатку всі коефіцієнти $F(0,0)$ рядок за рядком, потім $F(0,1)$ і так далі. Тобто виконується перетворення двовимірного масиву в одновимірний. Координати у площині згрупованих коефіцієнтів для виведення у файл обчислюються згідно виразу:

$$\begin{aligned} \text{tmpj} &:= (j \bmod (N \div n)) + ((i \div (M \div n)) * (N \div n)); \\ \text{tmpi} &:= i \div (M \div n)^2 + (j \div (N \div n)). \end{aligned} \quad (3)$$

У файлі коефіцієнти записані в такому порядку:

$$F00(0,0), \dots Fkl(0,0), F00(0,1), \dots Fkl(0,1), \dots F00(7,7), \dots Fkl(7,7)$$

Такий порядок зберігання особливо важливий, коли на етапі кодування без втрат застосовують адаптивні кодери, наприклад, кодери, які використовують технології передбачення RPPM або DMC [2].

Результати досліджень. Групування коефіцієнтів квантування ДКП може бути єдиним способом підвищення коефіцієнта ущільнення при ущільненні зображень майже без втрат. Результати дослідження ущільнення рентгенівського зображення без цілочислового квантування трансформант ДКП, тобто майже без втрат, наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Дослідження ущільнення зображень майже без втрат

Розмір початкового зображення, байт	Розмір зображення після ущільнення без групування, байт	Розмір зображення після з ущільнення групування, байт	Середньо-квадратичне відхилення (СКВ)	Візуальна оцінка якості
786486 (color)	326132	264553	0	Відмінна

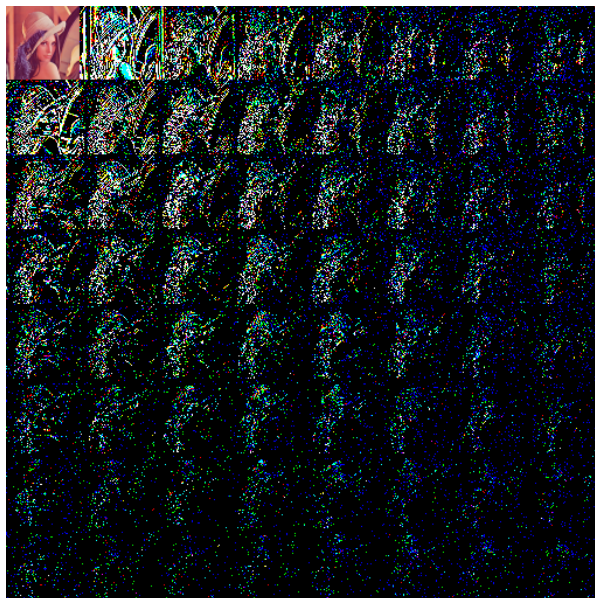


Рисунок 1 – Згруповані коефіцієнти ДКП

Висновки. Групування коефіцієнтів може бути альтернативою зигзагоподібному скануванню JPEG. Тестування показало, що групування коефіцієнтів ДКП збільшує коефіцієнт ущільнення у 1,2-2 рази у порівнянні з методами без групування коефіцієнтів.

Список використаних джерел

1. Майданюк В. П., Романюк О. Н., Павлов С. В., Нечипорук М. Л. Підвищення коефіцієнта ущільнення зображень на основі двовимірних ортогональних перетворень // Наукові праці ДонНТУ. – 2024. – № 2 (39), серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». – С. 31–40.
2. Майданюк В. П., Романюк О. Н., Тужанський С. Є. Основи теорії інформації та кодування : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 133 с.

МАЛЕЦЬ І.В.,

Інститут поліграфії та медійних технологій Львівської політехніки,

ЦЕНТРАЛІЗОВАНА МОВНА ІНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ КАНАЛІВ КОНТЕНТ-МАРКЕТИНГУ У СИСТЕМАХ ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація: Досліджено особливості використання соціальних медіа, e-mail-маркетингу та пов'язаних каналів персоналізованої комунікації у процесах підготовки мультимовного контенту. Показано, що традиційні схеми перекладу створюють розрізнені мовні версії повідомлень і ускладнюють підтримку узгодженості між цифровими платформами та друкованими VDP-матеріалами. Обґрунтовано доцільність застосування централізованого сервісу машинного перекладу як мовного шару, у якому використано контентні ключі, пам'ять перекладів і термінологічні глосарії. Представлено структурну схему інтеграції такого сервісу з соціальними медіа та маркетинговими каналами.

Ключові слова: персоналізований контент, соціальні медіа, маркетингові платформи, VDP, машинний переклад, пам'ять перекладів

Вступ. Соціальні медіа та маркетингові онлайн-платформи є основними каналами поширення персоналізованої інформації [1]. До них належать Facebook, Instagram, LinkedIn, месенджери, e-mail-сервіси, а також інструменти для підготовки друкованих VDP-матеріалів. У таких середовищах значна частина комунікацій формується в багатьох мовах, а зміст оновлюється з високою частотою. У практиці поліграфічних та медійних організацій ці канали одночасно застосовуються для взаємодії з аудиторією, що потребує узгоджених формулювань і повторного використання перекладених текстових блоків. У таких умовах важливою стає розробка мовної інфраструктури, здатної забезпечити стабільність, узгодженість та відтворюваність перекладів у всіх середовищах.

Актуальність. Соціальні медіа є одним із ключових каналів взаємодії між освітніми установами, підприємствами та їхніми аудиторіями. Динамічність цих платформ, необхідність персоналізації повідомлень та вимога оперативно підтримувати кілька мов значно ускладнюють ручні процеси перекладу. Те саме стосується e-mail-маркетингу та VDP-процесів, де текстові блоки повинні узгоджуватись між цифровими й друкованими форматами [2]. Відсутність централізованої мовної інфраструктури зумовлює фрагментацію контенту, порушення стилістичної й термінологічної єдності, затримки в оновленні кампаній, а також зростання трудомісткості супроводу мультимовних ресурсів. Тому виникає потреба в моделі, яка усуває роз'єднаність каналів і забезпечує повторне використання перекладених сегментів незалежно від формату публікації.

Постановка проблеми. У дослідженні визначено, що головною проблемою сучасних схем роботи з мультимовним контентом є відсутність єдиної точки керування перекладами. Соціальні медіа, e-mail-платформи та VDP-системи формують мовні версії незалежно одна від одної, застосовуючи фрагментовані словники та дубльовані шаблони. Використання різних інструментів машинного перекладу без спільної пам'яті перекладів призводить до розбіжностей навіть у межах однієї інформаційної кампанії. У практичних сценаріях це перешкоджає узгодженню цифрових і друкованих матеріалів та ускладнює повноцінну автоматизацію контент-процесів. Для усунення цієї проблеми потрібна централізована мовна модель, яка синхронізує всі канали через універсальні контентні ключі.

Виклад суті дослідження. Проведене дослідження передбачало аналіз способів використання соціальних медіа та маркетингових сервісів у задачах персоналізованої комунікації. Встановлено, що ефективний підхід має ґрунтуватися на структурованому представленні тексту, у якому кожен фрагмент ідентифікується контентним ключем. Джерела контенту (CRM-системи, CMS, репозитарії навчальних і наукових матеріалів) передають такі сегменти до централізованого сервісу машинного перекладу. У цьому сервісі поєднано пам'ять перекладів, термінологічні глосарії та NMT-рушії, що забезпечує відтворюваність і узгодженість перекладених формулювань.

На рисунку 1 подано узагальнену схему інтеграції сервісу машинного перекладу з основними каналами комунікації. Джерела контенту передають структуровані сегменти у мовний шар, де формуються остаточні мовні версії. Соціальні медіа й e-mail-платформи отримують переклади за контентними ключами через API-взаємодію, а VDP-системи використовують ті самі сегменти в друкованих шаблонах PDF/VT. Така модель дає змогу усунути дублювання текстів, мінімізувати ручні операції й забезпечити однакові формулювання у цифрових і друкованих каналах.

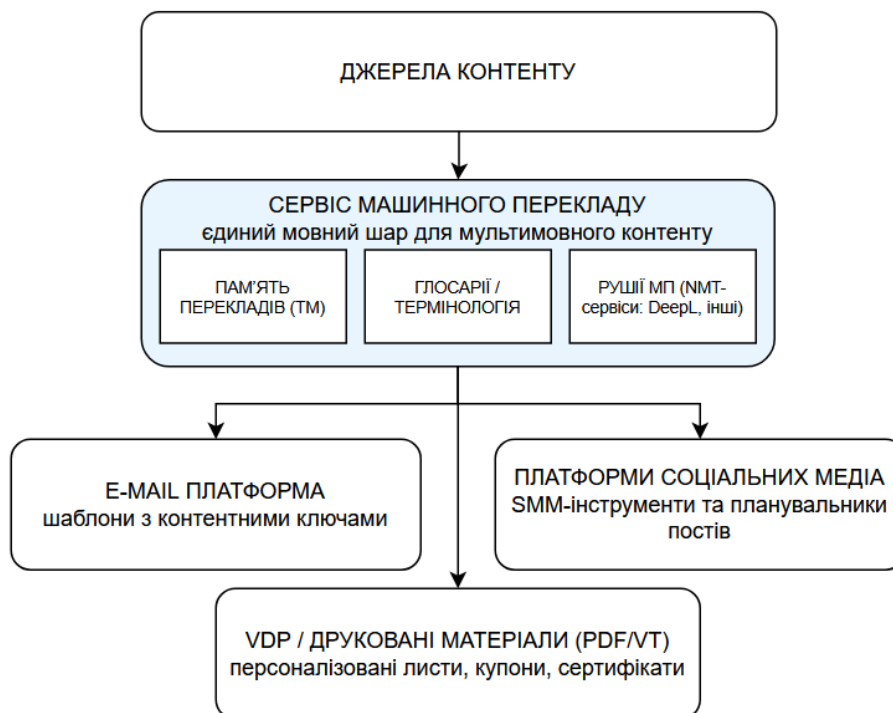


Рис. 1. Інтегрування централізованого мовного шару у системах підготовки персоналізованих матеріалів

Подальший аналіз показав, що застосування централізованого мовного шару, поданого на рисунку 1, створює можливість координувати зміни контенту між усіма залученими системами. Оновлення тексту в джерелах контенту автоматично транслюється у відповідні сегменти пам'яті перекладів і глосарії, після чого нові варіанти повідомлень доступні для соціальних медіа, e-mail-кампаній і VDP-шаблонів без повторного ручного редагування. Це знижує ризик розходжень між версіями повідомлень, спрощує впровадження правок і підтримку єдиної стилістики у довготривалих інформаційних кампаніях.

Крім того, структура, відображена на рисунку 1, забезпечує підґрунтя для подальшого розширення функціональності мовної інфраструктури. У сервіс машинного перекладу можуть бути додані механізми оцінювання якості перекладів, пріоритизації рушіїв для окремих мовних пар, а також засоби інтеграції з аналітичними модулями маркетингових платформ. Це відкриває можливості для побудови замкненого циклу «джерела даних – переклад – публікація – аналіз результатів», у якому соціальні медіа, електронні розсилки та друковані матеріали розглядаються як узгоджені компоненти єдиної системи керування персоналізованим контентом.

Висновки. У представленому дослідженні показано, що застосування централізованого сервісу машинного перекладу є ефективним підходом до організації багатомовного контенту в соціальних медіа й каналах контент-маркетингу. Використання контентних ключів дає змогу синхронізувати текстові сегменти між e-mail-шаблонами, публікаціями у соціальних мережах і друкованими VDP-матеріалами. Пам'ять перекладів і термінологічні глосарії забезпечують стабільність формулювань і зменшують трудомісткість підтримки багатомовних кампаній. Запропонована модель створює підґрунтя для подальшої автоматизації контентних процесів у поліграфічній, освітній та медійній сферах.

Список використаних джерел

1. Виноградова О.В., Недопако Н.М. Маркетинг у соціальних мережах: навчальний посібник. Київ, ДУТ, 2022.. 202 с.
2. Малець І. Технології Variable Data Printing у контексті підготування багатомовної продукції видавничого дому "УкрПол". Інформаційні технології і автоматизація, № 18, 2025. С. 438-440.

СВГЕНІЙ МАРЦЕНЮК¹,

ВАЛЕРІЯ АРСЕНЮК¹,

¹Національний університет «Львівська Політехніка», вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79000, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ ДАНИХ У ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ НА ОСНОВІ CSPM ТА DSPM

Анотація. Швидке впровадження хмарних платформ і сервісів, зокрема тих, що використовують штучний інтелект, створює нові виклики щодо забезпечення безпеки даних та дотримання нормативних вимог у багатокористувацьких середовищах. Основні проблеми включають неправильні конфігурації, невиявлені ресурси та нестачу прозорості у процесах обробки даних. Для вирішення цих проблем запропоновано модель автоматизованого управління контролем безпеки, що інтегрує можливості **Compliance Security Posture Management (CSPM)** та **Data Security Posture Management (DSPM)** у єдину систему безперервного моніторингу, оцінювання ризиків та реагування на інциденти. Запропонована модель реалізує **багаторівневу структуру контролю безпеки даних (L1–L4)**, яка динамічно адаптується до рівня чутливості інформації, контексту середовища та регуляторних вимог. Нижчі рівні забезпечують автоматизовану перевірку базових політик безпеки, тоді як вищі рівні охоплюють комплексне управління вразливостями, безпекою систем штучного інтелекту та інтеграцію з оркестраційними системами, такими як **SOAR**, для швидкого реагування на інциденти. **DSPM** використовується для автоматизованого виявлення, класифікації та контролю доступу до конфіденційних даних, тоді як **CSPM** забезпечує безперервний моніторинг конфігурацій інфраструктури відповідно до принципу **policy-as-code**. Розроблений прототип, побудований на базі **Prisma Cloud, HashiCorp Vault, Jenkins та Splunk SOAR**, продемонстрував, що поєднання CSPM і DSPM зменшує середній час реагування на інциденти (**MTTR**), підвищує точність виявлення ризиків та мінімізує ймовірність витоку даних у гібридних хмарних середовищах. Отримані результати підтверджують ефективність автоматизованої архітектури CSPM/DSPM у забезпеченні вимог **SOC 2, GDPR та NIST 800-53**, пропонуючи масштабований і адаптивний підхід до управління безпекою даних у сучасних хмарних інфраструктурах.

Ключові слова: Compliance Security Posture Management (CSPM), Data Security Posture Management (DSPM), автоматизація безпеки, відповідність вимогам, SOAR, захист даних, хмарна інфраструктура, безпека штучного інтелекту.

1. Вступ. Стрімкий розвиток хмарних технологій, цифровізація бізнес-процесів і зростання обсягів конфіденційних даних зумовили нагальну потребу у впровадженні **автоматизованих механізмів контролю**

безпеки. Традиційні підходи до забезпечення безпеки вже не здатні ефективно протидіяти динамічним загрозам, що виникають у мультихмарних та гібридних середовищах. У цьому контексті ключову роль відіграють технології **Compliance Security Posture Management (CSPM)** та **Data Security Posture Management (DSPM)**, які забезпечують комплексний моніторинг, оцінювання та мінімізацію ризиків у режимі реального часу. Їх інтеграція формує основу для розроблення **інтелектуальних автоматизованих систем контролю безпеки даних** у хмарних середовищах [1].

1.1. Постановка проблеми, гіпотеза та мета дослідження. Постановка проблеми. У публічних хмарних середовищах значна частина інцидентів безпеки зумовлена не лише помилками конфігурації, але й **недостатнім контролем над самим вмістом даних** — зокрема персональними або конфіденційними відомостями, які можуть бути доступні зовнішнім сервісам або модулям штучного інтелекту. Наявні інструменти CSPM і DSPM функціонують окремо, що ускладнює наскрізний моніторинг і автоматизоване реагування на інциденти.

Гіпотеза. Якщо інтегрувати CSPM (контроль на рівні конфігурацій) і DSPM (контроль на рівні даних) у **єдину багаторівневу систему** з автоматизованим управлінням політиками безпеки, це підвищить ефективність виявлення ризиків, скоротить середній час реагування (**MTTR**) та зменшить імовірність витоку даних у хмарних середовищах.

Мета дослідження. Розробити та обґрунтувати **автоматизовану модель контролю безпеки даних у хмарних середовищах** на основі інтеграції CSPM і DSPM, що забезпечує **динамічне застосування засобів контролю** відповідно до рівня ризику, типу середовища та контексту даних. **дослідження.** Розробити та обґрунтувати **автоматизовану модель контролю безпеки даних у хмарних середовищах** на основі інтеграції CSPM і DSPM, що забезпечує **динамічне застосування засобів контролю** відповідно до рівня ризику, типу середовища та контексту даних.

2. Теоретичні засади CSPM та DSPM Система **Compliance Security Posture Management (CSPM)** здійснює безперервний моніторинг конфігурацій хмарних ресурсів, виявлення вразливостей, аналіз політик доступу та перевірку відповідності стандартам безпеки, таким як **CIS, NIST і ISO 27001**. CSPM автоматично ідентифікує помилки конфігурації (**misconfigurations**), некоректні політики **IAM**, надмірні привілеї та порушення нормативних вимог, що є критично важливим для проактивного управління ризиками [2].

Інтеграція CSPM із підходом **DevSecOps** забезпечує виявлення потенційних вразливостей на етапі розроблення, автоматичну валідацію **Infrastructure as Code (IaC)** та запобігання змінам, які суперечать політикам безпеки. Це мінімізує людський фактор і підвищує швидкість та ефективність реагування на інциденти.

На відміну від CSPM, **Data Security Posture Management (DSPM)** зосереджується безпосередньо на даних, а не лише на конфігураційних аспектах інфраструктури. Основною метою DSPM є **виявлення, класифікація та оцінювання ризиків, пов'язаних із чутливими даними** — такими як **персонально ідентифікована інформація (PII), медичні дані (PHI) або фінансові записи**. DSPM аналізує контекст доступу, визначає порушення політик та надає рекомендації або реалізує **автоматизовані коригувальні дії** для усунення виявлених вразливостей.

3. Інтегрована модель CSPM та DSPM. Інтеграція CSPM та DSPM формує єдиний цикл управління безпекою, який охоплює **рівні конфігурації, мережі та даних** у хмарному середовищі. Комплексне поєднання цих технологій забезпечує **безперервний моніторинг активів, автоматизовану оцінку ризиків і контекстно-орієнтоване реагування на інциденти** [3].

У межах інтегрованої моделі CSPM виявляє потенційні вразливості конфігурації (наприклад, публічно доступні сховища даних або надмірно дозвольні політики доступу), тоді як DSPM аналізує вміст таких ресурсів для визначення, чи містять вони чутливі дані. Якщо загроза підтверджується, система може ініціювати **автоматизовану реакцію** — наприклад, **блокування доступу, ізоляцію ресурсу або генерацію сповіщення через платформу SOAR**.

Таке поєднання суттєво зменшує середній час реагування (**MTTR**), підвищує точність виявлення загроз і знижує кількість хибних спрацьовувань.

4. Алгоритмічний підхід до автоматизації контролю безпеки. Сучасні системи **DSPM** реалізують п'ять основних етапів: **виявлення даних, класифікацію, оцінювання доступу, пріоритизацію ризиків та автоматизоване реагування**. Інтеграція з **CSPM** формує двосторонній зв'язок між ризиками, пов'язаними з конфігурацією, та ризиками, пов'язаними з даними, що забезпечує **адаптивне підвищення рівня захисту** залежно від контексту середовища. У межах CSPM алгоритмічний підхід аналізує **конфігурації хмарної інфраструктури на рівні Infrastructure as Code (IaC)**, виявляє порушення політик безпеки та автоматично

виконує процедури усунення вразливостей. Такий підхід підтримує динамічний і безперервно безпечний стан системи без необхідності ручного втручання з боку фахівців із безпеки [4].

Таблиця 1

Рівень	Опис середовища та даних	Контроль та автоматизація
L1 – Тестове / Розробницьке середовище	Відсутні чутливі дані	Базовий CSPM, обмеження на публікацію; реагування зводиться до сповіщень і рекомендацій
L2 – Внутрішнє операційне середовище	Технічні або сервісні дані	CSPM + базовий DSPM; напів автоматизоване усунення порушень
L3 – Зовнішнє або спільне середовище	Помірно чутливі дані (внутрішня РП)	Розширений DSPM, DLP, аналітика на основі ШІ; автоматизоване усунення через платформу SOAR
L4 – Продуктивне / Клієнтське середовище	Критично чутливі дані (РП, PHI, PCI)	Повний комплекс CSPM/DSPM, захист хмарних навантажень (Cloud Workload Protection), AI Security; повна автоматизація, включно з ізоляцією, блокуванням і втручанням PSOC

Модель підтримує динамічне підвищення або зниження рівнів безпеки (L1 ↔ L4) залежно від виявлених ризиків і наявності чутливих даних, визначених системою DSPM. Це формує замкнений цикл автоматизації, який охоплює виявлення, класифікацію, оцінювання ризиків та реагування.

5. Використання штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML) у CSPM і DSPM. Інтеграція штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML) суттєво підвищує ефективність обох підходів. ML-моделі аналізують поведінкові шаблони доступу, виявляють аномалії та автоматично оцінюють рівні ризику. Це забезпечує не лише виявлення потенційних витоків даних, а й прогнозування загроз до їх виникнення.

Крім того, використання DSPM сприяє зменшенню ризику внутрішніх загроз. AI-модулі формують профілі нормальної поведінки користувачів і виявляють відхилення, які можуть свідчити про зловмисну активність.

У свою чергу, CSPM із підтримкою AI оптимізує аудиторські процеси, знижує кількість хибних сповіщень і підвищує швидкість та точність реагування на інциденти [5].

6. Практичне значення та виклики впровадження. Впровадження CSPM/DSPM сприяє підвищенню ефективності безпеки, зменшенню кількості інцидентів та скороченню часу відновлення після кібернападів. Водночас залишаються низка викликів, серед яких: інтеграція в багатохмарних середовищах, відмінності у політиках постачальників хмарних послуг, необхідність безперервного навчання AI-моделей та мінімізація хибних сповіщень.

Для успішного впровадження рекомендується поетапний підхід — починаючи з критично важливих сервісів і поступово розширюючи охоплення. Вкрай важливо забезпечити безперервний моніторинг ключових показників, таких як середній час виявлення (MTTD), середній час реагування (MTTR) та рівень хибних спрацьовувань (False Positive Rate), при цьому динамічно адаптуючи політики безпеки до змінного середовища.

Висновки. Інтеграція CSPM і DSPM встановлює новий рівень автоматизації контролю безпеки даних у хмарних середовищах, поєднуючи моніторинг інфраструктури, класифікацію даних, машинне навчання та оркестрацію інцидентів. Такий підхід забезпечує динамічне, адаптивне та контекстно-орієнтоване управління безпекою, яке відповідає сучасним вимогам цифрової трансформації та нормативної відповідності.

У довгостроковій перспективі розвиток CSPM/DSPM із інтегрованими AI-компонентами створить основу для інтелектуальної хмарної безпеки, де дані виступають центральним об'єктом захисту.

Список використаних джерел

- Smith, et al., Cloud Security Posture Management: Tools and Techniques, in: ResearchGate Open Access Repository, (2024) 10. doi:10.60087/jklst.vol2.n3.p622
- C. Lee, et al., Cloud Security Posture Management (CSPM): Automating Risk Identification and Response in Cloud Infrastructures, in: Cybersecurity Advances and Cloud Compliance Studies, vol. 3542 (2023) 245–254.

3. D. Patel, et al., Data Security Posture Management (DSPM): A Unified Adaptive Strategy for End-to-End Data Protection, in: Proceedings of Cloud Data Protection Symposium, vol. 3678 (2024) 312–320.
4. E. Tanaka, et al., Revolutionizing Data Security with AI-powered DSPM, in: International Journal of Cloud Security Automation, vol. 3559 (2024) 178–186.
5. L. Martins, et al., DSPM-Driven Anomaly Detection: Enhancing Insider Threat Prevention Through Data Access Monitoring, in: Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems II, CPITS-II, vol. 3550 (2024) 297–305.

МАРИСИК Д.М.,
КАТЄЛЬНИКОВ Д.І.

Вінницький національний технічний університет (Україна)

РОЗРОБКА IOS-ДОДАТКА ДЛЯ ПОШУКУ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ КАВ'ЯРЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОЛОКАЦІЙНИХ СЕРВІСІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація: У статті проаналізовано проблему пошуку спеціалізованих кав'ярень в умовах швидкого зростання ринку. Виявлено недоліки існуючих універсальних картографічних сервісів, що не задовольняють специфічні потреби користувачів. Запропоновано архітектуру клієнт-серверного мобільного додатка для платформи iOS, що використовує технології Apple MapKit та Core Location. Описано спеціалізовану модель даних, орієнтовану на потреби споживачів кави, та адміністративний модуль для власників бізнесу. Обґрунтовано практичну цінність рішення для обох цільових аудиторій.

Ключові слова: iOS, Swift, SwiftUI, MapKit, Core Location, мобільний додаток, система рекомендацій, кав'ярні, геолокація, клієнт-серверна архітектура.

Abstract : The article analyzes the problem of finding specialized coffee shops in the context of rapid market growth. The shortcomings of existing universal cartographic services that do not meet the specific needs of users are revealed. The architecture of a client-server mobile application for the iOS platform, using Apple MapKit and Core Location technologies, is proposed. A specialized data model focused on the needs of coffee consumers and an administrative module for business owners are described. The practical value of the solution is substantiated.

Keywords: iOS, Swift, SwiftUI, MapKit, Core Location, mobile application, recommendation system, coffee shops, geolocation, client-server architecture.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Сучасна кавова культура демонструє стрімкий розвиток, що супроводжується зростанням вимог споживачів. Користувачі шукають не лише найближчий заклад, але й специфічні атрибути: якість зерна, альтернативні методи заварювання, наявність рослинного молока, тихі зони для роботи тощо. Існуючі універсальні картографічні сервіси (Google Maps, Apple Maps) хоч і показують локації, але надають фрагментовану та недостатньо деталізовану інформацію. Це змушує користувачів витрачати час на пошук додаткових даних у соціальних мережах чи на веб-сайтах закладів. Водночас, малий та середній бізнес (немережеві кав'ярні) потребує доступного цифрового інструменту для прямої комунікації зі своєю аудиторією та оперативного оновлення інформації про меню та акції.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Проблематиці геолокаційних сервісів та систем рекомендацій у сфері HORECA присвячено значну кількість робіт [1]. Наприклад, у дослідженнях аналізуються алгоритми колаборативної фільтрації для рекомендацій ресторанів. Існуючі платформи, такі як Foursquare [2] або TripAdvisor, ефективно використовують відгуки користувачів, однак їхні моделі даних залишаються узагальненими. Технології Apple, зокрема MapKit та Core Location, надають потужний інструментарій для розробки нативних додатків з високою точністю позиціонування, що детально описано в офіційній документації [3].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проведений аналіз показує, що, попри велику кількість сервісів, залишається невирішеною проблема створення єдиного інформаційного простору, орієнтованого саме на кавову індустрію. Відсутня спеціалізована модель даних, яка б агрегувала специфічні атрибути кав'ярень (наприклад, тип зерна, наявність фільтр-кави, рівень шуму). Крім того, не вирішена задача надання власникам кав'ярень простого інструменту для оновлення динамічної інформації (наприклад, "кава дня", "сьогодні бариста..."), що є критичним для залучення клієнтів.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної роботи є проектування архітектури та опис основних етапів програмної реалізації iOS-дodatка, що вирішує вказані проблеми. Основні завдання: 1) спроектувати клієнт-серверну архітектуру з двома типами користувачів ("клієнт" та "адміністратор"); 2)

розробити спеціалізовану модель даних для опису профілю кав'ярні; 3) реалізувати інтеграцію з нативними сервісами Apple MapKit та Core Location; 4) описати логіку роботи адміністративного модуля для керування контентом.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для вирішення поставлених завдань було спроектовано систему, що складається з трьох ключових компонентів: 1) мобільний клієнт для iOS, розроблений на мові Swift з використанням декларативного фреймворку SwiftUI; 2) серверна частина (API), що реалізує бізнес-логіку; 3) база даних (наприклад, PostgreSQL) для зберігання інформації. Мобільний клієнт використовує MapKit для відображення кав'ярень на карті у вигляді кастомізованих анотацій та Core Location для визначення геолокації користувача і пошуку "поблизу". Система підтримує дві ролі: "Користувач" (перегляд, пошук, фільтрація, відгуки) та "Адміністратор" (власник закладу). Адміністративний модуль (реалізований як окремий режим у додатку або веб-панель) дозволяє власнику кав'ярні після верифікації самостійно редагувати всі поля свого профілю, додавати позиції в меню та публікувати тимчасові акції. Для персоналізації рекомендацій на початковому етапі використовується алгоритм фільтрації на основі контенту (content-based), який пропонує користувачу заклади, схожі за атрибутами на ті, що він відвідував або позначав як улюблені.

Висновки. У ході дослідження було запропоновано та обґрунтовано архітектуру спеціалізованого iOS-дodatка для пошуку кав'ярень. Наукова новизна полягає у розробці спеціалізованої моделі даних, адаптованої до потреб сучасної кавової індустрії. Практична цінність полягає у створенні готового до впровадження програмного рішення, яке одночасно вирішує проблему вибору для користувачів та надає ефективний маркетинговий інструмент для малого бізнесу. Перспективи подальших розвідок включають впровадження більш складних моделей машинного навчання (зокрема, колаборативної фільтрації) для підвищення точності рекомендацій, інтеграцію платіжних систем для можливості попереднього замовлення напоїв та розробку крос-платформної версії додатка.

Список використаних джерел

1. M. B. Ferrández, J. L. G. G. de la Nava, and T. M. Fernández, "Location-aware recommendation systems: Where we are and where we recommend to go", *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 1405, 2015. [Online]. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-1405/paper-01.pdf>. [Accessed: Nov. 18, 2025].
2. Foursquare. [Online]. Available: <https://foursquare.com/> [Accessed: Nov. 18, 2025].
3. Apple Developer Documentation. MapKit. [Online]. Available: <https://developer.apple.com/documentation/mapkit> [Accessed: Nov. 18, 2025].

МАРЧИШИН І.А.

РОМАНЮК О.Н.

Вінницький національний технічний університет

АРХІТЕКТУРА ГРАФІЧНИХ ПРОЦЕСОРІВ AMD RDNA 4

Анотація. У роботі проаналізовано переваги та недоліки архітектури графічних процесорів AMD RDNA 4.

Ключові слова: графічні процесори, відеокарти, архітектура графічних процесорів, AMD RDNA 4.

Abstract. The paper analyzes the advantages and disadvantages of the AMD RDNA 4 graphics processor architecture.

Keywords: graphics processors, video cards, graphics processor architecture, AMD RDNA 4.

ВСТУП. Архітектура AMD RDNA 4, представлена в лютому 2025 року, символізує важливу віху в розвитку графічних процесорів компанії AMD [1]. Вона лежить в основі серії Radeon RX 9000, зокрема моделей RX 9070 XT та RX 9070, і прагне об'єднати можливості штучного інтелекту, високу ігрову продуктивність та просунуте трасування променів. На базі технології 4 нм (TSMC N4P) RDNA 4 пропонує до 64 обчислювальних блоків, удосконалені прискорювачі трасування третього покоління та друге покоління акселераторів для обчислень у форматах FP8, INT4 [2].

Ця нова мікроархітектура розроблена з урахуванням вимог сучасних користувачів, а саме фахівців у різних галузях, які потребують потужності для графіки, відео та помірного робочого навантаження при роботі з мовними моделями без переходу на серверні рішення. Завдяки модульному дизайну SoC (System-on-a-chip) та оптимізації кеш-пам'яті, RDNA 4 забезпечує помітне зростання продуктивності, а також гнучке масштабування конфігурацій під різні сегменти ринку.

На відміну від прискорювачів CDNA від AMD, які орієнтовані на високопродуктивні обчислення та навчання великих систем штучного інтелекту, RDNA 4 залишається фундаментально архітектурою, орієнтованою на графіку, оптимізованою для растеризації та трасування променів у реальному часі, одночасно

інтегруючи сучасні обчислювальні можливості зі змішаною точністю. Завдяки підтримці FP8, матричним ядрам тензорного типу та структурованій розрідженості, RDNA 4 зменшує розрив у обчисленнях між споживчими графічними процесорами та спеціалізованими прискорювачами ШІ. Крім того, архітектура модернізує кеш-пам'ять "Infinity Cache" від AMD, апаратне забезпечення трасування променів та інструментарій компілятора [2].

УДОСКОНАЛЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ АРХІТЕКТУРИ RDNA 4. Ключовою зміною в RDNA 4 стала глибока модернізація обчислювальних блоків (Compute Units). Хоча загальна структура з подвійними SIMD-32 конвеєрами не змінилась. Тепер кожен обчислювальний блок оснащений новим матричним ядром. На рисунку 1 показано структуру обчислювального ядра RDNA 4, ця інтеграція "Matrix Core" є центральною для покращення продуктивності в завданнях пов'язаних з штучним інтелектом. Це нововведення є критично важливим, оскільки воно додає підтримку форматів даних зі зниженою точністю, таких як FP8 та BF8, а також апаратну підтримку розрідженості [2]. Завдяки цьому пропускна здатність операцій при виконанні завдань зі штучним інтелектом (INT8) зростає майже у вісім разів порівняно з RDNA 3, що дозволяє відеокартам ефективніше працювати з сучасними алгоритмами підвищення роздільної здатності зображення та генерації контенту.

Зміни торкнулися не лише спеціалізованих ядер, тому що одним з важливих аспектів оптимізації архітектури є покращення ефективності використання ресурсів шейдера. Поглянувши на рисунок 2, можна побачити, що динамічне виділення регістрів у шейдерах RDNA 4, переходить від статичного виділення до динамічного. На відміну від RDNA 3, де реєстри виділялися за принципом найгіршого випадку, що призводило до простою ресурсів, RDNA 4 дозволяє шейдерам за потребою звільняти регістри із загального резерву. Це значно збільшує кількість груп потоків в обробці, покращуючи заповнюваність та ефективність обробки затримок пам'яті, що, зрештою, підвищує загальну продуктивність ядра, що виконує обробку.

Найсуттєвіші зміни торкнулися блоків прискорення трасування променів (див. рис. 1). Інженери AMD фактично подвоїли їхню продуктивність на рівні кожного обчислювального блока. Новий дизайн включає два модулі перетину променів "ray-box" та два модулі перетину з трикутником "ray-triangle", що вдвічі більше, ніж у попередньому поколінні [2].

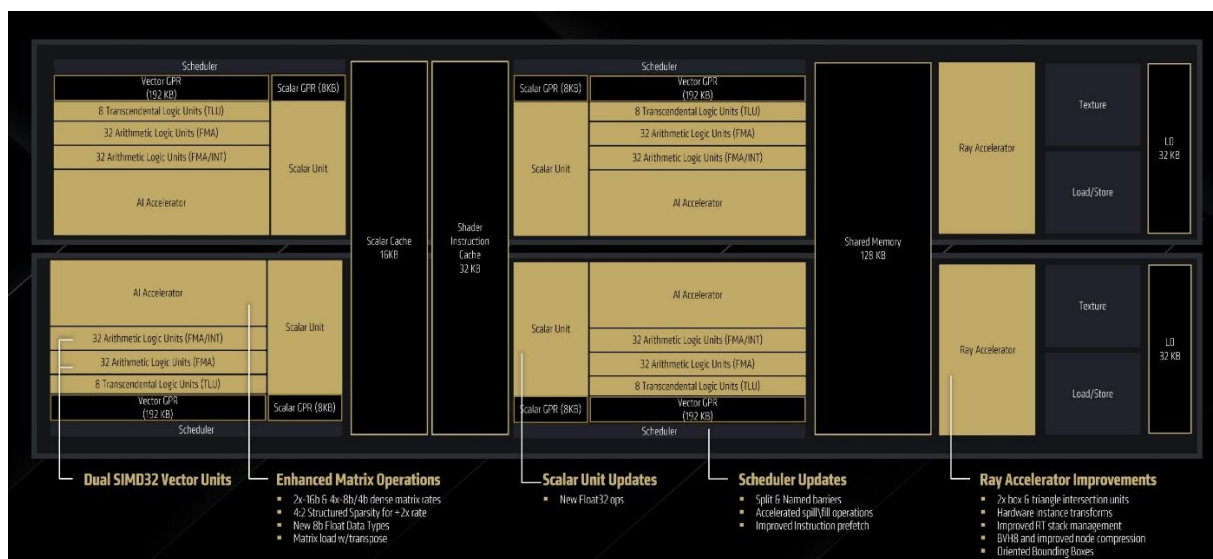


Рисунок 1 – Архітектурна схема обчислювального блоку RDNA 4 [2]

Важливим архітектурним вдосконаленням став перехід на використання BVH8 "8-wide Bounding Volume Hierarchy" замість BVH4, що дозволило скоротити глибину обходу дерева сцени та, разом з підтримкою OBV (Oriented Bounding Boxes), значно підвищити ефективність відсікання невидимої області [2].

В новій архітектурі було подвоєно кількість кешу L2, що призвело до збільшення його загального обсягу до 8 МБ і зростання пропускної здатності. Найбільш радикальним кроком стала відмова від виділеного кешу даних L1. Його функцію тепер виконує буфер читання/запису. Це рішення, у поєднанні з оптимізованим L2, дозволило знизити середню затримку при доступі до пам'яті, компенсуючи використання вужчої 256-бітної шини GDDR6 у найкращих моделях [2]. Підсистема пам'яті також зазнала трансформацій. RDNA 4 зберігає фірмовий "Infinity Cache", але суттєво змінює ієрархію кешів нижчого рівня [3].

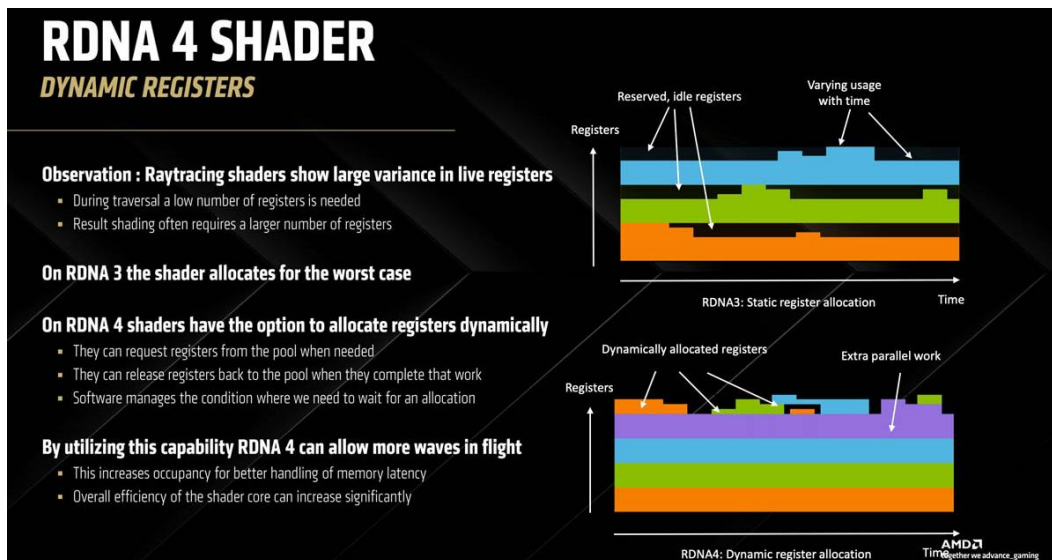


Рисунок 2 – Розподіл регістрів у шейдерах архітектури RDNA 3 та RDNA 4 [2]

Не залишився без уваги й мультимедійний блок, який тепер підтримує кодування та декодування повного спектра сучасних форматів (H.264, HEVC, AV1) із підвищеною якістю зображення та можливістю обробки необмеженої кількості потоків, що робить відеокарти серії “RX 9000” привабливими для стримерів та творців контенту [6].

ОБМЕЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ. Попри значний приріст продуктивності, RDNA 4 має чітко окреслені архітектурні межі. Головним обмежуючим фактором є фізичний розмір кристала та кількість транзисторів. Флагманський чіп “Navi 48” має площу близько 356 мм² і містить 64 обчислювальні блоки [4]. Ще одним слабким місцем архітектури залишається робота з обчисленнями подвійної точності (FP64), що робить RDNA 4 неефективною для серйозних наукових обчислень та завдань, що потребують високої обчислювальної потужності [5].

Також, варто відзначити енергоефективність трасування променів. Хоча блоки трасування променів були подвоєні, вони все ще ділять енергетичний бюджет з основними ALU в межах одного обчислювального блоку. На відміну від NVIDIA, яка використовує окремі спеціалізовані ядра, підхід AMD означає, що при важких навантаженнях з трасуванням променів відеокарта може швидше досягати ліміту енергоспоживання, що знижує потенційну ефективність у порівнянні з конкурентами в специфічних сценаріях, наприклад, для рендерингу зображень тривимірних сцен. Підхід AMD є більш ефективним з точки зору площі кристала, але у сценах з надзвичайно високим навантаженням на геометрію променів така інтеграція може призводити до конкуренції за ресурси.

Відсутність інтерфейсу NVLink або його аналога також обмежує використання цих карт у професійних конфігураціях з кількома графічними процесорами для навчання нейромереж, змушуючи користувачів покладатися виключно на пропускну здатність PCIe [5]. Враховуючи вищесказане, варто спрямувати подальші дослідження, роблячи акцент на послідовній оптимізації ключових параметрів.

ВИСНОВКИ. З появою RDNA 4, AMD змістила фокус у своїх споживчих GPU: замість простого нарощування растрової швидкості, компанія зосередилася на прямій інтеграції передових можливостей – від трасування променів до прискорення продуктивності при роботі з штучним інтелектом. Компанії вдалося створити продукт, який усуває критичні відставання попередніх поколінь. Нові можливості, наприклад, підтримка форматів FP8 та структурованої розрідженості, а також перехід на ефективніші алгоритми обробки геометрії (BVH8), визначають RX 9000 оптимально збалансованою серією, утім, залишаються певні резерви для подальшого розвитку, які можуть бути покращені в майбутньому.

Список використаних джерел

1. Amd.com. “AMD RDNA™ 4 DESKTOP GRAPHICS ARCHITECTURE” [https://www.amd.com/content/dam/amd/en/documents/partner-hub/radeon/amd-rdna-4-quick-reference-guide.pdf].
2. Chips and Cheese. “AMD's RDNA4 Architecture (Video)” [https://chipsandcheese.com/p/amds-rdna4-architecture-video].
3. Amd.com. “A FOUNDATION FOR HIGH PERFORMING GRAPHICS”

[<https://www.amd.com/content/dam/amd/en/documents/products/graphics/workstation/rdna2-explained-radeon-pro-W6000.pdf>]

4. Wikipedia.com. “RDNA 4” [https://en.wikipedia.org/wiki/RDNA_4].
5. ServeTheHome. “AMD RDNA 4 GPU Architecture at Hot Chips 2025” [<https://www.servethehome.com/amd-rdna-4-gpu-architecture-at-hot-chips-2025>].
6. Puget Systems. “AMD Radeon RX 9070 XT Content Creation Review” [<https://www.pugetsystems.com/labs/articles/amd-radeon-rx-9070-xt-content-creation-review>].

МАТВЄЄВ М.С.,
СЕРДЮК Н.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЕТЕНЦІЙ НА ОСНОВІ NLP-ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація: У роботі розглянуто концепцію створення інтелектуального модуля для автоматизованої аналітики навичок та оцінки якості профілю користувача. Метою є розроблення підходу, який поєднує методи витягу ключових компетенцій, класифікацію навичок і кількісну оцінку повноти резюме. У роботі узагальнено сучасні підходи до Skill Extraction і Profile Scoring на основі технологій NLP, машинного навчання та статистичного аналізу. Система формує індекс якості профілю, що відображає збалансованість опису досвіду, наявність hard і soft skills, а також відповідність типу вакансії.

Ключові слова: навички, аналітика профілю, NLP, оцінка компетенцій, штучний інтелект, LLM, hard/soft skills.

У сучасному світі, де цифровізація охоплює майже всі аспекти діяльності людини, зростає потреба в аналітичних інструментах, здатних не лише зберігати інформацію про кандидата, а й оцінювати її якість, повноту та узгодженість із вимогами ринку праці. Традиційні методи оцінювання резюме базуються переважно на формальних критеріях і не враховують контекстну взаємодію між навичками, досвідом і сферою діяльності. Саме тому актуальним є застосування інтелектуальних систем, здатних здійснювати напівавтоматичний аналіз hard і soft skills, розрахунок показників заповненості профілю та формування рекомендацій щодо його вдосконалення [1].

Проведений аналіз сучасних досліджень у сфері автоматизованого аналізу професійних даних показує, що більшість наявних систем орієнтовані на поверхневий пошук збігів між навичками кандидата та вимогами вакансії. Водночас залишаються недостатньо розробленими питання інтеграції інтелектуальних методів оцінювання повноти профілю, семантичного зіставлення компетенцій і побудови аналітичних показників якості описів. Це свідчить про наукову та практичну актуальність розроблення нових рішень, які б поєднували можливості лінгвістичного аналізу, машинного навчання й статистичного моделювання для комплексної оцінки професійних даних.

Новітні підходи до автоматизованої аналітики навичок базуються на використанні технологій обробки природної мови (NLP), глибокого навчання (Deep Learning) та класифікаційних моделей. За результатами новітніх досліджень, поєднання машинного навчання з правилами обробки тексту дозволяє суттєво підвищити точність виявлення навичок у резюме та вакансіях, особливо при наявності скорочень і контекстно залежних термінів [2]. Для soft skills пропонується використання контекстуальних ембедингів, які дозволяють моделі ідентифікувати поведінкові характеристики навіть при їх непрямому згадуванні.

Запропонована система аналітики навичок складається з таких модулів: (1) блок попередньої обробки тексту, що усуває дублікати, помилки та зайві символи; (2) модуль класифікації навичок, який поділяє їх на hard та soft; (3) аналітичний блок, який обчислює частоту та вагу навичок у загальній структурі профілю; (4) модуль розрахунку індексу якості профілю, що враховує кількість заповнених полів, довжину описів і семантичну насиченість тексту.

Останні публікації у сфері інтелектуального аналізу професійних даних підтверджують ефективність використання великих мовних моделей для витягу навичок та вдосконалення профілів користувачів. У ряді досліджень доведено, що поєднання NLP-технологій із алгоритмами класифікації дозволяє не лише автоматично ідентифікувати ключові компетенції, а й оцінювати рівень релевантності кандидатів і якість структурування інформації [2]. [3]. Значна увага приділяється також етичним аспектам застосування LLM-технологій, зокрема уникненню алгоритмічних упереджень щодо статі, віку або культурного походження [4]. Крім того, дослідження

підтверджують перспективність комбінованих архітектур, у яких rule-based аналіз доповнюється семантичними методами розпізнавання, що формує основу для створення гнучких і пояснюваних інтелектуальних систем [5].

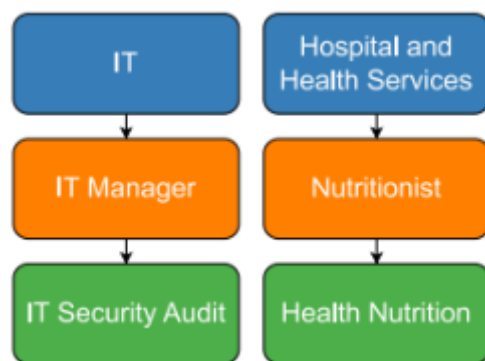


Рис. 1. Структурна схема системи аналітики навичок і оцінки профілю користувача

Метою подальшої розробки системи є створення узагальненої архітектури для автоматизованої оцінки профілю, яка дозволить об'єднати різні типи навичок, досвід і результати навчання в єдину модель компетентностей. Наукова новизна підходу полягає у поєднанні rule-based аналізу з генеративними алгоритмами, що забезпечують не лише структурування інформації, а й її контекстуальну інтерпретацію. Практичне значення полягає у можливості використання такого інструменту для формування персоналізованих освітніх маршрутів і підвищення ефективності систем рекрутингу.

Візуалізація результатів у вигляді діаграм, створених засобами pandas та matplotlib, дозволяє швидко визначити баланс між категоріями навичок, виявити прогалини та побудувати рекомендації для вдосконалення профілю. Згідно з проведеними дослідженнями, індекс якості профілю може стати універсальним показником, що об'єктивно характеризує готовність кандидата до певного типу професійної діяльності.

Отже, отримані результати свідчать, що автоматизована аналітика навичок має потенціал стати ключовим компонентом сучасних систем управління людськими ресурсами та освітніх платформ. Поєднання алгоритмічних методів, статистичного аналізу й мовних моделей створює основу для побудови гнучких інтелектуальних інструментів, які здатні не лише ідентифікувати компетенції користувача, а й оцінювати їх якість та релевантність у професійному контексті. Застосування таких підходів дозволяє підвищити об'єктивність прийняття рішень під час відбору кадрів, зменшити ризик людського чинника та підсилити взаємозв'язок між освітою й ринком праці. Проведене моделювання показало, що використання комбінованої моделі дозволяє підвищити точність розпізнавання навичок до 88–90 %, а також зменшити кількість помилкових класифікацій порівняно з традиційними алгоритмами NLP. Це підтверджує доцільність впровадження системи у реальні процеси відбору персоналу та освітньої аналітики.

У перспективі подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення функціоналу модуля аналітики навичок через інтеграцію з генеративними моделями, створення динамічних профілів компетенцій та прогнозування кар'єрних траєкторій. Важливим напрямом розвитку є також застосування індексу якості профілю для формування індивідуальних рекомендацій у системах безперервного навчання та професійного розвитку. Таким чином, впровадження інтелектуальних систем аналізу навичок стає не лише технологічною інновацією, а й стратегічним чинником підвищення конкурентоспроможності людини в умовах цифрової економіки знань.

Список використаних джерел

1. Vásquez-Rodríguez L., et al. *Hardware-effective Approaches for Skill Extraction in Job Offers and Resumes* [Electronic resource] // CEUR Workshop Proceedings. – 2024. – Access mode: https://ceur-ws.org/Vol-3788/RecSysHR2024-paper_9.pdf
2. Ul Haq M. U., et al. *Improving Soft Skill Extraction via Data Augmentation and Machine Learning* [Electronic resource] // SAC '24. – 2024. – Access mode: <https://www.research.unipd.it/retrieve/e376aad4-758a-4672-b14e-1d3d3845269f/3605098.3636010.pdf>
3. Colledani D., Robusto E., Anselmi P. *Assessing key soft skills in organizational contexts: development and validation of the Multiple Soft Skills Assessment Tool (MSSAT)* // Frontiers in Psychology. – 2024.
4. Butt S., et al. *Skill Classification for Bridging Education and Employment* [Electronic resource] // arXiv preprint. – 2025. – arXiv:2503.03932. – Access mode: <https://arxiv.org/pdf/2503.03932>
5. Villegas C. *A Systematic Review of Research on Soft Skills for Employability* // Advanced Education. – 2024.

ЕЛЕКТРОННІ РЕСУРСИ В СУЧАСНОМУ СВІТІ: З ДОСВІДУ РОБОТИ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСНОЇ БІБЛІОТЕКИ ДЛЯ ДІТЕЙ ІМЕНІ Т. Г. ШЕВЧЕНКА

Ключові слова: Хмельницька обласна бібліотека для дітей імені Т. Г. Шевченка, електронний каталог, база даних “Календар знаменних дат”, електронний ресурс “За знаннями – в електронний світ”, веб-проект “Сторінка юного краєзнавця”, віртуальна бібліографічна довідка, кращі інтернет-ресурси, електронний ресурс “Літературна карта Хмельниччини”, блоги.

Актуальність теми зумовлена потребою якісної обробки інформації та забезпечення нею користувачів у зручному форматі за допомогою електронних ресурсів.

Мета статті: акцентувати увагу на актуальності електронних ресурсів у Хмельницькій обласній бібліотеці для дітей імені Т. Г. Шевченка. Представити огляд, характеристики та актуальність їх формування для якісного і повного забезпечення запитів користувачів. Розкрити принципи ведення, важливість накопичення і збереження інформації в електронній формі.

Вміння знаходити інформацію у друкованих виданнях та соціальних мережах – важливий чинник виживання в інформаційному суспільстві. Тому великого значення набуває застосування комп’ютерних технологій для розвитку дитини як читача, забезпечення оперативного доступу до інформації та виховання у підростаючого покоління інформаційної культури.

У Хмельницькій обласній бібліотеці для дітей імені Т. Г. Шевченка робота по створенню електронного каталога на основі АБІС “ІРБІС-64” розпочалася у 2003 р. На початковому етапі було створено лише одну базу даних “Обласна бібліотека для дітей імені Т. Г. Шевченка”. З часом із цієї бази даних було виділено нові БД: “Книги, статті з періодичних видань”, “Ріднокрай: історія та сьогодення” (матеріали краєзнавчого змісту), “Бібліотеки: теорія, практика, досвід”, “Сценарії”, “Аудіовізуальні матеріали”, “Календар знаменних дат”, який дає можливість пошуку джерел не лише із фондів нашої бібліотеки, а й підтягує інформацію із мережі Інтернет.

Сьогодні електронний каталог налічує понад 140 000 записів. Дана програма передбачає технологію автоматичного формування словників, на основі яких здійснюється швидкий пошук за будь-якими елементами опису. Пріоритетним є пошук за ключовими словами, адже їх словник формується комп’ютером із всіх слів, які входять у бібліографічний опис. Але із збільшенням кількості інформації пошук за ключовими словами буде все ускладнюватись. Тому майбутнє все-таки за структурованим пошуком – предметними, географічними рубриками, персоналіями. Електронний каталог доступний на сайті бібліотеки, забезпечує користувачам вільний доступ до інформації, створює комфортні умови для користувачів, надаючи їм можливість самостійно знаходити потрібну інформацію.

Створюючи бази даних, співробітники створюють, наповнюють, редагують, реєструють впорядковують інформацію за певними ознаками відповідно до стандартів ДСТУ 3582:2013, ДСТУ 7.1:2006 та інформаційно-пошукового Тезауруса який дає змогу здійснювати змістовну обробку документів, створювати уніфіковані пошукові образи документа, формувати предметні рубрики та визначати ключові слова.

Формуванню предметних рубрик каталогізатори надають особливого значення. Вірно, доступно, грамотно сформульована предметна рубрика – шлях до успішного пошуку необхідної інформації. Тому сьогодні для бібліотеки важливим напрямом якісної каталогізації є створення універсального списку предметних рубрик.

Бази даних електронного каталога дають змогу якісно здійснювати пошук, обробку, зберігання та поширення інформації, пов’язане з впровадженням і широким застосуванням інформаційно-технічних засобів. В міру накопичення бібліотечно-інформаційних ресурсів виникає потреба систематизації та структурування їх за різними ознаками та подання у більш зручному для користувача вигляді з метою скорочення витрати часу і сил на пошук потрібної інформації.

Електронні технології сприяють реалізації комплексного підходу до вирішення інформаційних завдань, щоб користувачі бібліотеки мали змогу отримати повний комплект різноманітних інформаційних матеріалів, включаючи мережеві й інтернет-ресурси.

Отже, можна констатувати: двадцятидворічна історія формування електронного каталога Хмельницької обласної бібліотеки для дітей імені Т. Г. Шевченка засвідчує ґрунтовне колективне опрацювання інформації бібліотечними фахівцями, акумуляції інформації в електронній формі, формування баз даних, – усе це сприяє якісному виконанню запитів користувачів.

База даних “Календар знаменних дат” – складова частина системи баз даних електронного каталога

Хмельницької обласної бібліотеки для дітей імені Т. Г. Шевченка. Ця база даних має свою методику створення, пошукові можливості, робочі листи та інше. База даних є цінною для вивчення минулого нашого краю, розповсюдження краєзнавчої інформації на якісно новому рівні. Вона містить життєписи, цікаві біографічні дані, факти із життя багатьох видатних людей краю, які народилися, розпочали свій шлях та зробили у свій час величезний внесок в науку, культуру, літературу, мистецтво тут, на рідній подільській землі. Також база даних КЗД містить відомості про історичні пам'ятки та події, цікаві об'єкти краю. Такі відомості не лише не втрачають свого значення із плином часу, а й набувають нової цінності у контексті вивчення історичного процесу як послідовності і взаємозв'язку подій.

Наразі фактографічна база даних “Календар знаменних дат” містить понад 1000 записів на персоналії, події та об'єкти. Поряд із формуванням і наповненням самої бази КЗД було прийнято рішення про просування її в мережі Інтернет. З цією метою була виконана інтеграція бази КЗД, що наповнюється у АБІС, яка використовується в бібліотеці, із системою керування сайтом. Це дало можливість додати на головній сторінці сайту Хмельницької обласної бібліотеки для дітей імені Т. Г. Шевченка інформаційний блок “Календар знаменних дат”, до якого в автоматичному режимі виводяться події за поточну дату. Інформація на сторінці сайту оновлюється автоматично: система відбирає усі події поточної дати у момент показу сторінки сайту. Завдяки цьому нові дані відображаються одразу, як тільки ми внесли їх до бази даних.

База даних “KZD – Календар знаменних дат” є типовою спеціалізованою (не бібліографічною) базою у складі нашої АБІС. Ця база дає можливість створювати описи таких даних: виставки, персони (особи), конференції, події, об'єкти.

Для опису частини документів розроблені деталізовані Робочі листи (РЛ), інші описуються мінімальним набором полів – Назва, Анотація (у якій можуть бути виділені ключові слова = КС та словосполучення) та полем “Дати для КЗД”. Це поле є обов'язковим для всіх записів, воно містить первинну дату події та кількість років (інтервал), через які відзначається її ювілей.

Усі записи у базі КЗД мають обов'язкові і допоміжні загальні поля, які описують саму персону/особу/об'єкт/подію.

Основні поля опису персоналії:

- Персона/особа – головне і основне поле для опису. Саме в цьому полі вказується прізвище, ім'я, по батькові особи, невід'ємна частина імені (письменник, художник, вчений тощо), дати життя, інтервал років до ювілею. В одному описі може бути декілька полів. Наприклад, для опису дати народження та смерті людини.

- Анотація – детальна інформація про особу у формі довільного тексту.

- Тематика – код тематики галузі, в якій працювала або працює дана особа, заповнюється за допомогою довідника. Може бути відредагованим під особливості роботи конкретної бібліотеки. Дуже зручний інструмент для поділу великої бази подій по галузевих критеріях.

- Ключові слова – довільні слова або словосполучення, які відсутні в описі особи, але які тісно пов'язані з особою та її пошуком.

- Бібліографія – перелік пов'язаних із даною подією джерел. Є можливість як ввести бібліографічний опис самостійно (у разі, якщо у фонді бібліотеки цього документа фізично немає), так і пов'язати подію із документом у будь-якій бібліографічній базі у власній системі автоматизації. У разі встановлення зв'язку між описом персони/події і документом у бібліографічній базі, при демонстрації опису з'являється можливість виконати перехід від особи до запису книги чи статті.

- Пов'язані документи – перелік будь-яких документів у будь-якій базі даних, пов'язаних із даною особою. Це може бути як книга-ювіляр у фонді бібліотеки, так і інша подія у базі Календаря знаменних дат.

- Зовнішній об'єкт – посилання на зовнішню URL-адресу, чи на файл на власному сервері. Дає можливість пов'язати із особою графічний матеріал, відео, повний текст чи будь-що інше, що може зацікавити читача.

- Внутрішній цифровий об'єкт – зазвичай використовується для додавання до запису невеличких за розміром графічних об'єктів. Наприклад, фото людини.

Окрім інформаційного блоку на сторінках сайту, у інтерфейс веб-модуля були додані пошуки за базою КЗД. На даний момент модуль надає наступні пошукові можливості для читачів:

1. Стандартний пошук – найбільш простий і розповсюджений пошук за одним обраним параметром, або за конкретною датою.

У цьому пошуку можна обрати конкретний словник із переліку та ввести у рядок пошуку термін. Для пошуку надаються такі словники: Ключові слова, Персоналія, Історичний об'єкт, Назва події, Дата події (місяць, день), Тематика.

2. Розширений пошук – надає можливості комбінування різних полів та словників та виконання складного пошуку. Потребує подальшого доопрацювання та вдосконалення.

3. За словником – дуже цікавий і зручний вид пошуку, який дає можливість обрати конкретний словник та переглянути усі його терміни, а при натисканні по конкретному терміні – отримати по ньому результати.

Треба зазначити, що дуже важливим є не тільки пошук подій у базі, але й максимально комфортний та інформативний їх перегляд. Тому у веб-модулі є можливість побачити на картці наступні дані:

1. Загальні відомості про особу/подію з фотографією.
2. Посилання на зовнішні ресурси чи об'єкти на власному сервері.
3. Бібліографію.
4. Перелік інших пов'язаних з персоною/об'єктом/колективом дат.

На наступному етапі розвитку нашого ресурсу ми плануємо його представлення в дещо іншому форматі та в інформаційно “збагаченому” вигляді. Під іншим форматом подання ми хочемо бачити ресурс, представлений у вигляді карти регіону, на якій, при натисканні на позначення населеного пункту, користувач міг отримати список джерел, які є по даному населеному пункту у фонді нашої бібліотеки, в базі даних КЗД, у зовнішніх джерелах. Для читача – буде створений короткий аудіофайл про цей населений пункт, спираючись на практику створення відеороликів, які є у бібліотеці.

На сайті бібліотеки представлений інформаційний електронний покажчик “За знаннями – в електронний світ”. Впродовж кількох років цей ресурс активно формується та удосконалюється, акумулюючи у розділі “Сходинки до знань” найкращі матеріали з окремих предметів шкільної програми. Завдяки цьому читачі мають змогу оперативно отримувати доступ до якісної додаткової інформації з різних навчальних тем, що сприяє як поглибленню шкільних знань, так і розширенню їх інтелектуальних горизонтів.

Структура покажчика включає також інші змістовні та пізнавальні розділи. Зокрема, “Золоті джерела рідного краю” репрезентує матеріали з історії, літератури та природної спадщини Поділля, формуючи цілісне уявлення про культурно-історичну самобутність регіону. Розділ “Це – цікаво” містить відомості про науково-популярні видання, а також добірку фактів про незвичайні явища у світі, науці й техніці, що сприяє розвитку пізнавального інтересу та критичного мислення. Електронний покажчик “За знаннями – в електронний світ” є універсальним інформаційним інструментом, корисним не лише для дітей – основної цільової аудиторії ресурсу – але й для вчителів, батьків та всіх, хто зацікавлений у якісних освітніх матеріалах і достовірних інформаційних джерелах.

Цікавим та змістовним проєктом на вебсайті бібліотеки є спеціальна “Сторінка юного краєзнавця”, матеріали якої систематично оновлюються й охоплюють широкий спектр відомостей про історію, природу, культуру та літературу рідного краю. До її структури ввійшли міні-довідник юного краєзнавця, флеш-довідка, краєзнавчі видання, віртуальні виставки, буктрейлери та інтерактивні ресурси. Важливим розділом є “Міні-довідник юного краєзнавця”, що містить стислу, але інформативну довідкову інформацію. До кожного тематичного блоку укладено список додаткової літератури, що сприяє поглибленню знань користувачів. Окремо виокремлено розділ “Письменники Хмельниччини”, в якому подано короткі біографічні довідки про митців краю та списки їхніх творів.

Прагнучи запропонувати дітям найкращі зразки друкованої продукції та пробудити у юних читачів інтерес до книги, бібліотека традиційно приділяє значну увагу створенню рекомендаційної бібліографії. Щороку готуються та видаються бібліографічні посібники малих форм актуальної тематики: біобібліографічні довідники, ювілейні матеріали, буклети, пам'ятки, інформаційні листівки, рекомендаційні списки тощо. Усі ці матеріали доповнюються електронними версіями, що розширює доступ до них і робить їх зручними для використання вдома чи в навчальному закладі через рубрику сайту “Наші видання”.

Електронні ресурси привертають увагу користувачів різних вікових груп завдяки зручності, відкритості та мобільності. З метою підвищення ефективності бібліотечно-бібліографічних занять, які допомагають дітям у виборі літератури та розвитку навичок роботи з книгою, бібліотека продовжує реалізацію корпоративного вебпроєкту “Формування інформаційної культури користувачів-дітей”. До участі в проєкті долучено бібліотеки для дітей. В межах цього ресурсу створено й оприлюднено на сайті бібліотеки веб-уроки. У 2020 р. проєкт було суттєво розширено: додано презентації, ігрові завдання, квести, інтерактивні ігри, методичні розробки занять. Усі вони спрямовані на підтримку відкритого діалогу щодо культури читання, формування навичок безпечної поведінки в Інтернеті та розвиток інформаційно-цифрової компетентності дітей і фахівців, які організовують дитяче читання.

Для оперативного забезпечення дітей доступом до творів подільських авторів у мережі Інтернет на вебсайті бібліотеки започатковано створення Електронної бібліотеки “Подільські письменники – дітям”. У ній

представлено твори місцевих авторів у цифровому форматі, зокрема тих, чиї книги рекомендовані до вивчення за шкільною програмою.

З 2012 р. бібліотека є членом Об'єднаної довідкової служби бібліотек України “Віртуальна бібліографічна довідка”, якою можуть користуватися читачі бібліотек всієї країни. Фахівці установи оперативно відповідають на запитання, використовуючи ресурси Інтернету та електронні каталоги українських бібліотек. Тематика звернень надзвичайно широка – від виховання дошкільників і методики викладання окремих навчальних предметів до питань економіки, фінансів, історії та філософії. Участь у сервісі сприяє збільшенню кількості віддалених користувачів та дає змогу якісно задовольняти їхні інформаційні потреби.

Бібліотека систематично долучається до корпоративного проекту “Кращі Інтернет-ресурси від Української асоціації працівників бібліотек для дітей”, який забезпечує дітей доступними й безпечними вебджерелами. Щоквартально бібліотекарі здійснюють пошук нових ресурсів, перевіряють та оновлюють наявні посилання відповідно до закріплених тематичних напрямів.

За ініціативи обласної бібліотеки для дітей створено корпоративний проект “Літературна карта Хмельниччини”, в реалізації якого взяли участь дитячі бібліотеки всієї області. Проект знайомить користувачів із життям і творчістю письменників, які в різні роки жили й працювали на Поділлі: як членів НСПУ, так і молодих літераторів. До матеріалів включено відомості про авторів за регіонами, де вони народилися чи творили, фотографії та анотовані списки літератури.

З метою покращення комунікації з потенційними читачами та створення інтерактивного середовища бібліотека створила блоги “Бібліогід”, “ART-територія”, “Family простір”. Ці онлайн-ресурси стали важливими інструментами діалогу між бібліотекою та користувачами, постійним джерелом актуальної інформації, добірок книг для дітей, батьків і педагогів. Завдяки блогам посилюється популяризація дитячої книги й читання, а також підвищується ефективність та якість бібліотечного обслуговування.

Діяльність бібліотеки в цифровому середовищі засвідчує її активну позицію щодо забезпечення доступу дітей та педагогів до якісних інформаційних ресурсів. Створення електронних бібліотек, участь у національних довідкових сервісах, реалізація корпоративних проектів та ведення тематичних блогів формують сучасний, багатофункціональний простір дитячого читання. Це не лише розширює можливості користувачів у пошуку необхідної інформації, а й сприяє популяризації творів подільських письменників, підтримці дитячої літератури та зміцненню комунікації між бібліотекою та її аудиторією. Сукупність реалізованих ініціатив підтверджує, що бібліотека ефективно адаптується до викликів цифрової доби та відіграє важливу роль у формуванні інформаційної культури молодого покоління.

Список використаних джерел

1. База даних “KZD – Календар знаменних дат” [Електронний ресурс] // Сайт Хмельницької обласної бібліотеки для дітей ім. Т. Г. Шевченка. – Режим доступу: http://77.120.26.15/cgi-bin/irbis64r_12/cgiirbis_64.exe?LNG=uk&C21COM=F&I21DBN=KZD&P21DBN=KZD&S21FMT=&S21ALL=&Z21ID=&S21CNR= . – Назва з екрана. – (Дата звернення 17.11.2025).
2. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання : (ГОСТ 7.1-2003, IDT) : ДСТУ 7.1:2006. – Київ : Держспоживстандарт України, 2007. – 59 с. – (Нац. стандарт України) (Система стандартів з інформації, бібл. та видавничої справи).
3. Веб-проект “Формування інформаційної культури користувачів-дітей” [Електронний ресурс] // Сайт Хмельницької обласної бібліотеки для дітей ім. Т. Г. Шевченка. – Режим доступу: http://odb.km.ua/index.php?dep=1&dep_up=0&dep_cur=949. – Назва з екрана. – (Дата звернення 17.11.2025).
4. Вилегжаніна Т. І. Інформаційно-пошуковий тезаурус / Т.І. Вилегжаніна, О. М. Збанацька. – Донецьк : Альфа-Прес, 2004. – 1104 с.
5. Віртуальна бібліографічна довідка [Електронний ресурс] // Сайт Хмельницької обласної бібліотеки для дітей ім. Т. Г. Шевченка. – Режим доступу: <https://chl.kiev.ua/cgi-bin/sp/index.php>. – Назва з екрана. – (Дата звернення 17.11.2025).
6. Електронна бібліотека “Подільські письменники – дітям” [Електронний ресурс] // Сайт Хмельницької обласної бібліотеки для дітей ім. Т. Г. Шевченка. – Режим доступу: http://odb.km.ua/index.php?dep=1&dep_up=926&dep_cur=976. – Назва з екрана. – (Дата звернення 17.11.2025).
7. Електронний каталог [Електронний ресурс] // Сайт Хмельницької обласної бібліотеки для дітей ім. Т. Г. Шевченка. – Режим доступу: http://77.120.26.15/cgi-bin/irbis64r_12/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=ODB&P21DBN=ODB&LNG=uk – Назва з екрана. – (Дата звернення 17.11.2025).
8. Інформаційний електронний покажчик “За знаннями – в електронний світ” [Електронний ресурс] // Сайт

- Хмельницької обласної бібліотеки для дітей ім. Т. Г. Шевченка. – Режим доступу: http://odb.km.ua/index.php?dep=1&dep_up=72&dep_cur=567. – Назва з екрана. – (Дата звернення 17.11.2025).
9. Інформація та документація. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила (ISO 4:1984, NEQ; ISO 832:1994, NEQ) : ДСТУ 3582-2013. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. – 15 с. – (Нац. стандарт України).
10. Корпоративний проект “Літературна карта Хмельниччини” [Електронний ресурс] // Сайт Хмельницької обласної бібліотеки для дітей ім. Т. Г. Шевченка. – Режим доступу: https://www.odb.km.ua/index.php?dep=1&dep_up=1526&dep_cur=1546#gsc.tab=0. – Назва з екрана. – (Дата звернення 17.11.2025).
11. Кращі Інтернет-ресурси від Української асоціації працівників бібліотек для дітей [Електронний ресурс] // Сайт Хмельницької обласної бібліотеки для дітей ім. Т. Г. Шевченка. – Режим доступу: https://www.odb.km.ua/index.php?dep=1&dep_up=72&dep_cur=491#gsc.tab=0. – Назва з екрана. – (Дата звернення 17.11.2025).
12. Марчук Л. Формат має значення: веб-календар краєзнавчої інформації як перший етап розвитку регіонального краєзнавчого інформаційного ресурсу / Л. Марчук, Г. Панарін, Л. Рудзський // Бібліотека. Люди. Війна. Втрати і звершення : зб. тез і повідомлень Всеукр. наук.-практ. конференції, 8 лист. 2023 р. / М-во культури та інформ. політики України ; Нац. іст. б-ка України ; Ін-т історії України НАН України ; Центр дослідження історико-культурної спадщини України ; Нац. спілка краєзнавців України ; Київ. нац. ун-т культури і мистецтв, кафедра інформ. технологій. – Київ, 2023. – С. 193-198.
13. Марчук Л. Вебкалендар знаменних дат як новий формат краєзнавчої інформації / Л. Марчук, Г. Панарін, Л. Рудзський // Бібліотечний форум: історія, теорія і практика. – 2023. – № 3. – С. 20-21.
14. Наші видання [Електронний ресурс] // Сайт Хмельницької обласної бібліотеки для дітей ім. Т. Г. Шевченка. – Режим доступу: http://odb.km.ua/index.php?dep=1&dep_up=72&dep_cur=430. – Назва з екрана. – (Дата звернення 17.11.2025).
15. Сторінка юного краєзнавця [Електронний ресурс] // Сайт Хмельницької обласної бібліотеки для дітей ім. Т. Г. Шевченка. – Режим доступу: http://odb.km.ua/index.php?dep=1&dep_up=82&dep_cur=324. – Назва з екрана. – (Дата звернення 17.11.2025).

МЕЛЬНИК О.В.,
ВОЗНА Л.Б.
ЛНУ ім. Франка

ЦИФРОВИЙ МАРКЕТИНГ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ

Анотація. У статті досліджено особливості цифрового маркетингу в умовах глобалізації. Визначено ключові тенденції розвитку цифрових технологій та їх вплив на міжнародну конкурентоспроможність підприємств. Окреслено інструменти цифрового маркетингу, проаналізовано їхні можливості та обмеження під час виходу компаній на глобальні ринки. Розглянуто виклики, пов'язані з культурною різноманітністю, персоналізацією комунікацій та технологічними змінами.

Ключові слова: цифровий маркетинг, глобалізація, цифрові медіа, міжнародний маркетинг, інтернет-комунікація.

DIGITAL MARKETING IN THE CONDITIONS OF GLOBALIZATION

Abstract. The article examines the features of digital marketing in the context of globalization. Key trends in the development of digital technologies and their impact on the international competitiveness of enterprises are identified. Digital marketing tools are outlined, and their capabilities and limitations when companies enter global markets are analyzed. Challenges related to cultural diversity, personalization of communications, and technological changes are considered.

Keywords: digital marketing, globalization, digital media, international marketing, internet communication.

Постановка проблеми. В умовах глобалізації взаємозалежність держав і зростання ролі міжнародних компаній посилюються. Завдяки розвитку цифрових технологій іноземним компаніям простіше виходити на нові ринки, що зумовлює підвищення конкуренції [1]. Традиційні маркетингові стратегії втрачають ефективність, натомість цифровий маркетинг стає ключовим інструментом формування конкурентних переваг, масштабування бізнесу та позиціонування бренду у глобальному інформаційному середовищі.

У цифрову епоху підприємства мають володіти сучасними маркетинговими технологіями, адже саме

вони забезпечують можливість оперативної комунікації з аудиторією, аналітичного супроводу рішень та адаптації маркетингових стратегій до швидкоплинних умов ринку [1, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій Проблематика цифрового маркетингу привертає увагу багатьох дослідників у галузях маркетингу, інформаційних технологій та електронної комерції. Значний внесок у формування сучасних підходів зробили Ф. Котлер, Д. Мейерсон, Ш. Сінгх, А. Кханна, Дж. Тьюркел та інші, які розглядають цифровий маркетинг як комплекс інструментів управління комунікаціями, поведінкою споживачів і брендом в умовах цифрової трансформації [9].

Сучасні наукові праці зосереджуються на питаннях аналітики великих даних, персоналізації, інтегрованих комунікацій, глобальних цифрових платформ, міжнародних SEO-стратегій та впливу соціальних мереж на поведінку споживачів [5].

Виклад основного матеріалу. Цифровий маркетинг є глобальним явищем з кількох причин. По-перше, сучасні цифрові технології та Інтернет створюють унікальні можливості для компаній рекламувати свої товари та послуги не лише в межах однієї країни, а й на міжнародному рівні. Завдяки цьому підприємства отримують доступ до глобальної аудиторії, що значно розширює потенційний ринок збуту та відкриває нові можливості для зростання.

По-друге, поведінка споживачів в Інтернеті має певну універсальність. Незалежно від географічного розташування, користувачі використовують одні й ті ж цифрові платформи та соціальні мережі, такі як Facebook, Instagram, YouTube, LinkedIn та інші. Це дозволяє компаніям стандартизувати маркетингові повідомлення та здійснювати ефективні рекламні кампанії для глобальної аудиторії, зберігаючи при цьому послідовність бренду.

По-третє, поширення міжнародних компаній та глобалізація економіки зумовлюють необхідність використання цифрового маркетингу як ключового інструменту для забезпечення конкурентної переваги на міжнародних ринках. Багатонаціональні корпорації інтегрують цифрові стратегії у свою діяльність, щоб ефективно комунікувати з клієнтами у різних країнах та регіонах, адаптуючи контент до локальних особливостей і культурних відмінностей.

По-четверте, глобальна конкуренція стимулює підприємства максимально використовувати всі можливості цифрового маркетингу. Це включає персоналізацію комунікацій, активне використання аналітики даних, створення інтерактивного контенту та застосування сучасних технологій, таких як штучний інтелект і машинне навчання. Такий підхід дозволяє компаніям швидко реагувати на зміни ринку та ефективно взаємодіяти з різноманітною аудиторією.

По-п'яте, цифровий маркетинг надає унікальні можливості аналітики та адаптації стратегій. Підприємства можуть збирати детальні дані про поведінку користувачів на різних ринках, аналізувати їхні вподобання та потреби, а також оперативно коригувати маркетингові кампанії. Це забезпечує високий рівень точності маркетингових рішень і дозволяє компаніям оптимізувати витрати на просування, одночасно підвищуючи ефективність взаємодії з клієнтами на глобальному рівні [2, 3, 9].

Таким чином, глобальність цифрового маркетингу проявляється у технологічній універсальності, стандартизованій поведінці споживачів, поширенні міжнародних компаній, зростанні глобальної конкуренції та можливості адаптації маркетингових стратегій. Вірне використання цифрових технологій дозволяє компаніям досягати успіху на міжнародному ринку, підвищувати конкурентоспроможність та забезпечувати стійкий розвиток бізнесу у глобальному масштабі.

Цифровий маркетинг є ключовим інструментом сучасного бізнесу, особливо в умовах глобалізації. Завдяки цифровим технологіям компанії отримують можливість ефективно взаємодіяти з клієнтами у будь-якій точці світу, підвищувати впізнаваність бренду та масштабувати свій бізнес. У цифрову епоху підприємства мають володіти сучасними маркетинговими технологіями, що забезпечують оперативну комунікацію з аудиторією, аналітичний супровід рішень та адаптацію стратегій до швидкоплинних умов ринку.

Цифровий маркетинг — це стратегія просування товарів, послуг або брендів за допомогою цифрових каналів, таких як веб-сайти, соціальні мережі, SEO, електронна пошта, пошукова реклама, контент-маркетинг і відео-комунікація [6, 8, 9]. Його мета — залучення цільової аудиторії, підвищення впізнаваності бренду, збільшення продажів та формування лояльності клієнтів.

Цифровий маркетинг дає змогу:

- персоналізувати комунікацію,
- аналізувати поведінку споживачів,
- оперативно коригувати кампанії,
- швидко адаптуватися до ринкових змін.

Основні переваги цифрового маркетингу в умовах глобалізації зображені в таблиці 1. Переваги цифрового

маркетингу [7]:

Критерій (фактор)	Значення
Географічна доступність	Можливість працювати з клієнтами у будь-якій точці світу без фізичної присутності.
Ефективність	Залучення клієнтів за нижчої вартості порівняно з традиційною рекламою
Аналітика	Отримання детальних даних про поведінку користувачів і швидка оптимізація кампаній.
Швидкість	Оперативне реагування на ринкові зміни.

У світі, де Інтернет став важливим чинником для бізнесу та споживачів, цифровий маркетинг стає все більш необхідним для підприємств будь-якого розміру та форми власності, що бажають успішно конкурувати на ринку.

Цифрові медіа становлять ключову складову сучасного цифрового маркетингу, забезпечуючи широкий спектр можливостей для реалізації маркетингових цілей та підтримки глобальної присутності компаній. До основних типів цифрових медіа належать:

Соціальні медіа – платформи, такі як Facebook, Instagram, Twitter, LinkedIn та інші соціальні мережі, що дозволяють підприємствам ефективно залучати аудиторію, підвищувати впізнаваність бренду, формувати лояльність клієнтів та стимулювати продажі на локальному і міжнародному рівнях.

Відео-медіа – платформи на кшталт YouTube та Vimeo, що дають змогу компаніям публікувати рекламні ролики, відеогляди продукції та навчальні матеріали. Використання відео-контенту сприяє більш глибокій взаємодії з аудиторією та покращує сприйняття бренду у глобальному цифровому середовищі.

Мобільні додатки – інструменти, які дозволяють користувачам здійснювати покупки, бронювання та інші взаємодії безпосередньо зі смартфонів і планшетів. Компанії можуть розробляти власні мобільні додатки або використовувати вже існуючі платформи для просування своїх товарів та послуг на міжнародних ринках.

Електронна пошта – канал комунікації, який використовується для залучення потенційних та існуючих клієнтів, розсилки новин, промо-акцій та персоналізованих повідомлень, що сприяє підвищенню ефективності маркетингових кампаній і підтримці довгострокових відносин із споживачами.

Пошукова оптимізація (SEO) – комплекс методів, спрямованих на підвищення видимості веб-сайтів у результатах пошукових систем, що дозволяє залучати цільову аудиторію та збільшувати обсяги продажів як на локальному, так і на глобальному рівні [2, 6, 8].

Застосування цифрових медіа в умовах глобалізації дозволяє підприємствам ефективно комунікувати з різними сегментами споживачів у світі, адаптуючи контент до культурних та мовних особливостей окремих ринків, що є критично важливим для формування конкурентних переваг у міжнародному бізнес-середовищі.

Основні принципи цифрового маркетингу передбачають комплексний підхід до взаємодії з цільовою аудиторією, орієнтуючись на її потреби та інтереси. Ефективна цифрова стратегія передбачає інтеграцію різноманітних каналів комунікації, включаючи соціальні мережі, веб-сайти, електронну пошту та інші цифрові платформи, що дозволяє забезпечити цілісність маркетингових заходів та підвищити їх результативність. Важливим аспектом є активна підтримка клієнтів та формування взаємовигідних відносин, що сприяє підвищенню рівня лояльності та задоволеності споживачів. Цифровий маркетинг ґрунтується на систематичному зборі та аналізі даних про поведінку аудиторії, що дає можливість оптимізувати маркетингові стратегії та ухвалювати обґрунтовані управлінські рішення. Крім того, значну роль відіграє створення високоякісного та релевантного контенту, здатного привернути увагу цільової аудиторії та стимулювати її взаємодію з брендом. Не менш важливою є безперервна адаптація та розвиток маркетингових підходів, а також впровадження нових технологій, які дозволяють компаніям зберігати конкурентоспроможність у динамічних умовах глобалізованого цифрового середовища [4].

Сучасні тенденції розвитку цифрового маркетингу характеризуються значним зростанням ролі мобільного маркетингу, що обумовлено поширенням смартфонів та мобільних додатків серед користувачів по всьому світу. Активне використання штучного інтелекту та технологій машинного навчання дозволяє автоматизувати маркетингові процеси, підвищувати ефективність рекламних кампаній та забезпечувати персоналізацію взаємодії зі споживачами. Зростає значення відео та інтерактивного контенту, що сприяє більш високому рівню залучення аудиторії та її емоційного включення. Розширюється використання соціальних мереж

і комунікаційних платформ, зокрема через чат-боти та інші інтерактивні інструменти, що забезпечує швидкий зворотний зв'язок та покращує взаємодію з користувачами. Персоналізація маркетингових кампаній на основі аналізу даних про поведінку споживачів стає ключовим чинником підвищення ефективності цифрового маркетингу. Сучасні технології, зокрема віртуальна та доповнена реальність, активно застосовуються для створення інтерактивного та емоційного контенту, що підвищує рівень залученості аудиторії [6, 8, 9].

Одnocześnie спостерігається розвиток глобальних платіжних систем і можливостей онлайн-торгівлі, що сприяє прискореному виходу компаній на міжнародні ринки та розширенню їх діяльності у глобальному масштабі.

Використання цифрового маркетингу у глобальному масштабі передбачає:

1. **Розвиток міжнародного контент-маркетингу** – локалізація веб-сайтів, адаптація відео та текстів до культурних особливостей різних регіонів.
2. **Використання соціальних мереж та відеоплатформ** для розширення аудиторії та підвищення впізнаваності бренду.
3. **Міжнародне SEO та пошукова реклама** для оптимізації видимості на глобальних ринках.
4. **Міжнародні інтернет-магазини та платіжні системи** для забезпечення легкого входу на ринки інших країн.
5. **Аналітика та дослідження** для підвищення ефективності маркетингових кампаній та адаптації стратегій під різні ринки [4, 6, 7].

Одним із основних трендів є **персоналізація**, що дозволяє компаніям враховувати індивідуальні потреби клієнтів та забезпечувати більш персоналізовану комунікацію через електронну пошту, соціальні мережі, месенджери та інші канали. Використання машинного навчання та штучного інтелекту дозволяє прогнозувати потреби клієнтів та створювати персоналізовані рекламні пропозиції.

Сучасний цифровий маркетинг значною мірою орієнтований на мобільні платформи, що обумовлено стрімким зростанням використання смартфонів та планшетів серед споживачів у всьому світі. Мобільний маркетинг дозволяє компаніям забезпечувати постійний контакт з аудиторією, оперативно реагувати на зміни в її поведінці та інтегрувати персоналізовані пропозиції. Водночас, розвиток штучного інтелекту та машинного навчання відкриває нові можливості для автоматизації процесів, аналізу великих обсягів даних та прогнозування поведінки споживачів, що робить маркетингові кампанії більш ефективними та таргетованими [].

Другим ключовим трендом є активне використання відео та інтерактивного контенту, який дозволяє залучати аудиторію на більш емоційному рівні та стимулює взаємодію з брендом. Соціальні медіа продовжують відігравати центральну роль у цифровому маркетингу, причому особливо важливими стають інтерактивні інструменти, такі як чат-боти та інтегровані комунікаційні платформи. Це дозволяє компаніям швидко отримувати зворотний зв'язок, будувати персоналізовані комунікації та підтримувати довгострокові відносини з клієнтами.

Третім напрямком розвитку є підвищення значення персоналізованого маркетингу та використання інноваційних технологій, таких як віртуальна та доповнена реальність, для створення унікального та інтерактивного досвіду для користувачів. Крім того, глобалізація цифрового ринку стимулює розвиток міжнародних платіжних систем і онлайн-торгівлі, що дозволяє підприємствам ефективно виходити на нові ринки та розширювати свою присутність у глобальному масштабі. Усі ці тренди демонструють, що цифровий маркетинг постійно адаптується до технологічних змін і потреб сучасних споживачів, стаючи важливим інструментом конкурентної переваги на міжнародному ринку.

Кожен тип цифрових медіа має свої переваги та обмеження, тому вибір конкретних каналів залежить від стратегічних маркетингових цілей компанії, її бюджету та характеристик цільової аудиторії. Проте соціальні медіа та відео-медіа зазвичай відіграють провідну роль у формуванні впізнаваності бренду та залученні глобальної аудиторії, оскільки забезпечують високий рівень інтерактивності та емоційного залучення користувачів [].

Цифровий маркетинг є невід'ємною складовою глобалізації підприємств, оскільки завдяки сучасним цифровим технологіям компанії отримують можливість присутності на міжнародних ринках незалежно від масштабу їхньої діяльності та обраних стратегій. Веб-сайт компанії виступає одним із ключових інструментів цифрового маркетингу, дозволяючи залучати нових клієнтів з різних країн шляхом презентації товарів і послуг в інтернеті.

Додатково компанії активно використовують соціальні мережі, електронну пошту та інші цифрові канали для залучення потенційних споживачів у глобальному масштабі. Наприклад, рекламні кампанії у Facebook

або Google Ads можуть бути налаштовані таким чином, щоб демонструватися лише користувачам із конкретних країн, що дозволяє ефективно сегментувати аудиторію та підвищувати результативність маркетингових заходів.

Цифровий маркетинг також надає підприємствам можливість систематично аналізувати результати своїх маркетингових кампаній на різних ринках, що дозволяє своєчасно адаптувати стратегії відповідно до потреб споживачів із різних країн та підвищувати ефективність маркетингових заходів. Таким чином, цифровий маркетинг сприяє глобалізації підприємств, забезпечуючи можливість залучення нових клієнтів та підвищення конкурентоспроможності на міжнародному ринку.

Глобалізація цифрового маркетингу передбачає використання цифрових інструментів та стратегій для просування товарів і послуг на глобальному рівні. Це означає, що компанії можуть застосовувати Інтернет та інші цифрові канали комунікації для залучення клієнтів із різних країн і розширення своєї діяльності на міжнародному ринку. У той же час глобалізація цифрового маркетингу супроводжується зростанням конкуренції та вимагає розробки маркетингових стратегій із урахуванням культурних і мовних особливостей різних регіонів світу [4].

Висновок. У сучасному світі, де глобалізація стає все більш очевидною, компанії мають володіти знаннями та навичками ефективного використання цифрових технологій для залучення клієнтів та підтримки своїх конкурентних переваг. Цифровий маркетинг виступає однією з ключових складових успіху в глобальному бізнес-середовищі, оскільки дозволяє підприємствам просувати товари та послуги на всіх континентах шляхом застосування Інтернету та інших цифрових каналів комунікації.

Цифрові медіа є невід'ємною складовою цифрового маркетингу. Вони включають:

- Соціальні мережі для залучення аудиторії та підвищення лояльності.
- Відеохостинги для публікації промо-роликів та відеооглядів продуктів.
- Мобільні додатки для здійснення покупок та бронювання послуг.
- Електронну пошту для розсилок, промо-акцій та комунікації з клієнтами.
- Пошукову оптимізацію для підвищення видимості сайту та залучення цільової аудиторії.

Таким чином, цифровий маркетинг дозволяє компаніям глобалізувати свою діяльність, ефективно залучати клієнтів на міжнародних ринках та підтримувати конкурентоспроможність.

Основні принципи цифрового маркетингу включають персоналізацію, інтерактивність, забезпечення високої якості контенту та системний аналіз даних. Розвиток цифрових технологій надає можливість компаніям впроваджувати новітні маркетингові стратегії та інструменти, що забезпечують ефективну взаємодію з цільовою аудиторією та підвищують результативність маркетингових кампаній на глобальному рівні.

Одним із провідних трендів сучасного цифрового маркетингу є активне застосування технологій штучного інтелекту та машинного навчання, що надає можливість аналізувати великі обсяги даних та формувати персоналізовані рекламні кампанії, орієнтовані на конкретні потреби споживачів. Глобалізація цифрового маркетингу створює умови для того, щоб компанії на всіх ринках могли ефективно використовувати цифрові канали комунікації для залучення нових клієнтів і підтримки довгострокових відносин із ними. Рациональне застосування сучасних цифрових технологій дозволяє підприємствам досягати високих результатів у глобальному масштабі та забезпечувати стійку конкурентну перевагу на міжнародному ринку [7].

Список використаних джерел:

1. Балик У. Тенденції розвитку інструментів цифрового маркетингу в умовах глобальної цифровізації. *Via Economica*, 7(1). 2024
2. Корсунова, К. Ю.. Вплив штучного інтелекту на міжнародний digital маркетинг. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2022 <https://journals.snu.edu.ua/index.php/VisnikSNU/article/view/568/547>
3. Приймак, Н. С., & Голобородько, Т. В.. Цифровий маркетинг як інструмент формування та реалізації концепції маркетингу сталого розвитку. *Вісник ДонНУЕТ “Економічні науки”*. 2025 <https://visniknew.donnuet.edu.ua/index.php/visnik/article/view/114>
4. Дорошкевич, Д., Литвиненко, І., & Лапань, А.. Формування цифрової маркетингової стратегії для підприємства в галузі експортного консалтингу в умовах діджитал-економіки. *Молодий вчений*, 2(102). 2022. <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/3190>
5. Птащенко, О. В. Особливості розвитку міжнародного маркетингу високих технологій в умовах глобалізації. *Вісник КНУТД. Серія “Економічні науки”*, 2(121), 72–81. 2018. <https://er.knutd.edu.ua>
6. Птащенко, О. В. Міжнародний маркетинг високих технологій та його взаємозв'язок з інтеграцією та глобалізацією. Електронний архів КНУТД.

https://www.researchgate.net/publication/330355945_Miznarodnij_marketing_visokih_tehnologij_ta_jogo_vzaemov'azok_z_integracieu_ta_globalizacieu

7. Вальковець, А. Вплив міжнародних торгових платформ на маркетинг та бізнес-стратегії. Економічний простір. 2024 <https://economic-prostir.com.ua/wp-content/uploads/2025/02/198-9-14-valkovecz.pdf>
8. Головачов, І. А. Стратегії цифрового маркетингу підприємства. International Scientific Journal "Internauka". Серія: "Economic Sciences". 2023 <https://www.inter-nauka.com/issues/economic2023/2/>
9. Egodawe, M., Sedera, D., Bui, B. A Systematic Review of Digital Transformation Literature (2013–2021) and the Development of an Overarching Apriori Model to Guide Future Research. arXiv. 2022. https://www.researchgate.net/publication/366136216_A_Systematic_Review_of_Digital_Transformation_Literature_2013-2021_and_the_development_of_an_overarching_apriori_model_to_guide_future_research

МЕЛЬНИК Я.В.
ВНТУ

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО ПОПУТНИКА ДЛЯ ВЕБПЛАТФОРМИ СПІЛЬНИХ ПОЇЗДОК

Анотація: У тезах розглянуто питання розробки алгоритму пошуку оптимального попутника для вебплатформи спільних поїздки. Зроблено аналіз існуючих методів підбору пасажирів та запропоновано підхід, що враховує географічні, часові та поведінкові фактори. Основний результат і цільове завдання дослідження полягає у створенні алгоритму, який би дозволяв забезпечити комфортніше та безпечніше користування такою платформою.

Ключові слова: Спільні поїздки, алгоритм підбору, оптимальний попутник, геолокація, статистичний аналіз, вебплатформа.

Abstract: The abstract discusses the development of an algorithm for finding the optimal travel companion for a carpooling web platform. An analysis of existing methods for selecting passengers is provided, and an approach that takes into account geographical, time and behavioural factors is proposed. The main result and objective of the study is to create an algorithm that would ensure more comfortable and safer use of such a platform.

Keywords: Ridesharing, matching algorithm, optimal travelling companion, geolocation, statistical analysis, web platform.

Вступ. Розвиток транспортних технологій і онлайн-сервісів дозволяють знаходити попутників значно легше ніж колись. Проте проблема ефективного вибору пасажирів залишається актуальною навіть у цьому контексті. Більшість сучасних платформ просто використовують базові алгоритми, які враховують лише маршрут і час поїздки. Але, якщо додати такі фактори, як уподобання користувачів, рівень довіри та поведінкові характеристики, можна суттєво покращити якість підбору[2]. У цій доповіді розглянуто підхід, що поєднує евристичні алгоритми та методи статистичного аналізу для створення оптимальної моделі пошуку попутників.

Мета дослідження полягає у розробці алгоритму, який забезпечить максимально ефективний підбір користувачів для спільних поїздки. Для цього необхідно проаналізувати існуючі методи, визначити ключові фактори, що впливають на вибір попутника, та розробити алгоритмічний підхід, який мінімізує невідповідності між учасниками поїздки.

Результати дослідження. Один із ключових елементів успішно організованих спільних поїздки полягає у створенні алгоритму, який здатен визначати найкращих попутників, з урахуванням як географічних, так і соціальних аспектів. У цьому дослідженні були вивчені основні методи та підходи до вирішення цієї задачі, а також розроблено власний алгоритм, що інтегрує географічний, часовий та соціальний аналіз[3].

Першим етапом роботи алгоритму є аналіз географічних даних поїздки водія та пасажирів для визначення спільних маршрутів, які частково чи повністю збігаються. Для цього використовуються початкові та кінцеві точки поїздки, а також допустимий радіус відхилення. У разі якщо маршрут пасажирів не попадає в межі дозволених відхилень від маршруту водія, така заявка виключається з розгляд. Такий підхід значно скорочує кількість непотрібних варіантів та оптимізує процес подальшого аналізу. Для пошуку найкоротших маршрутів застосовуються алгоритми роботи з графами, такі як алгоритм Дейкстри та A*, які дозволяють знаходити оптимальні шляхи ефективно.

Наступним етапом є проведення часового аналізу, який спрямований на перевірку відповідності графіків водія та пасажирів. Для більшої гнучкості система передбачає можливість невеликих змін у розкладі, крім того, дозволяються певні часові інтервали для можливих відхилень без значного впливу на комфорт учасників. Наприклад, якщо пасажир готовий вирушити на 10–15 хвилин раніше або пізніше, а водій може зробити незначну

корекцію свого маршруту, такий варіант може бути прийнятним.

Ключовим етапом є оцінка сумісності потенційних попутників за соціальними параметрами під час подорожей. Цей аспект відіграє важливу роль у створенні комфортної атмосфери під час подорожі. Алгоритм аналізує історію попередніх поїздок користувачів, їх рейтинг та їхні взаємні відгуки, що дозволяє сформувати більш точне уявлення про надійність кожного учасника. Він також враховує особисті уподобання, такі як бажання подорожувати в тиші, музичні вподобання або рівень спілкування під час поїздки. Таким чином, система може порекомендувати не просто будь-якого доступного попутника, а того, хто найбільше відповідає очікуванням іншої сторони. Для вивчення інтересів використовують методи кластеризації, зокрема DBSCAN, що дозволяє групувати користувачів на основі схожих характеристик[1].

На підставі зібраних даних створюється пріоритетний список кандидатів з відповідними балами для кожного попутника. Цей бал розраховується за допомогою вагових коефіцієнтів, які розподіляються між трьома основними групами параметрів: маршрут, час і соціальна довіра. Такий підхід дозволяє нам зважити всі ключові фактори і запропонувати користувачам найбільш релевантні варіанти.

Останнім етапом є взаємне підтвердження вибору. Користувачам пропонується список потенційних попутників, і якщо обидві сторони погоджуються подорожувати разом, система автоматично координує їхні маршрути та формує остаточний варіант подорожі.

Запропонований алгоритм комбінує методи географічного та статистичного аналізу для досягнення оптимального співвідношення між швидкістю обчислень та якістю відбору. Важливо, що він не використовує ресурсоемних технологій, а отже, придатний для широкого застосування навіть на пристроях з обмеженими обчислювальними можливостями. Таким чином, розроблена система може суттєво підвищити ефективність пошуку попутників, зменшити витрати на поїздки та сприяти розвитку екологічно сталих транспортних рішень.

Висновки. Отже, запропонований алгоритм пошуку оптимального попутника сприяє покращенню процесу організації спільних поїздок, забезпечуючи баланс між ефективністю підбору та швидкістю обчислень. Використання поетапного фільтрування та системи вагових коефіцієнтів дозволяє гнучко адаптувати алгоритм до потреб користувачів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення алгоритму з урахуванням реальних даних користувачів та розширення можливостей персоналізації підбору попутників.

Список використаних джерел

1. Carlos Afonso, Ana Alves. (2020). Clustering Techniques for On-Demand Transport Data: A Case Study. *INTELLI 2020 : The Ninth International Conference on Intelligent Systems and Applications*. API, 12-15.
2. Gupta, Shaguna ; Feng, Shi ; Park, B. Brian (2024). Smart Rideshare Matching – Feasibility of Utilizing Personalized Preferences. University of Virginia.
3. Nickkar, A., Lee, Y.-J., & Meskar, M. (2022). Developing an Optimal Peer-to-Peer Ride-Matching Problem Algorithm with Ride Transfers. *Transportation Research Record*, 2676(11), 124-136.

МИРГОРОДСЬКИЙ А.В.,

РОМАНЮК О.В.

Вінницький національний технічний університет

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ СТРУКТУР ІНДЕКСІВ У СУЧАСНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ БАЗАМИ ДАНИХ

Анотація: У роботі розглянуто особливості застосування індексів у сучасних системах керування базами даних та проаналізовано вплив різних структур індексів на швидкодію виконання запитів. Детально охарактеризовано кластерні та некластерні індекси, а також найпоширеніші типи індексних структур, зокрема B-Tree, B+-Tree, хеш-індекси, Bitmap, GiST, GIN та R-Tree. Наведено їх переваги та обмеження, а також визначено сценарії, у яких кожен тип індексу демонструє найвищу ефективність. Отримані результати підкреслюють важливість коректного вибору стратегії індексації відповідно до характеру навантаження і типів запитів, що дозволяє значно підвищити продуктивність бази даних.

Ключові слова: індексація, швидкодія запитів, B-Tree; хеш-індекс; Bitmap; GiST; GIN; R-Tree.

Вступ. Зростання обсягів даних та підвищення вимог до швидкодії сучасних інформаційних систем зумовлюють необхідність застосування різноманітних додаткових методів оптимізації операцій в системах керування базами даних. Індексація є одним із ключових механізмів прискорення пошуку, сортування та фільтрації даних [1]. У високонавантажених базах даних навіть незначне збільшення часу обробки запиту може

призвести до істотного падіння продуктивності всієї інформаційної системи. Тому, вибір оптимальної структури індексів з урахуванням їх впливу на швидкодію в різних сценаріях використання є актуальною задачею.

Метою дослідження є аналіз структур індексів у сучасних СКБД та оцінка їх впливу на швидкодію запитів з урахуванням специфіки різних типів навантаження.

Аналіз структур індексів. Індекс – це додаткова структура даних в СКБД, що зберігає ключі записів (або інші часто використовувані поля) для пришвидшення пошуку інформації [2]. Невеликі інформаційні системи можуть ефективно працювати і без індексації, але зі збільшенням об'ємів даних просте сканування або перебір всіх записів таблиці може стати дорогою операцією – і з точки зору обчислювальних ресурсів, і з урахуванням часу відповіді на запит. Особливо важливо це враховувати при проектуванні розподілених систем, що накладають додаткові обмеження через використання додаткових механізмів масштабування та синхронізації [3]. Сучасні системи керування не тільки автоматично створюють індекси на основі схеми бази даних, а й здатні додатково оптимізувати різні діапазонні операції, операції сортування, групування, об'єднання даних тощо. Крім того, розвиток апаратного забезпечення в останні 10-20 років дозволяє зберігати навіть великі індекси в оперативній пам'яті, уникаючи більш повільних операцій зі звичайним сховищем даних.

Розрізняють два основні категорії індексів – кластерні та некластерні. Кластерний індекс (англ. Clustered Index) вимагає, щоб записи в базі даних зберігались в тому ж самому порядку, що й записи в самому індексі [4]. Тобто, дані впорядковано відповідно до структури кластерного індексу. Часто кластерний індекс зберігається в одній структурі разом з самими даними таблиці для пришвидшення операцій вичитування. Так як фізичний порядок зберігання записів може бути тільки один, то й таблиця може містити лише один індекс цієї категорії. Перевагою застосування кластерної категорії є покращення швидкості виконання операцій над діапазонами та сортування, адже дані в індексі та таблиці вже зберігаються в оптимальному порядку. Проте, операції вставки нових записів можуть бути повільнішими через потребу підтримувати і таблицю, і індекс відсортованими.

Некластерний індекс (англ. Non-Clustered Index) не накладає додаткових вимог на структуру таблиці – дані в базі даних можуть бути розміщені довільно, лише сам індекс має визначений порядок [5]. Тобто, індекс виступає лише показником до конкретного запису або сегменту даних. СКБД може підтримувати довільну кількість некластерних індексів для однієї таблиці, що дозволяє застосовувати їх для неключових полів. Відповідно, індекс такої категорії зазвичай зберігається окремо, що може накласти певний штраф на швидкість доступу при повільному сховищі даних, проте такі індекси більш гнучкі у використанні.

Існує велика кількість структур даних, що використовуються для організації індексів в СКБД. Кожна має свої переваги та недоліки, тому розглянемо більш детально найпопулярніші з них. Найбільш поширеною в сучасних базах даних є структура B-Tree та її покращений варіант B+-Tree. B-Tree – це збалансоване дерево, що дозволяє виконувати операції пошуку, вставки та видалення в індексі зі складністю $O(\log n)$. Варіант B+-Tree додатково об'єднує вузли-листя дерева в зв'язаний список, що спрощує операції над діапазонами даних [6]. Ця структура добре працює навіть при великих об'ємах даних в таблиці, тому широко застосовується в реляційних СКБД, як-от PostgreSQL, MySQL, MSSQL тощо. Проте, деревоподібна структура більш вразлива до фрагментації, коли через часті операції запису індекс може стати незбалансовано глибоким або мати інші проблеми зі структуризацією даних. Це в свою чергу призводить до уповільнення більшості операцій з індексами, тому адміністратори БД повинні час від часу перевіряти їх та перебудовувати за потреби.

Хеш-індекси використовують аналогічний до хеш-таблиць метод функціонування – ключ або інше поле обробляється хеш-функцією, що визначає потрібний запис у таблиці або показник всередині індексу [7]. Це дозволяє отримати найкращу швидкодію при операціях з індивідуальними записами в таблиці через складність $O(1)$. Проте, такий тип індексу не може використовуватись для діапазонних запитів, операцій сортування, групування тощо. Відповідно, хеш-індекс має і основний недолік хеш-таблиць – існує певний шанс колізії між записами, що залежить від використовуваної функції та загального об'єму даних в таблиці. Хеш-індекс використовується в деяких популярних NoSQL СКБД, що фокусуються на швидкості роботи з індивідуальними записами, як-от Amazon DynamoDB.

Bitmap-індекс застосовує бітовий 2D-масив, в якому кожне унікальне значення поля таблиці має свій бітовий вектор, що дозволяє використовувати побітові логічні операції всередині індексу [8]. Відповідно, це вузькоспеціалізований тип індексу, що добре підходить для OLAP (англ. Online Analytical Processing, аналітична обробка у реальному часу) СКБД, адже запропонована структура дозволяє швидко виконувати фільтрацію даних і спрощує комплексні запити. Застосування в звичайних СКБД є досить обмеженим через високу вартість операцій запису, більші вимоги до пам'яті та значне зниження ефективності при збільшенні кардинальності (кількості унікальних значень для одного поля).

GiST (англ. Generalized Search Tree, узагальнене дерево пошуку) є більш універсальним варіантом B-

Tree, що дозволяє використовувати індексацію для більш комплексних типів даних [9]. Цю структуру також можна віднести до вузькоспеціалізованих, але вона часто застосовується для роботи з геолокацією, геометричними чи просторовими даними тощо. За межами цих сценаріїв застосування GiST-індекси програють іншим деревоподібним структурам через повільніші операції, включаючи перебудову та оновлення, а також вищу складність реалізації та налаштування.

GIN (англ. Generalized Inverted Index, узагальнений інвертований індекс) – це структура, де індексуються не самі записи повністю, а окремі унікальні значення всередині рядка таблиці [10]. Наприклад, якщо запис має поле з масивом даних або текстовим рядком, то кожне унікальне значення масиву або слово з тексту буде мати окреме значення в індексі зі списком записів таблиці, де це значення зустрічається. GIN-індекси мають великий розмір та час побудови, проте їх інвертована структура дозволяє швидко виконувати пошук у масивах та повнотекстовий пошук. До популярних СКБД, де використовується GIN, відноситься PostgreSQL.

R-Tree – це спеціалізований варіант деревоподібного індексу, що подібний до GiST. R-tree використовується для багатовимірних даних, а саме надає можливість швидко виконувати операції з просторовими записами, як-от пошук об'єктів на картах за відстанню або фільтрацію за певними геометричними критеріями [11]. Ця структура має аналогічні до інших вузькоспеціалізованих індексів недоліки: більший час побудови, повільні операції оновлення тощо. Деякі СКБД, як PostgreSQL або SQLite, надають можливість працювати з R-tree індексами або їх покращеним варіантом R+-Tree.

Було розглянуто лише найбільш популярні структури індексів, існує велика кількість інших, що пропонують певні покращення для окремих сценаріїв використання. Результати аналізу розглянутих структур було підсумовано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз структур індексів в СКБД

Індекс	Сценарій використання	Швидкість читання	Швидкість оновлення	Переваги	Недоліки
B-Tree/B+-Tree	Сортування, пошук за діапазоном	Середня/висока	Середня	Універсальність, підходить для більшості OLTP СКБД	Фрагментація, низька продуктивність при великій кількості операцій запису
Хеш-індекс	Пошук за рівністю	Висока	Висока	Найшвидший пошук індивідуальних записів	Відсутність підтримки операцій над групами об'єктів
Bitmap-індекс	Аналітичні запити	Висока	Низька	Пришвидження багатокритеріальних запитів	Великий розмір, повільне оновлення індексу
GiST	Комплексні структури даних	Середня	Середня/низька	Гнучкість застосування, підтримка довільних типів даних	Складність реалізації та налаштування, вища вартість операцій запису
GIN	Повнотекстовий пошук, пошук в масивах	Висока	Низька	Найшвидший тип індексу для роботи з масивами	Великий розмір, повільне оновлення індексу
R-Tree/R+-Tree	Запити з просторовими даними	Середня/висока	Середня/низька	Підтримка операцій з просторовими даними	Повільна побудова та оновлення індексу

Наведена порівняльна таблиця демонструє, що різні типи індексів оптимізовані під різні класи задач і навантаження. Класичні B-Tree/B+-Tree індекси залишаються більш універсальними для класичних реляційних СКБД, забезпечуючи баланс між швидкістю читання й оновлення, однак страждають від фрагментації при інтенсивних змінах даних. Хеш-індекси показують найвищу швидкість при пошуку індивідуальних записів та мають високу швидкість оновлення, проте їхня функціональність обмежується лише цими типами операцій. Для аналітичних інформаційних системи доцільним є використання Bitmap-індексів, які забезпечують максимальну швидкодію при багатокритеріальних запитах. Інші спеціалізовані структури, як-от GiST, GIN та R-Tree, орієнтовані на роботу з комплексними текстовими або просторовими даними. Вони забезпечують високу швидкодію при операції читання у своїх сценаріях застосування, але мають підвищену вартість побудови та оновлення через складність структури. Таким чином, вибір типу індексу має базуватися на характері запитів і моделі навантаження: OLTP-системи потребують ефективного оновлення та універсальності, тоді як OLAP-, гео- та текстові системи – максимального прискорення відповідних спеціалізованих операцій з даними.

Висновки. У дослідженні проаналізовано ключові підходи до організації індексів у сучасних системах керування базами даних та визначено їхній вплив на швидкодію запитів. Встановлено, що універсальні деревоподібні індекси, такі як B-Tree та B+-Tree, забезпечують збалансовану продуктивність для транзакційних навантажень, коли-як спеціалізовані структури, як-от хеш-індекси, Bitmap-індекси, GiST, GIN та R-Tree, демонструють високу швидкодію в окремих сценаріях використання. Проте, при застосуванні будь-яких структур індексів необхідно враховувати потенційні недоліки, як-от фрагментація, висока вартості операцій запису, обмежена підтримка певних типів запитів тощо.

Отримані результати свідчать, що вибір оптимальної стратегії індексації повинен базуватися на характері запитів, типі навантаження та структурі таблиць бази даних. Правильний вибір типу індексу дозволяє суттєво підвищити швидкодію системи, тоді як невдале або надмірне індексування може її знизити. Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка адаптивних алгоритмів вибору оптимальних типів індексів залежно від характеру запитів та динаміки навантаження, а також впровадження інтелектуальних механізмів автоматичного керування індексацією. Крім того, уваги заслуговують методи зменшення фрагментації та оптимізації оновлення індексів у високонавантажених розподілених інформаційних системах.

Список використаних джерел

1. Optimizing database performance in complex event processing through indexing strategies / M. Abbasi et al. Data. 2024. Vol. 9, no. 8. P. 93. URL: <https://doi.org/10.3390/data9080093> (date of access: 16.11.2025).
2. Huang K., Wang T. A primer on database indexing. Indexing on Non-Volatile Memory. Cham, 2023. P. 21–31. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-47627-3_3 (date of access: 16.11.2025).
3. Миргородський А. В., Романюк О. В. Аналіз сучасного розвитку розподілених баз даних. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції «Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ та управління». Суми/Вінниця, 2024. С. 116–118.
4. Indexing techniques and structured queries for relational databases management systems / I. C. Saidu et al. Journal of the nigerian society of physical sciences. 2024. P. 2155. URL: <https://doi.org/10.46481/jnsps.2024.2155> (date of access: 16.11.2025).
5. Pollack E. Nonclustered rowstore indexes on columnstore tables. Analytics optimization with columnstore indexes in microsoft SQL server. Berkeley, CA, 2022. P. 207–223. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-8048-5_13 (date of access: 16.11.2025).
6. Arteta Albert A., Gómez Blas N., Mingo López L. F. d. Intelligent indexing–boosting performance in database applications by recognizing index patterns. Electronics. 2020. Vol. 9, no. 9. P. 1348. URL: <https://doi.org/10.3390/electronics9091348> (date of access: 16.11.2025).
7. Gayathiri N. R., Jaspher D. D., Natarajan A. M. Big Data retrieval techniques based on Hash Indexing and MapReduce approach with NoSQL Database. 2019 international conference on advances in computing and communication engineering (ICACCE), Sathyamangalam, Tamil Nadu, India, 4–6 April 2019. 2019. URL: <https://doi.org/10.1109/icacce46606.2019.9079964> (date of access: 16.11.2025).
8. Favre C., Bentayeb F. Bitmap index-based decision trees. Lecture notes in computer science. Berlin, Heidelberg, 2005. P. 65–73. URL: https://doi.org/10.1007/11425274_7 (date of access: 16.11.2025).
9. Khan S., Kannapiran T. Indexing issues in spatial big data management. SSRN electronic journal. 2019. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3387792> (date of access: 16.11.2025).
10. Öztürk Ü., Mattavelli M., Ribeca P. GIN-TONIC: non-hierarchical full-text indexing for graph genomes. NAR genomics and bioinformatics. 2024. Vol. 6, no. 4. URL: <https://doi.org/10.1093/nargab/lqae159> (date of access: 16.11.2025).
11. SGIR-Tree: integrating r-tree spatial indexing as subgraphs in graph database management systems / J. Kim et al. ISPRS international journal of geo-information. 2024. Vol. 13, no. 10. P. 346. URL: <https://doi.org/10.3390/ijgi13100346> (date of access: 16.11.2025).

*МОРМИТКО О.М.,
Вінницький національний технічний університет*

ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЗОРУ ЛЮДИНИ

Анотація: Результати досліджень містять аналіз функціональних можливостей оптико-електронної системи (ОЕС) для моніторингу функціонального стану зорового аналізатора людини. Обґрунтовано необхідність застосування сучасних методів обробки зображень та машинного навчання для підвищення

діагностичної точності та швидкості оцінки. Досліджено ключові компоненти ОЕС, включаючи систему захоплення даних (оптичний сенсор, джерело стимулюючого сигналу) та програмно-апаратний комплекс для аналізу біометричних показників.

Ключові слова: оптико-електронна система, функціональний стан зору, обробка зображень, машинне навчання, біометричні показники, неінвазивна діагностика, математичне моделювання.

В епоху посиленого візуального навантаження, спричиненого цифровими пристроями, проблема ранньої та точної діагностики порушень зору набуває все більшої важливості. Існуючі традиційні методи часто є суб'єктивними, трудомісткими та вимагають високої кваліфікації фахівців [1]. Розробка та вдосконалення оптико-електронних систем, інтегрованих з інтелектуальними алгоритмами, дозволяє перейти до об'єктивної, автоматизованої та високоточної оцінки стану зору.

Актуальність дослідження полягає в систематизації підходів до створення ОЕС, що забезпечує неінвазивний моніторинг ключових біометричних параметрів, необхідних для ранньої детекції офтальмологічних патологій.

Метою дослідження є проведення структурного аналізу та систематизація основних функціональних модулів оптико-електронної системи діагностики функціонального стану зору, а також обґрунтування використання математичного апарату та алгоритмів машинного навчання для підвищення об'єктивності та ефективності діагностичного процесу.

Оптико-електронна система моніторингу функціонального стану зору – це складний програмно-апаратний комплекс, який складається з трьох ключових взаємопов'язаних підсистем.

1. Підсистема захоплення та формування зображень яка здійснює оптичний тракт. Цей модуль відповідає за створення високоякісних цифрових даних для подальшого аналізу.

Джерело стимулюючого сигналу дозволяє висвітлити та оцінити рівень реакції зіниці, адаптації сітківки. Високочутливі оптичні сенсори (камери, IR-детектори) для неінвазивного захоплення зображень очного дна, рогівки, а також реєстрації рухів ока дозволяють здійснити моніторинг стану зорової системи. Спеціальні оптичні елементи використовуються для компенсації спотворень та забезпечення чіткості захопленого зображення незалежно від рефракційних особливостей ока.

2. Підсистема обробки та аналізу даних - це програмна підсистема, яка є інтелектуальним ядром, що перетворює первинні оптичні дані на кількісні діагностичні метрики. Для цього використовують спеціальні алгоритми цифрової обробки зображень – фільтри Гаусса, методи Собеля для автоматичного виділення ключових структур (диск зорового нерва, судинна сітка, зіниця).

Кількісний аналіз біометричних параметрів дозволяє виміряти площу зіниці, швидкості акомодатії, кутів конвергенції, а також здійснити аналіз динаміки зміни цих параметрів у відповідь на стимул.

Машинне навчання використовується для визначення групи класифікації стану зорового нерва або сітківки, підвищуючи об'єктивність діагнозу.

Отримані дані аналізу та машинного навчання зберігаються та візуалізуються для роботи лікаря, подальшої взаємодії з пацієнтом з використанням спеціальних клінічних баз даних. Графічне представлення динаміки функціональних показників доцільно представляти у вигляді трендів з порівнянням з нормативними базами даних.

Система генерує автоматизований структурований звіт з виявленими відхиленнями

Формування діагностичного висновку. Генерація автоматизованого, структурованого звіту з виявленими відхиленнями.

Оптико-електронна система діагностики функціонального стану зору є перспективним напрямком у медичній інженерії, що дозволяє значно підвищити якість та доступність офтальмологічної допомоги.

Багаторівнева архітектура ОЕС, що поєднує високоточний оптичний збір даних із потужним програмним аналізом, забезпечує перехід до кількісної, об'єктивної діагностики.

Систематизація функціональних модулів дозволяє створювати універсальні, адаптивні рішення для моніторингу зорової втоми (наприклад, у професійних групах) та ранньої детекції захворювань (таких як глаукома або діабетична ретинопатія).

Таким чином, подальша розробка ОЕС повинна бути спрямована на вдосконалення алгоритмів обробки зображень та створення уніфікованих математичних моделей для стандартизації об'єктивної оцінки функціонального стану зору.

Список використаних джерел

1. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія / [С. В Павлова, О.Г. Авруніна, С.М.Злепка, Є.В.Бодяньського та ін.]; за редакцією С.Павлова, О.Авруніна. – Вінниця: ПП «ТД

«Едельвейс і К», 2019. –260 с.

2. Мормітко О.М., Тимчик С.В. Сучасні досягнення оптичних біосенсорів у біотехнології та медицині. Матеріали [LIV НТКП ВНТУ \(2025\)](https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/49680). URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/49680>

МОРОЗ Р.Б.,
Інститут поліграфії та медійних технологій Львівської політехніки,

ВИЗНАЧЕННЯ АРХІТЕКТУРИ МЕТАДАНИХ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ МОДЕЛІ НАУКОВОГО ДОКУМЕНТА

Анотація: Досліджено структурні вразливості традиційних систем супроводу наукових публікацій, зокрема роз'єднаність процесів рецензування, ухвалення рішень та керування версіями. Інтеграція об'єктів Dashboard і JobTicket забезпечує цілісне відстеження станів, прозорість операцій і оперативну координацію, що підвищує ефективність роботи платформи та мінімізує затримки.

Ключові слова: онлайн-платформа, автоматизація видавничої діяльності, комунікаційна підтримка, результати наукових досліджень

Вступ. У сучасних публікаційних вебплатформах структурування наукового документа розглядається як процес однозначного представлення контенту, полегшуючи автоматизоване опрацювання матеріалів та підтримку стандартів подальшого зберігання і відтворення [1]. Така формалізація охоплює опис метаданих, внутрішню організацію текстових і нетекстових елементів, логіку версіонування, механізми рецензування та публікаційні атрибути, що дозволяє уніфікувати подання матеріалів незалежно від конкретної предметної галузі чи типу дослідження.

Актуальність. Одним із способів ефективного управління структурованою інформацією у публікаційних вебплатформах є застосування об'єктно-орієнтованої моделі документа. У цій парадигмі кожен науковий матеріал розглядається як окремий об'єкт із власним набором атрибутів, що описують його зміст, авторство, метадані, версію та стан обробки. Такий підхід дозволяє уніфікувати роботу з різними типами матеріалів, відстежувати життєвий цикл документа, керувати процесом рецензування та версіонування, а також забезпечує інтеграцію з іншими компонентами системи, включно з базами даних, модулем рецензування та інструментами генерації публікаційних форматів.

Постановка проблеми. Розгортання інформаційної платформи для видавничого супроводу наукових досліджень передбачає комплексну організацію роботи з науковими матеріалами на всіх етапах їх життєвого циклу, від подання рукопису до публікації та архівування [2]. Основною проблемою є забезпечення структурованого зберігання даних, коректного управління версіями документів, інтеграції з системами рецензування та редакційного контролю, а також уніфікації представлення метаданих і контенту різного формату. У практичному плані це вимагає розробки моделі даних, яка дозволяє зберігати не тільки текстові елементи, а й ілюстрації, таблиці, формули, посилання та додаткові файли, з урахуванням ролей усіх учасників процесу: авторів, рецензентів, редакторів. В науковому контексті така платформа вирішує завдання забезпечення прозорості та повторюваності досліджень, підтримки стандартів цитування та класифікації, а також інтеграції публікацій у наукометричні та бібліографічні системи. Проблематика полягає в тому, що без чіткої моделі представлення документів і визначених правил взаємодії з ними автоматизація процесу видавничого супроводу стає ускладненою, що впливає на ефективність редагування, рецензування та подальшого використання наукових матеріалів.

Виклад суті дослідження. Об'єктно-орієнтована модель документа у публікаційних вебплатформах передбачає представлення кожного наукового матеріалу як окремого об'єкта з набором атрибутів, що відображають його основні характеристики та метадані (рис. 1).

Клас **Publication** з гіперблоку *Публікація* містить у собі унікальний ідентифікатор DOI, заголовок, анотацію, перелік ключових слів та дату публікації, що дозволяє однозначно ідентифікувати та індексувати документ у системі. Для забезпечення структурованої бібліографії застосовується композиційний зв'язок з об'єктами **Reference**, які зберігають інформацію про джерела та рік публікації, що дає змогу автоматизовано формувати списки літератури та підтримувати посилання на зовнішні ресурси. Кожен документ пов'язується з суб'єктами публікаційного процесу через асоціацію з гіперблоком *Учасники*, які містять повне ім'я та електронну адресу, а також з афіліаціями через об'єкти **Affiliation**, що зберігають організаційні відомості та країну, забезпечуючи коректне представлення авторського складу та належність до установ. На рівні гіперблоку *Видання* документ пов'язаний з об'єктом **Journal**, що містить заголовок і видавця, а також агрегує об'єкти

Edition, які визначають ISSN, том і номер випуску, що дозволяє вести облік версій видання та відображати матеріал у контексті журналу. Додаткова асоціація з **Section** та **Domain** дозволяє організувати документи за тематичними розділами та науковими галузями. Така модель підтримує агрегацію публікаційних процесів у гіперблоки, де об'єкти документа, авторів, видання та посилань взаємопов'язані, утворюючи цілісну структуру, здатну відображати життєвий цикл наукового матеріалу, включно з поданням, перевіркою, рецензуванням та публікацією, а також забезпечує гнучкість у відображенні структури документа та інтеграції з іншими компонентами платформи.

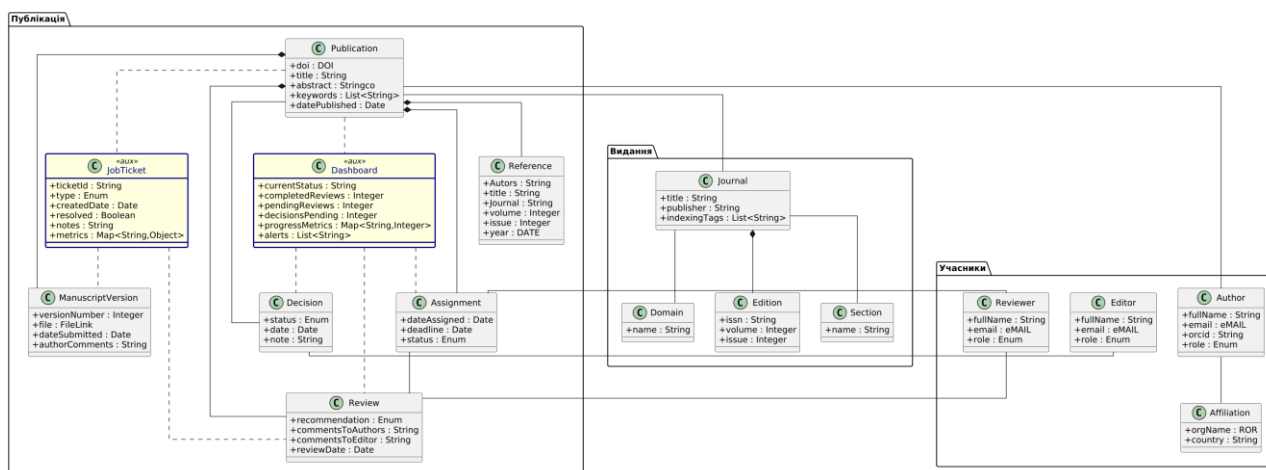


Рис. 1. Оптимізована схема видавничого супроводу наукових матеріалів

Побудована об'єктно-орієнтована модель класичної схеми публікаційного супроводу дала змогу виявити низку структурних обмежень, характерних для традиційних клієнт-серверних платформ керування науковими документами. У такій схемі основні сутності зосереджені навколо рукопису, авторів, рецензентів, редактора та журналу. Модель відтворює типовий рух матеріалу: подання рукопису, створення його версій, призначення рецензентів, формування рецензій, отримання редакційного рішення та публікацію. При цьому кожна операція має власну структуру даних і мінімальний набір атрибутів, орієнтований на результат відповідного етапу. Таке організування забезпечує чітку реєстрацію базових фактів, але водночас показує обмеженість підходу в частині відстеження процесуальних характеристик, необхідних для сучасних цифрових робочих потоків. Через ізольованість даних про термін перебігу етапів об'єкти **ManuscriptVersion**, **Assignment**, **Review** і **Decision** фіксують окремі дати, але не утворюють цілісного набору часових параметрів, за якими можна оцінювати тривалість виконання операцій або визначати відхилення від планових значень. Класична схема передбачає лише реєстрацію факту виконання дії, але не забезпечує можливостей для аналізу ритмічності роботи учасників або узгодженості між суміжними етапами.

Відтак, суттєвим недоліком є відсутність інтегрованого представлення, у якому б поєднувалися відомості про навантаження авторів, рецензентів і редактора. Кожен клас містить лише опис власних атрибутів, тоді як агреговані показники взаємодії залишаються поза моделлю. Наприклад, кількість активних призначень рецензента, кількість рецензій у стані очікування або частота повернення рукописів на доопрацювання не належать жодній базовій сутності. Такі характеристики важливі для керування процесом, але класична структура не передбачає місця для їхнього зберігання. Також виконані дослідження показали, що у моделі відсутній механізм для опису ситуацій, які виникають поза нормативною схемою руху рукопису. У реальних системах часто трапляються технічні помилки, потреба у повторному завантаженні файлів, зміни дедлайнів, уточнення з боку учасників або інші події, що не належать до стандартних класів **Publication**, **Review** чи **Assignment**. Такі відхилення впливають на алгоритм оброблення матеріалу, але їх неможливо задокументувати в межах наявних сутностей без втрати структурної чіткості. Модель містить пов'язану множину об'єктів, але у класичному вигляді не дає інструменту, який би узагальнював стан процесу у формі зрозумілих індикаторів. Для цього необхідний окремий об'єкт, який суміщав би статичні та динамічні параметри різних підсистем, акумулюючи дані для оглядового аналізу стану публікації загалом формуючи цілісну картину.

Усі виявлені обмеження стали підставою для введення допоміжного об'єкта **Dashboard** до агрегованого блока **Публікація**. На відміну від класичних сутностей, **Dashboard** не пов'язаний з конкретним етапом або роллю, а слугує аналітичним рівнем, який об'єднує інформацію з **ManuscriptVersion**, **Review**, **Assignment** і **Decision**. Його атрибути відображають поточний стан супроводу: кількість завершених і активних рецензій, наявність

невиконаних призначень, загальний статус проходження рукопису, а також узагальнені показники, подані у вигляді структурованих колекцій. Наявність списку попереджень дає змогу фіксувати виявлені затримки або нестандартні ситуації, які потребують уваги. Таким чином, **Dashboard** виступає точкою збору даних для забезпечення оглядової оцінки ходу робіт і підтримки операційних рішень.

Аналіз подальших взаємозв'язків між сутностями показав, що для ефективної роботи **Dashboard** потрібно окреме джерело інформації про події, які не охоплені класичними атрибутами. Це стало підставою для введення об'єкта **JobTicket**. На відміну від **ManuscriptVersion** або **Review**, **JobTicket** не описує етап, а реєструє одиничну подію з набором властивостей, що можуть змінюватися залежно від контексту. Атрибути `ticketId`, `type`, `createdDate`, `notes` і гнучкий контейнер `metrics` дають змогу документувати як технічні, так і організаційні відхилення. Зв'язки **JobTicket** з **ManuscriptVersion** і **Review** забезпечують фіксацію ситуацій, які виникли під час створення нових версій або рецензування, а **Dashboard** отримує можливість використовувати ці дані для формування точнішого стану процесу.

Таким чином, введення **Dashboard** і **JobTicket** компенсувало виявлені обмеження класичної схеми, доповнивши її засобами аналітичного узагальнення та реєстрації нештатних подій. Це дозволяє розглядати супровід публікацій не лише як послідовність операцій, а як керований робочий процес із можливістю оцінювання, діагностики та подальшої оптимізації.

Список використаних джерел

1. Зоренко О. В. Технологія підготовки періодичного електронного видання : навчальний посібник. Київ, в-во КПІ, 2020. 64 с.
2. Мороз Р. Визначення критеріїв вибору видавничої платформи управління науковими журналами. Матеріали XXIV міжнародної науково-технічної конференції студентів та аспірантів «Друкарство молоде», Київ, 2024. С.

НАГУЛ Т. А.

ТКАЧЕНКО О. М.

Вінницький національний технічний університет

ПРОГРАМНА СИСТЕМА ПОШУКУ МАРШРУТІВ МІЖ АЕРОПОРТАМИ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ DFS ТА BFS

Анотація: У роботі досліджено задачу пошуку оптимальних маршрутів між аеропортами, яка моделюється у вигляді орієнтованого графа: вершини відповідають містам, а ребра — авіарейсам із визначеною вартістю та тривалістю. Розглянуто теоретичні засади проблеми, її алгоритмічне представлення та практичну значущість у сфері транспортної логістики. Проведено аналіз класичних методів розв'язання задачі, зокрема пошуку в глибину (DFS) та пошуку в ширину (BFS), а також здійснено порівняння їхньої ефективності за критеріями швидкодії, повноти результатів і використання ресурсів пам'яті. Сформульовано висновки щодо можливостей застосування цих алгоритмів у комп'ютерному моделюванні та перспектив їх оптимізації й комбінування для досягнення балансу між продуктивністю та точністю.

Ключові слова: маршрутизація, граф, алгоритм, DFS\BFS, оптимізація

Стрімкий розвиток інформаційних технологій та алгоритмічних систем формує потребу у створенні ефективних методів обробки даних і оптимізації складних процесів. У сучасних умовах зростання обсягів інформації та автоматизації особливого значення набувають алгоритми, здатні швидко знаходити оптимальні або наближені рішення для задач маршрутизації. Такі моделі поєднують логіку, стратегію та продуктивність, що робить їх важливим інструментом у транспортній логістиці та комп'ютерному моделюванні[1]. Зростання складності транспортних мереж та потреба в адаптивному плануванні маршрутів вимагають застосування алгоритмів, здатних працювати з великою кількістю варіантів у реальному часі. Особливо актуальними стають системи, що враховують не лише географічні зв'язки між пунктами, а й додаткові параметри — вартість, тривалість, кількість пересадок, доступність рейсів. У таких умовах графові моделі дозволяють ефективно структурувати дані та забезпечити масштабованість обчислень.

Задача пошуку маршрутів між аеропортами може бути подана у вигляді орієнтованого графа, де вершини відповідають містам, а ребра — авіарейсам із визначеною вартістю та тривалістю[2]. Для її розв'язання застосовуються класичні алгоритми обходу графа — пошук у глибину (DFS) та пошук у ширину (BFS)[3]. DFS дозволяє дослідити всі можливі варіанти маршруту, включаючи складні та багатосегментні, тоді як BFS орієнтований на знаходження найкоротшого шляху за кількістю пересадок[4]. Впровадження алгоритмів DFS і BFS у програмні системи маршрутизації відкриває можливості для побудови гнучких, інтерактивних

інструментів, які можуть адаптуватися до змін у графі та запитах користувача. Їхнє використання дозволяє не лише автоматизувати процес пошуку, а й забезпечити точність та варіативність результатів залежно від обраної стратегії.

Історично ці алгоритми стали базовими інструментами в теорії графів та знайшли широке застосування у практичних задачах — від навігаційних систем до аналізу мережевих структур. Їхня ефективність залежить від структури графа та кількості вершин і ребер, а також від обмежень, накладених на пошук. У випадку DFS кількість варіантів може зростати експоненційно зі збільшенням глибини маршруту, тоді як BFS забезпечує більш стабільний результат, але потребує значних ресурсів пам'яті при роботі з великими графами.

Сучасні дослідження у сфері маршрутизації спрямовані на комбінування цих підходів, використання евристик та оптимізаційних методів для досягнення балансу між швидкістю виконання та повнотою результатів [5]. Такі алгоритми мають не лише теоретичне, а й практичне значення: вони моделюють реальні задачі транспортної логістики, планування перевезень, побудови навігаційних систем та управління потоками даних. Завдяки гнучкості графових структур та можливості інтеграції з сучасними мовами програмування, алгоритми маршрутизації активно застосовуються в мобільних додатках, веб-сервісах та системах управління перевезеннями. Це відкриває перспективи для створення адаптивних платформ, здатних реагувати на зміну умов у режимі реального часу.

Таким чином, задача пошуку маршрутів між аеропортами є універсальною моделлю, що демонструє взаємозв'язок між алгоритмічними підходами, логічними структурами та практичними застосуваннями. Дослідження сприяє розвитку аналітичного мислення, розумінню принципів ефективних алгоритмів і створює основу для нових рішень у сфері оптимізації та інтелектуальних систем.

Список використаних джерел

1. Алгоритм. URL : <https://uk.wikipedia.org/wiki/Алгоритм>
2. Основні алгоритми в теорії графів. URL: <https://dou.ua/forums/topic/48433/>
3. DFS та BFS у теорії графів. URL : <https://www.geeksforgeeks.org/dsa/difference-between-bfs-and-dfs/>
4. Порівняння DFS та BFS з прикладами. URL: <https://www.guru99.com/uk/difference-between-bfs-and-dfs.html>
5. Оптимізація маршрутів у логістиці. URL: <https://zecrouteplanner.com/маршрут-логістика>

НЕРОДА Т.,

Інститут поліграфії та медійних технологій Національного інституту «Львівська політехніка»,

МЕРЕЖЕВО-КОМУНІКАЦІЙНА МОДЕЛЬ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ СТУДЕНТСЬКИХ ДОСЛІДНИЦЬКИХ ІНІЦІАТИВ

Анотація: Обґрунтовано засоби відстеження динаміки взаємодій у командній роботі при розгортанні інформаційного порталу супроводу студентської наукової діяльності. Оптимізовано координативний граф для виявлення центральних та периферійних компонентів комунікаційної мережі з оцінюванням інтенсивності та недостатньої координації.

Ключові слова: інформаційний портал студентської наукової творчості, методи та засоби комп'ютерної візуалізації, підтримка наукових досліджень

Підтримка студентських дослідницьких ініціатив є важливою складовою сучасної підготовки кваліфікованих фахівців, оскільки формує здатність до аналітичного мислення, самостійного пошуку рішень і практичного застосування знань [1]. Організацію, координування та документування результатів студентської творчості виконує освітнє цифрове середовище, у якому зібрано інструменти, сервіси й дані і яке забезпечує доступ до матеріалів, комунікаційні канали, механізми реєстрації тем, подання звітності, участі в наукових заходах і відстеження динаміки проєктів [2].

Актуальність. Інтегрування методів та інтерактивних засобів комп'ютерної візуалізації в інформаційну інфраструктуру порталу студентської наукової творчості підсилює можливості моніторингу і фіксації поступу наукових результатів. Використання графічних моделей, часових шкал, мережевих структур та аналітичних панелей забезпечує наочне подання процесів, що відбуваються у межах досліджень. Інтерактивність таких засобів уможливорює оперативне оновлення даних, їх адаптивну інтерпретацію та співставлення індивідуальних і колективних показників, сприяючи своєчасному виявленню труднощів, оптимізації координації та формуванню обґрунтованих управлінських рішень у підтримці студентських наукових ініціатив.

Постановка завдання. Для забезпечення повноти фіксації результатів, відтворюваності аналітичних процедур, коректного відображення часової структури, стабільності інтерпретаційних критеріїв і здатності до інтеграції з даними інших підсистем освітньо-дослідницького середовища важливо обрати адекватний

інструментарій. Графічне подання має забезпечувати не лише зручну візуалізацію, але й можливість формування індикаторів розвитку, перевірку гіпотез щодо ефективності етапів творчої діяльності, виявлення закономірностей у структурі проєктних рішень і забезпечення умов для формування узгоджених управлінських впливів з боку наукових керівників і координаторів програм.

Аналіз наявних рішень. Послідовне відстеження змін показників, що характеризують інтенсивність, якість і завершеність проєктної діяльності, реалізує *лінійна графологічна* модель візуалізації, забезпечуючи чітку часову прив'язку та дає змогу ідентифікувати як сталі тренди, так і короткочасні відхилення. Зручність тут полягає у можливості застосування методів статистичного згладжування, аналізу сезонності та детекції аномалій. Однак ця модель менш придатна для ситуацій, де динаміка має розгалужений характер, тому потребує супровідних механізмів пояснення причинно-наслідкових переходів між фазами проєкту. *Фазово-структурна модель* візуалізації орієнтована на відтворення логіки переходу студентської творчості між концептуалізацією, плануванням, реалізацією, валідацією та репрезентацією результатів. У цьому варіанті інструментарій візуалізації дозволяє оцінювати час перебування у кожній фазі та виявляти диспропорції, що свідчать про методологічні або організаційні труднощі. Її перевага полягає у більш точній відповідності реальним патернам наукової роботи; проте він може бути надмірно агрегованим, що утруднює виявлення локальних проблем у межах кожної фази. *Ітеративно-циклічна* модель фокусує увагу на повторюваності етапів, властивих студентським дослідницьким проєктам, де уточнення гіпотези, корекція методики або переробка експериментальної бази можуть виникати багаторазово. Такий підхід особливо інформативний у дослідженнях з високою невизначеністю, де ключовим індикатором є не швидкість просування, а здатність до нарощування якості ідей та підвищення обґрунтованості висновків. Циклічна модель виявляє ступінь адаптивності студента, але потребує ретельного визначення меж кожного циклу, щоб уникнути плутанини між повторними і новими процедурами. *Когнітивно-орієнтована* модель відстеження базується на фіксації зміни рівня теоретичного опанування, глибини змістового аналізу, здатності до узагальнення, формування наукової аргументації та застосування міждисциплінарних зв'язків. Він відображає не лише зовнішню динаміку проєкту, а й інтелектуальне зростання дослідника. Такий варіант є найбільш чутливим до якісних характеристик творчості, але водночас потребує об'єктивних критеріїв оцінювання, щоб мінімізувати залежність від індивідуальних уподобань керівника чи експерта. *Мережево-комунікаційна* модель відстеження динаміки розглядає проєкт як систему взаємопов'язаних активностей, де кожна подія, рішення або результат утворює вузол, а відношення між ними представлені як дуги різної інтенсивності та напрямності. Такий варіант дає змогу формувати повну картину інтелектуальної еволюції студентського дослідження, виявляти вузлові точки, що визначають подальшу траєкторію роботи, і проводити аналіз центральності для оцінки критичних моментів у розвитку ідей. Водночас складність мережових структур потребує стандартизованих правил побудови та алгоритмічної підтримки, оскільки без цього інтерпретація може бути надмірно суб'єктивною.

Надмірна суб'єктивність у традиційних моделях виникає через вільне тлумачення ролей вузлів, послідовності подій і значущості взаємодій. Щоб її подолати в мережево-комунікаційній моделі, застосовують стандартизовані правила побудови графа: кожен вузол і дуга мають чітко визначені атрибути — тип активності, час виконання, інтенсивність комунікацій, напрямок інформаційного потоку. Кожен взаємозв'язок оцінюється за кількісними показниками (кількість взаємодій, час затримки, частота відповіді), що переводить інтерпретацію із суто якісної у формалізовану та алгоритмічно вимірювану. Для вебпорталу це означає, що візуалізація результатів студентської наукової діяльності стає прозорою і відтворюваною: користувач бачить вузли, які відповідають за ключові рішення, інтенсивні комунікаційні канали, а периферійні сегменти відображають потенційні вузькі місця. Використання алгоритмів центральності (ступенева, посередницька, близькість) дозволяє об'єктивно визначити критичні точки і зони недостатньої координації, замість покладатися на суб'єктивне відчуття важливості подій або ролей учасників.

Таким чином, реалізація *мережево-комунікаційної* моделі у вигляді координативного графу забезпечує ключові переваги для вебпорталу: повну структурну деталізацію взаємодій, формалізацію оцінки ролей і впливу вузлів, а також можливість алгоритмічної аналітики, що робить візуалізацію об'єктивною, відтворюваною і придатною для порівняння результатів різних дослідницьких груп.

Виклад суті дослідження. У межах дослідження на етапі побудови координативного графа кожна подія, рішення або результат розглядалися як вузол із чітко визначеними атрибутами, включно з типом активності, часом виконання та роллю учасника. Взаємозв'язки між вузлами представлені дугами, параметризованими інтенсивністю, напрямністю та частотою взаємодій. Такий підхід дозволив формалізувати оцінку комунікацій, зменшуючи вплив інтерпретаційних припущень.

Далі проведено оптимізацію графа за допомогою кількісного аналізу центральності. Розрахунки

ступеневої центральності виявили вузли з максимальною кількістю зв'язків, що визначають ключові точки координації. Аналіз посередницької центральності дозволив ідентифікувати вузли, що виконують роль комунікаційних мостів між підмережами, тоді як близькість показала вузли, що здатні швидко впливати на інші компоненти мережі. На основі цих метрик визначено центральні та периферійні елементи комунікаційної структури та встановлено зони недостатньої координації.

При візуалізації у структурі вебпорталу граф реалізовано з використанням динамічних параметрів: товщина дуг відображає інтенсивність взаємодій, напрямок дуг – спрямованість інформаційного потоку, кольорове кодування вузлів демонструє ступінь їхньої центральності та роль у координації (рис). Така візуалізація забезпечує прозоре представлення динаміки проєкту, дозволяє відстежувати еволюцію дослідницьких процесів, швидко виявляти вузькі місця в комунікації та оцінювати ефективність участі кожного учасника.



Рис. Колірне кодування етапів підготовки наукового проєкту

Результатом реалізації стало отримання структурованої, формалізованої і алгоритмічно підкріпленої моделі, яка поєднує відтворюваність, аналітичну точність і здатність відображати реальну динаміку командної роботи. Оптимізація координативного графа дозволила не лише подолати суб'єктивність інтерпретацій, але й сформувати основу для подальшого прогнозування ефективності комунікаційних потоків і підтримки прийняття рішень у межах вебпорталу супроводу студентської наукової діяльності..

Висновки. Таким чином, інтегрування координативного графа у загальну структуру вебпорталу інформаційної підтримки наукової творчості дозволило візуалізувати в реальному часі комплексну модель розвитку проєктів, формуючи цілісне уявлення про перебіг дослідницької діяльності та забезпечуючи підґрунтя для прогнозування розвитку студентських ініціатив, що становить інформаційну основу для підвищення результативності пізнавальних практик та вдосконалення механізмів педагогічного й організаційного супроводу. Мережево-комунікаційна модель забезпечує необхідний рівень деталізації та аналітичної точності. Вона дозволяє трактувати кожну активність, рішення, інформаційний обмін або затримку як структурний елемент мережі з власними параметрами, а дуги визначати не лише як логічні зв'язки, а як носії інтенсивності, спрямованості та семантичної ваги. Це створює умови для застосування кількісних метрик центральності, що дає змогу об'єктивно оцінити ступінь внеску кожного учасника, виявити системні вузли, точки вразливості, периферійні сегменти та зони недостатньої координації.

Список використаних джерел

1. Burov O., Bykov V., Lytvynova S. ICT Evolution: from Single Computational Tasks to Modeling of Life. CEUR Workshop Proceedings. 2020, Vol. 2732. P. 583-590.
2. Neroda T. Resources actualization means of subject environments for students research activity. Current problems and prospects of technological and vocational education, Vol 6, 2021. P. 154-156.

НИКОЛАЄНКО Михайло
старший викладач кафедри ОІТ
Сумського ОІППО

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ У ОСВІТНЬОМУ ЗАКЛАДІ: ПРАКТИЧНІ ПОРАДИ

Анотація. У статті розглянуто питання організації електронного документообігу в сучасному навчальному закладі. Висвітлено основні етапи впровадження, визначено ключові інструменти, такі як Google Workspace for

Education та Microsoft 365 Education. Розкрито практичні поради з налаштування системи, підготовки персоналу та забезпечення інформаційної безпеки. Наведено переваги переходу до цифрового документообігу для підвищення ефективності управління закладом освіти.

Ключові слова: електронний документообіг, освіта, цифровізація, Google Workspace, Microsoft 365, управління, ІКТ.

Швидкі темпи розвитку комунікаційних та інформаційних технологій надають можливості швидких основоположних змін соціальних інститутів суспільства в цілому та державного управління зокрема, адже державне управління має встигати за змінами відповідати сучасному ритму життя. Перехід освітніх установ до електронного документообігу (ЕДО) є невід’ємною частиною процесу цифрової трансформації. Традиційний паперовий документообіг не відповідає сучасним вимогам оперативності, прозорості та екологічності. ЕДО забезпечує спрощення управлінських процедур, скорочення часу на погодження документів, а також підвищує рівень інформаційної безпеки. У контексті реформи освіти в Україні та розвитку концепції «Цифрова держава» впровадження ЕДО сприяє більш ефективному використанню ресурсів та створенню єдиного інформаційного простору навчального закладу.

Перехід від паперових до електронних документів дає змогу:

- скоротити час обробки документів;
- підвищити прозорість управлінських процесів;
- зменшити витрати на друк, архівування та зберігання паперових копій;
- забезпечити дистанційну роботу педагогів і адміністрації.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Інтернет містить багато матеріалів, присвячених електронному документообігу в освіті. На порталі «Всеосвіта» опубліковано серію статей про впровадження Google Workspace у школах, зокрема приклади автоматизації наказів та розкладу. Платформа «InBase» пропонує аналітичні огляди ефективності ЕДО для закладів освіти. Microsoft Education регулярно публікує навчальні посібники з налаштування Microsoft 365 для освітніх закладів. Ці ресурси є цінним орієнтиром для керівників шкіл та IT-фахівців.

Проблеми впровадження ЕДО на сучасному етапі у сфері освіти вивчають багато науковців, а саме: І.Застрожнікова, Л.Прокопенко, Т.Тарасенко, Ю. Вітін, Копняк Н., Корицька Г., Литвинова С., Носенко Ю., Пойда С., Седой В. Сіпачова О., Сокол І., Спірін О., Стромило І., Шишкіна М. та багато інших.

Монографія «Моделювання й інтеграція сервісів хмаро орієнтованого навчального середовища» охоплює інтеграцію електронних сервісів, хмарні технології та цифрову трансформацію освітнього процесу, що прямо пов’язано з електронним документообігом. Так, Сергій Пойда, розглядає електронний документообіг як невід’ємну частину хмаро орієнтованого навчального середовища, що забезпечує інтеграцію сервісів, автоматизацію процесів та підвищення ефективності управління освітніми ресурсами. У своїх дослідженнях Пойда акцентує увагу на моделюванні інформаційних потоків, що проходять через електронний документообіг, з метою оптимізації взаємодії між учасниками освітнього процесу — викладачами, студентами та адміністрацією, демонструє, як електронний документообіг сприяє розвитку гнучких форм навчання, дистанційного доступу до освітніх матеріалів та збереження академічної мобільності.

Христина Середа у статті «Електронний документообіг наукових установ галузі освіти у контексті цифровізації» досліджує механізми впровадження, перешкоди розвитку та сучасні підходи до модернізації електронного документообігу в освітніх установах.

Н.О. Пронь проводить дослідження «Документування в Україні: сучасний стан та напрями наступних досліджень». Розглядає електронний документообіг як частину переходу до інформаційного суспільства, аналізує законодавчі засади та перспективи впровадження в освітній сфері.

Мета статті – проаналізувати та обґрунтувати необхідність впровадження електронного документообігу в закладах освіти та розглянути основні його етапи.

Можливість запровадження електронного документообігу у школах передбачено Інструкцією з діловодства у закладах загальної середньої освіти та затверджено Наказом МОН України № 676 від 25 червня 2018 року. Цей документ регламентує порядок ведення документації в школах, включаючи вимоги до оформлення, обліку, зберігання та передачі документів.

Обіг електронних документів здійснюється наступним чином: на сервері організації створюється база даних, доступ до них здійснюється через браузер (як правило, підтримку браузера визначає розробник створеного інтерфейсу). Доступ можливий як через локальну мережу, так і через Інтернет. Далі документи завантажуються у виділені папки, які розподілені відповідно до організаційної структури.

Поступове запровадження повного електронного документообігу у школі в перспективі веде до

започаткування електронного документообігу між школою та державними органами.

Зовсім недавно у школах започаткували ведення електронних журналів для учнів, що є першим кроком до запровадження електронного документообігу.

Розглянемо основні етапи впровадження ЕДО в закладі освіти.

1. Аналіз потреб і готовності

На першому етапі слід провести оцінку поточного стану документообігу. Потрібно визначити обсяг документів, рівень цифрової компетентності працівників, наявність технічних ресурсів і потреби у навчанні. Аналіз допомагає зрозуміти, які процеси доцільно автоматизувати першими.

2. Вибір платформи. Із запровадженням дистанційного навчання кожна школа для себе обрала платформу, на якій буде здійснювати дистанційну освіту. Більшість шкіл користуватись або Google Workspace for Education або Microsoft Office 365 Education. Саме на них варто орієнтуватись в першу чергу, оскільки надійність, довговічність, безпечність збереження даних у цих корпорацій значно вища, ніж у будь-яких інших компаній.

Google Workspace забезпечує просту інтеграцію з Chromebooks, автоматичне збереження документів і спільну роботу в реальному часі. Microsoft 365 має потужні інструменти безпеки та підтримує офлайн-доступ. Вибір системи залежить від наявної інфраструктури та бюджету закладу.

3. Налаштування процесів. Після вибору платформи необхідно визначити структуру папок, права доступу, шаблони документів і порядок погодження. Важливо стандартизувати найпоширеніші документи — накази, звіти, заяви. Це забезпечує однаковість оформлення та полегшує контроль за виконанням.

4. Навчання персоналу. Навчання педагогічного та адміністративного персоналу є ключовим фактором успіху. Рекомендується проводити семінари, вебінари або створити внутрішні інструкції. Доцільно призначити координатора з цифровізації, який підтримуватиме колег у роботі з ЕДО.

5. Тестовий період і перехід. На завершальному етапі проводиться тестування системи. Під час пілотного періоду можна оцінити зручність користування, швидкість обробки документів та рівень помилок. Після усунення недоліків відбувається повний перехід на електронний формат роботи.

Для успішного впровадження ЕДО рекомендується:

- Створити внутрішні положення про електронний документообіг;
- Проводити резервне копіювання даних;
- Використовувати двофакторну аутентифікацію;
- Забезпечити технічну підтримку користувачів;
- Періодично оновлювати політику безпеки.

Важливо також враховувати психологічний аспект — частина персоналу може сприймати цифровізацію як складність, тому слід забезпечити підтримку й поступовість змін.

Впровадження ЕДО має низку переваг:

По-перше, це економія часу й ресурсів, адже зменшується потреба у друкуванні та архівуванні документів.

По-друге, покращується контроль виконання завдань, оскільки система дозволяє відстежувати статус кожного документа.

По-третє, зростає прозорість управління та довіра до адміністрації. Крім того, цифрові системи відкривають можливості для аналітики, що дозволяє оптимізувати процеси та підвищити ефективність управління.

Висновок. Організація електронного документообігу у навчальному закладі є важливим кроком у напрямі цифрової трансформації освіти. Вона потребує системного підходу, навчання персоналу та належної технічної підтримки. Ефективне впровадження ЕДО дозволяє створити сучасне освітнє середовище, що відповідає вимогам часу, підвищує якість управління і робить освітній процес більш відкритим та результативним.

В статті було зроблено акцент на використанні освітніх платформ для організації електронного документообігу, але слід зауважити про наявність великої кількості комерційних платформ, які надають дану послугу на більш професійному підході.

Список використаних джерел

1. Застрожнікова І. Електронний документообіг у сфері освіти. – Освітній простір, 2020.
2. Електронний документообіг. Лайфхаки від заступника директора. – Всеосвіта, 2022. URL: <https://vseosvita.ua>
3. InBase. Електронний документообіг в закладі освіти: впровадження, можливості, успішний досвід. – 2024.
4. Google Workspace for Education. Official documentation. URL: <https://edu.google.com>

ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ФІЛОЛОГІЧНУ ОСВІТУ КОЛЕДЖІВ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ

Анотація. У статті розглянуто особливості інтеграції цифрових технологій у викладання української мови та літератури в закладах фахової передвищої освіти в умовах цифрової трансформації освітнього простору України. Проаналізовано наукові підходи до використання цифрових інструментів у філологічній освіті та узагальнено практичний досвід їхнього застосування. Систематизовано основні категорії цифрових технологій (LMS-платформи, сервіси створення інтерактивного контенту, інструменти розвитку мовленнєвих навичок, платформи для дискусій, мультимедійні ресурси) та визначено їхні дидактичні можливості. На основі експериментального дослідження встановлено позитивний вплив комплексного використання цифрових технологій на підвищення навчальних досягнень, читацької компетентності та мотивації студентів. Зазначено основні виклики цифровізації філологічної освіти та окреслено перспективи подальших досліджень у напрямі створення цифрових навчально-методичних комплексів і впровадження штучного інтелекту в освітній процес.

Ключові слова: цифрові технології, філологічна освіта, українська мова та література, LMS, інтерактивне навчання, цифрова компетентність.

Цифрова трансформація освітнього простору України, прискорена умовами воєнного стану та необхідністю переходу на дистанційні та змішані форми навчання, актуалізує питання ефективної інтеграції цифрових технологій у викладання гуманітарних дисциплін, зокрема української мови та літератури [2; 8]. Заклади фахової передвищої освіти опинилися перед викликом збереження якості філологічної підготовки студентів за умов обмеженого часу на вивчення базових дисциплін, необхідності формування не лише предметних, а й цифрових компетентностей майбутніх фахівців [3:3–5]. За даними Міністерства освіти і науки України, понад 85% закладів освіти використовують цифрові платформи для організації навчання, проте питання якості цифрового контенту, методичної доцільності застосування конкретних технологій та їхнього впливу на навчальні результати потребує глибокого наукового осмислення [2]. Особливо гостро ця проблема постає в закладах фахової передвищої освіти, де студенти здобувають професійну освіту за скороченими програмами, а викладачі мають адаптувати традиційні методики до нових реалій цифрового навчального середовища [1:2].

Проблематика впровадження цифрових технологій в освітній процес досліджується у працях вітчизняних та зарубіжних науковців. Теоретичні засади цифровізації освіти розроблені у монографії О. Гулай, В. Кабак, Т. Герасимчук, які аналізують засоби та технології цифрового навчання, smart-освіту, особливості адаптації освітнього процесу до цифрового середовища [4:45–78]. Методичні аспекти викладання української мови з використанням інформаційно-комунікаційних технологій висвітлені в роботах Н. Савчук, яка обґрунтовує доцільність застосування інноваційних технологій навчання (круглий стіл, презентації, диспут, конференція) у викладанні філологічних дисциплін [9:34–56]. О. Кузьменко та М. Дяченко досліджують організацію самостійної роботи студентів з української мови за професійним спрямуванням у дистанційному форматі, акцентуючи на системно-синергетичних аспектах [6]. Практичний досвід використання цифрових технологій під час війни узагальнено у публікації «Навчання під час війни: як і чому цифрові технології стали рятівним колом та орієнтиром для освіти», де аналізується рейтинг THE Online Learning Rankings 2024 та досвід українських університетів [8]. Розвивальні можливості цифрових технологій на заняттях української словесності в технічному коледжі досліджує Ю. Іваненко, наголошуючи на важливості цифрових технологій для інтенсифікації та результативності навчального процесу [5]. Методичні рекомендації МОН щодо викладання української мови та літератури підкреслюють необхідність формування компетентних учнів з високим рівнем критичного мислення, спроможних до самореалізації в цифровому суспільстві [7]. Використання цифрових інструментів на заняттях і української мови та літератури висвітлюється у роботах практиків-педагогів, які акцентують увагу на застосуванні платформ LearningApps, Wordwall, Quizlet, Kahoot, Mentimeter [2;3].

Водночас слід зазначити, що більшість досліджень зосереджена на цифровізації освіти в класичних університетах або загальноосвітніх школах, тоді як специфіка впровадження цифрових технологій у викладання української мови та літератури, української мови за професійним спрямуванням саме в закладах фахової передвищої освіти залишається малодослідженою. Відсутні комплексні дослідження, які б інтегрували технологічний, методичний та дидактичний аспекти використання цифрових інструментів у філологічній освіті здобувачів освіти коледжів. Недостатньо вивченими залишаються питання ефективності конкретних цифрових

технологій для розвитку мовленнєвої, літературної та читацької компетентностей, особливості організації контролю якості знань у цифровому середовищі, шляхи подолання цифрової нерівності серед здобувачів фахової передвищої освіти.

Мета роботи полягає в теоретичному обґрунтуванні та практичному визначенні ефективних цифрових технологій викладання української мови та літератури, української мови за професійним спрямуванням в закладах фахової передвищої освіти, виявленні специфіки їхнього застосування для розвитку ключових компетентностей студентів та формулюванні методичних рекомендацій щодо інтеграції цифрових інструментів у філологічну освіту.

На основі аналізу наукової літератури [4;5; 6;9] та власного педагогічного досвіду викладання української мови та літератури, української мови за професійним спрямуванням у ВСП «Запорізький гуманітарний фаховий коледж НУ «Запорізька політехніка»» було виявлено, що цифрові технології у викладанні філологічних дисциплін виконують три основні функції: інформаційно-комунікативну (забезпечення доступу до навчального контенту, організація взаємодії), інструментальну (надання засобів для створення, редагування, презентації текстів) та контрольної-діагностичну (моніторинг навчальних досягнень, забезпечення зворотного зв'язку) [5].

Систематизація цифрових технологій дозволила виокремити п'ять основних категорій інструментів, які доцільно використовувати у викладанні української мови та літератури в закладах фахової передвищої освіти.

Перша категорія – системи управління навчанням (LMS (Learning Management System - система управління навчанням): Moodle, Google Classroom, Microsoft Teams). Ці платформи створюють цілісне цифрове навчальне середовище, де викладач може розмішувати навчальні матеріали (лекції, презентації, відеоуроки), організовувати асинхронну та синхронну взаємодію зі студентами, здійснювати контроль знань через тестування та перевіряти письмові роботи [4:89–102]. Специфіка використання LMS у викладанні філологічних дисциплін полягає в можливості створення тематичних форумів для обговорення літературних творів, організації колективної роботи над аналізом текстів, ведення електронних портфоліо студентів з їхніми творчими роботами. Проведений аналіз показав, що використання Google Classroom для курсу «Українська мова за професійним спрямуванням» дозволило збільшити охоплення студентів навчальними матеріалами на 40%, оскільки здобувачі освіти, які поєднують навчання з роботою, отримали можливість опрацьовувати контент у зручний час.

Друга категорія – інструменти для створення інтерактивного контенту (Padlet, Canva, Genially, ThingLink). Ці сервіси дозволяють перетворити статичний навчальний матеріал на інтерактивний, залучаючи різні канали сприйняття інформації [3]. Наприклад, платформа Padlet використовується для створення віртуальних дошок, де здобувачі освіти можуть колективно аналізувати художній твір, розміщуючи цитати, коментарі, ілюстрації, встановлюючи інтертекстуальні зв'язки. Інструмент Canva дозволяє студентам створювати візуальні інтерпретації літературних образів, інфографіку з біографії письменників, буктрейлери. Genially використовується для розробки інтерактивних презентацій з української літератури, де кожен слайд містить активні елементи: відеофрагменти вистав, аудіодекламації, посилання на критичні статті. ThingLink дозволяє створювати інтерактивні зображення, наприклад, карту літературних місць України з мультимедійними мітками. Застосування цих інструментів у курсі української літератури показало підвищення мотивації студентів до читання художніх творів на 35%, що фіксувалося через аналіз активності на заняттях та опитування.

Третя категорія – цифрові інструменти для розвитку мовленнєвих навичок (Quizlet, Kahoot, LearningApps, LanguageTool). Ці сервіси спеціалізуються на тренуванні конкретних мовних компетентностей [2; 3]. Quizlet використовується для створення інтерактивних карток з вивчення орфографії, лексики, граматики української мови, що особливо ефективно для студентів з різним вихідним рівнем знань. Kahoot дозволяє проводити ігрові тестування з української мови в синхронному режимі, перетворюючи перевірку знань на захоплюючу змагальну діяльність [3]. LearningApps надає можливість створювати різноманітні типи вправ: вправи на встановлення відповідності (термін – визначення), класифікацію (розподіл слів за частинами мови), заповнення пропусків (орфографічні вправи), кросворди з термінології [2]. LanguageTool – це онлайн-сервіс перевірки правопису та стилістики української мови, який здобувачі освіти використовують для самоконтролю при написанні есе, рефератів, ділових документів. Інтеграція цих інструментів у навчальний процес забезпечила зниження кількості орфографічних та граматичних помилок у письмових роботах студентів на 28% протягом семестру.

Четверта категорія – платформи для організації дискусій та колективної роботи (Mentimeter, Miro, Jamboard, Padlet). Ці інструменти особливо важливі для розвитку комунікативних компетентностей та критичного мислення [3;7]. Mentimeter використовується для проведення швидких опитувань на початку або в

кінці заняття, збору думок студентів про прочитаний твір у форматі «хмари слів», анонімного голосування щодо інтерпретації художнього образу. Migo – це віртуальна дошка для колективної роботи, де здобувачі освіти можуть створювати інтелект-карти для аналізу літературного твору, схеми сюжету, характеристики персонажів. Jamboard (Google) використовується для брейнстормінгу під час аналізу проблемних питань з української літератури, створення асоціативних рядів. Padlet дозволяє організувати асинхронну дискусію, де студенти розміщують свої тези, коментують думки одногрупників, прикріплюють мультимедійні матеріали на підтвердження аргументів. Використання цих платформ сприяло підвищенню активності студентів на заняттях: якщо при традиційній формі обговорення у дискусії брали участь 30-40% студентів, то при використанні цифрових платформ – 75-85%.

П'ята категорія – інструменти для створення та перегляду мультимедійного контенту (YouTube, TED-Ed, Loom, Flipgrid). Відео є потужним засобом візуалізації навчального матеріалу, особливо для викладання літератури [3;8]. YouTube використовується для перегляду екранізацій літературних творів, відеолекцій провідних літературознавців, документальних фільмів про письменників. TED-Ed дозволяє створювати інтерактивні відеоуроки з вбудованими запитаннями для перевірки розуміння. Loom використовується викладачами для запису коротких пояснювальних відео з граматики, аналізу художніх творів, які студенти можуть переглядати багаторазово. Flipgrid – це платформа для створення коротких відеовідповідей здобувачів освіти, що розвиває навички усного мовлення. Наприклад, студенти записують відеорецензії на прочитані твори, декламують вірші, презентують результати дослідницьких проєктів. Аналіз показав, що використання відеоформату для викладу матеріалу підвищило рівень його засвоєння на 32% порівняно з текстовим форматом, що пояснюється особливостями сприйняття інформації сучасним поколінням [1;8].

Важливим аспектом використання цифрових технологій є організація контролю якості знань та забезпечення академічної доброчесності [7]. Для цього нами розроблено комплекс заходів: використання синхронних відеоконсультацій для усних відповідей, створення індивідуалізованих завдань через генератори варіантів у LMS, застосування сервісів перевірки на плагіат (Unicheck, StrikePlagiarism), розробка комплексних кейс-завдань, що вимагають застосування знань у новій ситуації та унеможливають копіювання готових відповідей.

Аналіз ефективності використання цифрових технологій проводився на базі ВСП «Запорізький гуманітарний фаховий коледж НУ «Запорізька політехніка»» протягом 2024-2025 навчального року. В експерименті брали участь дві групи студентів спеціальності 242 «Туризм та рекреація» (n=48): експериментальна група (n=24) навчалася з систематичним використанням усіх п'яти категорій цифрових технологій, контрольна група (n=24) – за традиційною методикою з епізодичним використанням презентацій PowerPoint. Результати порівняльного аналізу показали, що в експериментальній групі середній бал з української мови підвищився з 3,8 до 4,3 (на 13%), тоді як у контрольній – з 3,7 до 3,9 (на 5%); рівень читацької компетентності (за методикою PISA) в експериментальній групі зріс на 24%, у контрольній – на 8%; мотивація до вивчення української літератури (за анкетуванням) підвищилася на 41% в експериментальній групі та на 12% у контрольній.

Проте слід зазначити і виклики, з якими стикаються викладачі при впровадженні цифрових технологій [1;8]: необхідність значних часових затрат на освоєння нових інструментів та створення якісного цифрового контенту; проблема цифрової нерівності серед здобувачів освіти (не всі мають потужні пристрої та стабільний інтернет); ризик надмірної технологізації на шкоду змістовій складовій навчання; необхідність постійного оновлення навичок у зв'язку зі швидким розвитком технологій.

Цифрові технології є потужним інструментом підвищення ефективності викладання української мови та літератури, українська мова за професійним спрямуванням в закладах фахової передвищої освіти за умови їхньої методично обґрунтованої інтеграції в освітній процес [4;5;7]. Систематизація цифрових інструментів за функціональним призначенням (системи управління навчанням, інструменти створення інтерактивного контенту, сервіси розвитку мовленнєвих навичок, платформи для дискусій, інструменти мультимедіа) дозволяє викладачам обирати оптимальні технології відповідно до конкретних дидактичних завдань.

Експериментальна перевірка засвідчила статистично значуще підвищення навчальних досягнень здобувачів освіти, рівня читацької компетентності та мотивації до вивчення філологічних дисциплін при систематичному використанні цифрових технологій. Ключовими умовами ефективності є комплексне застосування різних типів цифрових інструментів, а не фрагментарне використання окремих сервісів; інтеграція технологій у систему традиційних методів навчання, а не їхня повна заміна; забезпечення балансу між цифровим та «живим» спілкуванням; постійне підвищення цифрової компетентності викладачів [1;7].

Перспективи подальших досліджень вбачається у розробці цифрового навчально-методичного комплексу з української мови та літератури, українська мова за професійним спрямуванням для закладів фахової

передвищої освіти різного профілю, вивченні можливостей використання штучного інтелекту (ChatGPT, Gemini) як асистента у навчанні філологічних дисциплін, дослідженні довгострокових ефектів цифровізації на формування філологічних компетентностей, розробці критеріїв оцінювання якості цифрового освітнього контенту з української мови та літератури.

Список використаних джерел

1. Використання цифрових інструментів для подолання освітніх втрат на уроках української мови та літератури. Всеосвіта. URL : <https://vseosvita.ua/blogs/vykorystannya-tsyfrovykh-instrumentiv-dlya-podolannya-osvitnikh-vtrat-na-urokakh-ukrainskoi-movy-ta-literatury-107520.html> (дата звернення: 03.11.2025).
2. Використання цифрових інструментів на уроках української мови та літератури. Освітній портал Na Urok. URL: <https://naurok.com.ua/vikorystannya-cifrovih-instrumentiv-na-urokakh-ukra-nsko-movi-ta-literaturi-454201.html> (дата звернення: 03.11.2025).
3. Використання цифрових технологій на уроках мови та літератури. Освітній портал видавництва «Ранок». 2025. URL: <https://ranok-portal.com.ua/publikatsii/vykorystannya-cyfrovyh-tehnologij-na-urokakh-movy-ta-literatury/> (дата звернення: 03.11.2025).
4. Гулай О. І., Кабак В. В., Герасимчук Т. В. Засоби та технології цифрового навчання : монографія. Луцьк : ЛНТУ, 2023. 172 с. URL: <https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2023-11/Монографія%20Гулай,%20Кабак,%20Герасимчук.pdf> (дата звернення: 03.11.2025).
5. Іваненко Ю. Розвивальні можливості цифрових технологій на заняттях української словесності в технічному коледжі. Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems. 2018. URL: <https://vspu.net/sit/index.php/sit/article/view/378> (дата звернення: 03.11.2025).
6. Кузьменко О. В., Дяченко М. Д. Самостійна робота студентів з вивчення української мови за професійним спрямуванням: системно-синергетичні аспекти. New Inception. 2020. URL: <https://newinception.com.ua/index.php/newinception/article/view/53> (дата звернення: 03.11.2025).
7. Методичні рекомендації щодо викладання української мови та літератури в 2023-2024 навчальному році. Кафедра мовно-літературної освіти Київського університету імені Бориса Грінченка. 2024. URL: <https://mova.ipu.kubg.edu.ua/archives/447> (дата звернення: 03.11.2025).
8. Навчання під час війни: як і чому цифрові технології стали рятувним колом та орієнтиром для освіти. Українська правда. Життя. 2024. URL : <https://life.pravda.com.ua/projects/navchayemo-i-zrostayemo/cifrovi-tehnologii-305855/> (дата звернення: 03.11.2025).
9. Савчук Н. М. Українська мова за професійним спрямуванням : навчальний посібник. Умань : ВПЦ «Візаві», 2019. 160 с. URL: https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/11539/1/ukrayinska_mova.pdf (дата звернення: 03.11.2025).

ОЛІЙНИК А.А.

ВСП ЗГФК НУ «Запорізька політехніка»

ТРАНСФОРМАЦІЯ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ: ВІД ТРАДИЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДО ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація. У статті розглянуто еволюцію методики викладання української мови — від традиційних форм і засобів навчання до сучасних цифрових технологій та інструментів штучного інтелекту. Проаналізовано основні етапи розвитку мовної освіти: від «букварної» парадигми через аудіовізуальні засоби та комп'ютеризацію до використання інтелектуальних, адаптивних і імерсивних технологій (AI, VR/AR, гейміфікація). Визначено потенціал інтеграції цифрових інструментів у навчання української мови з урахуванням її морфологічних і культурних особливостей. Обґрунтовано доцільність синергетичного підходу, який поєднує педагогічну традицію з інноваційними технологіями, сприяючи формуванню мовної, цифрової та комунікативної компетентностей. Окреслено перспективи подальших досліджень у напрямі розробки адаптивних україномовних систем, створення VR-середовищ і підвищення AI-компетентності викладачів.

Ключові слова: українська мова; цифровізація освіти; штучний інтелект; гейміфікація; віртуальна реальність; адаптивне навчання; мовна освіта; методика викладання.

Українська мова є невід'ємною частиною національної ідентичності та культурної спадщини. У сучасному світі, що стрімко глобалізується та цифровізується, ефективне навчання рідної мови набуває особливого значення для збереження мовної ідентичності та формування комунікативної компетентності громадян. Виклики інформаційної епохи вимагають переосмислення традиційних підходів до викладання та

інтеграції новітніх технологій у педагогічну практику. Актуальність дослідження полягає у необхідності системного осмислення еволюції методів навчання української мови від початкових етапів до сучасних цифрових парадигм, а також у пошуку оптимальних шляхів поєднання педагогічної мудрості минулого з інноваційними можливостями майбутнього [1; 2, с. 72].

Центральна проблема дослідження полягає у виявленні оптимального балансу між збереженням глибинних традицій викладання української мови, які формувалися століттями, та адаптацією до динамічного технологічного прогресу. Сучасні наукові та практичні завдання вимагають не просто заміни традиційних інструментів цифровими, а створення синергійної моделі, здатної забезпечити глибоке розуміння мови, її культурного контексту та ефективне володіння нею у всіх сферах життя. Це завдання безпосередньо пов'язане з формуванням мовної та цифрової компетентності громадян, підвищенням якості освітніх послуг та збереженням культурної унікальності в умовах глобальних трансформацій [1; 6, с. 3].

Питання методики викладання мов із застосуванням технологій активно досліджуються в міжнародному науковому просторі. Яо С., Орлова О. П., Тимчук І. М. у своєму актуальному дослідженні проаналізували вплив інтеграції цифрових технологій на ефективність викладання української мови у закладах вищої освіти, виявивши значне підвищення мотивації студентів та покращення їхньої академічної успішності [1]. Автори підкреслюють необхідність системної підтримки викладачів через підвищення кваліфікації та забезпечення доступу до цифрових ресурсів.

Escalante J. та Pack A. у своєму дослідженні проаналізували ефективність AI-генерованого зворотного зв'язку для розвитку письмових навичок студентів, виявивши значне підвищення мотивації та якості навчальних результатів [3]. Huang X. та співавтори у фундаментальній роботі систематизували вплив штучного інтелекту на мовне навчання, зосередившись на персоналізації, адаптивних системах та розвитку саморегуляції учнів [4, с. 2–5].

Проблематика віртуальної реальності у мовній освіті детально висвітлена в дослідженнях Ding M., яка вивчала вплив високоіммерсивної віртуальної реальності на зниження тривожності під час вивчення іноземної мови [5, с. 5]. Lu S. представила інноваційний підхід до використання інтерактивних VR-середовищ для покращення комунікативних навичок, демонструючи точність моделі 98,56% [10, с. 2].

Гейміфікація як педагогічна стратегія комплексно проаналізована Shen Z., Lai M. та Wang F., які емпірично підтвердили позитивний вплив ігрових елементів на мотивацію та навчальні досягнення у мовній освіті [8, с. 3–4]. Luo Z. провела систематичний огляд ефективності гейміфікованих інструментів для вивчення мов, виявивши змішані результати залежно від контексту застосування [9, с. 2].

Adaptive learning systems досліджені Wang M. та Lin F., які показали, що AI-медіація сприяє розвитку метакогнітивних та саморегуляційних навичок учнів через персоналізований контент та миттєвий зворотний зв'язок [7, с. 4–6].

Однак комплексного дослідження еволюції методів викладання саме української мови з урахуванням її морфологічних, синтаксичних та соціокультурних особливостей, а також специфіки інтеграції сучасних технологій у україномовний освітній контекст у науковій літературі досі бракує [1].

Попри значний обсяг досліджень загальних принципів застосування технологій у мовній освіті, залишаються недостатньо розробленими питання конкретних моделей інтеграції адаптивного навчання, віртуальної та доповненої реальності, гейміфікації саме для української мови. Недостатньо досліджена ефективність персоналізованих AI-систем для корекції вимови українських звуків, формування синтаксичної правильності з урахуванням вільного порядку слів, роботи зі складною системою відмінків. Також потребує вивчення розробка україноцентричних цифрових освітніх ресурсів, що враховують регіональні діалектичні особливості, культурний контекст та специфіку комунікативної культури [1; 2, с. 85].

Метою дослідження є комплексний аналіз еволюції підходів до навчання української мови, виявлення ключових етапів її розвитку від традиційних методів до сучасних цифрових інструментів та окреслення перспектив подальшої трансформації.

Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання:

1. Простежити історичні етапи формування методики викладання української мови від традиційних до цифрових підходів.
2. Дослідити вплив ключових технологічних інновацій (аудіовізуальні засоби, комп'ютери, Інтернет, AI) на зміст та форми навчання.
3. Визначити потенціал та виклики використання новітніх цифрових інструментів (VR, AR, адаптивні платформи, гейміфікація) для підвищення ефективності вивчення української мови.
4. Сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо інтеграції інноваційних технологій з

урахуванням лінгвістичної специфіки української мови та національного культурного контексту.

Еволюція навчання української мови пройшла шлях від примітивних, але фундаментальних, до високотехнологічних та інтерактивних методів, кожен з яких залишив свій слід у педагогічній практиці.

Епоха «Букваря» (традиційні методи). Початковий етап методики викладання української мови характеризувався домінуванням фронтальних форм організації навчання, використанням підручника як основного, часто єдиного, джерела знань, класної дошки та крейди як провідних технічних засобів. Методична парадигма базувалася на заучуванні граматичних правил, систематичному відпрацюванні мовних структур через вправи репродуктивного характеру, диктанти та перекази. Основний акцент робився на формуванні орфографічної та пунктуаційної грамотності як показника освіченості.

Цей підхід, незважаючи на певну методичну ригідність та обмежену індивідуалізацію, закладав міцний фундамент системних знань про мову, розвивав аналітичні здібності учнів, формував дисципліну розумової праці. Проте він часто характеризувався недостатньою комунікативною складовою – мова вивчалася переважно як система, а не як засіб живого спілкування.

Епоха аудіо-відео засобів (початок інтерактивності). Поява магнітофонів у 60-70-х роках ХХ століття, а пізніше телевізорів та відеоманітофонів, стала справжньою методичною революцією в мовній освіті. Ці технічні засоби вперше дозволили інтегрувати автентичне живе мовлення носіїв української літературної мови, організувати систематичну роботу над аудіюванням, переглядати навчальні фільми та телепередачі українською мовою.

Це значно збагатило звукове середовище навчання, дозволило працювати над правильною вимовою та інтонацією української мови, розширило активний та пасивний словниковий запас за рахунок автентичних матеріалів. Проте взаємодія залишалася переважно односторонньою – від медіа до учня, без можливості інтерактивного діалогу.

Епоха персональних комп'ютерів та Інтернету (цифрова революція). З широким поширенням персональних комп'ютерів у 90-х роках та масовим доступом до мережі Інтернет на початку 2000-х відкрилися якісно нові горизонти мовної освіти. З'явилися електронні словники та довідники, програми-перекладачі, комп'ютерні навчальні ігри, а пізніше – онлайн-курси та освітні платформи.

Це дозволило зробити навчання української мови більш доступним (географічно та часово), інтерактивним (з можливістю миттєвого зворотного зв'язку) та індивідуалізованим (учні отримали можливість працювати у власному темпі, обирати цікаві теми). Вчителі отримали доступ до величезної кількості цифрових ресурсів, мультимедійних матеріалів, можливостей для дистанційного навчання [1; 2, с. 75–78].

Сучасна епоха «Байта»: штучний інтелект та іммерсивні технології. Сучасний етап характеризується повним зануренням освітнього процесу в інтелектуальні технології, що створює безпрецедентні можливості для персоналізації та інтенсифікації навчання.

Штучний інтелект у мовній освіті. AI-технології радикально трансформують процес вивчення мови через кілька механізмів. Чат-боти та розмовні агенти на базі великих мовних моделей здатні забезпечити персоналізовану практику усного та писемного мовлення, надавати миттєвий детальний зворотний зв'язок щодо граматичної правильності, синтаксичної структури та навіть фонетичних особливостей української мови [3; 4, с. 5–7].

Адаптивні навчальні системи на основі машинного навчання аналізують індивідуальний прогрес кожного учня та автоматично коригують навчальний план, пропонуючи матеріали та вправи, що відповідають персональним потребам та зоні найближчого розвитку [7, с. 8]. Це особливо цінно для української мови з її складною системою відмінювання (7 відмінків, множинні словозмінні класи), багатою дієслівною морфологією (доконаний/недоконаний вид, часи, способи) та розгалуженою системою словотворення.

Дослідження підтверджують, що AI-генерований зворотний зв'язок значно покращує мотивацію учнів, знижує тривожність, пов'язану з мовними помилками, та сприяє формуванню самостійності в навчанні [3, с. 5–7].

Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR). Іммерсивні технології створюють принципово нові можливості для контекстуалізованого навчання мови. VR дозволяє створювати повністю занурені віртуальні середовища, де учні можуть "жити" в україномовному просторі, взаємодіяти з віртуальними носіями мови, відвідувати віртуальні музеї української культури чи історичні локації [5, с. 12; 10, с. 3].

Дослідження Ding M. продемонструвало, що високоіммерсивна віртуальна реальність (HiVR) ефективно знижує мовну тривожність та підвищує залученість студентів, особливо при використанні situated learning підходів [5, с. 8–10]. Lu S. із застосуванням machine learning моделі (RNN-ISVM) показала, що VR-середовища з персоналізованим зворотним зв'язком досягають точності 98,56% у оцінці мовних навичок [10, с. 4].

AR-технології можуть доповнювати реальний світ текстовими підказками українською мовою, перекладами, історичними фактами, створюючи постійно присутнє мовне середовище. Наприклад, наведення смартфона на об'єкт може викликати назву українською, етимологію слова, цікаві факти.

Гейміфікація мовного навчання. Використання ігрових елементів (очки, рівні, досягнення, таблиці лідерів, наративи) у навчальному процесі значно підвищує мотивацію та залученість учнів, перетворюючи потенційно рутинні вправи на захопливий квест [8; 9].

Shen Z. та співавтори у своєму емпіричному дослідженні підтвердили, що інтеграція гейміфікації позитивно впливає на навчальні досягнення у вивченні мови, причому цей ефект медіюється через підвищення мотивації учнів [8, с. 6–8]. Для української мови це може реалізовуватися через ігри на знання фразеологізмів, правильне використання відмінків у різних контекстах, етимології слів, діалектних особливостей, історії мовного розвитку.

Однак систематичний огляд Luo Z. виявляє, що ефективність гейміфікованих інструментів варіюється залежно від якості педагогічного дизайну, інтеграції в курикулум та індивідуальних особливостей учнів [9, с. 12–15]. Критично важливим є баланс між розважальною та навчальною складовими.

Адаптивні навчальні системи. Завдяки аналізу великих даних (learning analytics), сучасні освітні платформи можуть точно діагностувати сильні та слабкі сторони кожного учня, автоматично пропонувати індивідуальні траєкторії навчання, що є особливо ефективним для класів із різним рівнем мовної підготовки [7, с. 10–12].

Wang M. та Lin F. показали, що AI-медіація в навчанні сприяє розвитку метакогнітивних навичок та саморегуляції – учні вчаться самостійно ставити цілі, планувати навчальні сесії, рефлексувати над власним прогресом [7, с. 14]. Для української мови це означає можливість персоналізованої роботи над індивідуальними труднощами – чи то система відмінків, чи орфографічні правила, чи синтаксична побудова складних речень.

Еволюція навчання української мови – це безперервний процес інтеграції нових інструментів, методик та педагогічних парадигм. Від перших «букварних» кроків через аудіовізуальну революцію до сучасних цифрових «байтів» кожен етап привносив унікальний внесок у методичний арсенал.

Традиційні підходи заклали фундамент системних знань про структуру мови, розвинули аналітичне мислення та мовну інтуїцію. Аудіо-відео засоби збагатили сенсорний досвід, наблизили навчання до автентичного мовлення. Епоха персональних комп'ютерів та Інтернету зробила навчання доступним, інтерактивним та різноманітним. Сучасні інтелектуальні технології – AI, VR/AR, гейміфікація, адаптивні системи – відкривають небачені можливості для персоналізації, імерсії та підвищення внутрішньої мотивації учнів [1; 4, с. 15–17].

Ключовим висновком дослідження є те, що найбільш ефективним є синергетичний підхід, який інтегрує перевірені часом педагогічні принципи з потужністю новітніх технологій, адаптуючи їх до унікальних лінгвістичних особливостей української мови (складна морфологія, багате словотворення, вільний порядок слів) та культурного контексту (історична пам'ять, національна ідентичність, соціокультурні цінності).

Важливо підкреслити, що технології самі по собі не є панацеєю – їхня ефективність критично залежить від педагогічного дизайну, методичної компетентності вчителів, інтеграції в цілісний курикулум та врахування індивідуальних особливостей учнів [1; 8, с. 12].

Подальші дослідження доцільно зосередити на кількох пріоритетних напрямках. По-перше, розробка та емпірична валідація україномовних адаптивних AI-систем, здатних розпізнавати регіональні діалекти та акценти (південно-західні, північні, південно-східні говірки), надаючи цільований зворотний зв'язок з урахуванням літературної норми [4, с. 18].

По-друге, створення комплексних VR-середовищ, що моделюють реальні комунікативні ситуації в українському культурному контексті – віртуальні екскурсії музеями України, історичними місцями, спілкування з віртуальними персонажами на теми української історії, літератури, мистецтва [10, с. 6].

По-третє, лонгитюдні дослідження впливу гейміфікованих та інтелектуальних платформ на формування не лише мовної, але й комунікативної та соціокультурної компетентності учнів у вивченні української мови [9, с. 16].

По-четверте, розвиток цифрової та AI-компетентності самих викладачів української мови – без цього технології залишаться недовикористаним ресурсом. Необхідні спеціалізовані програми підвищення кваліфікації, методичні рекомендації, спільноти практиків.

По-п'яте, вивчення етичних аспектів використання AI у мовній освіті – питання приватності даних учнів, потенційної залежності від технологій, збереження людського виміру педагогічної взаємодії, недопущення заміни вчителя алгоритмом.

Нарешті, критично важливою є розробка національних стандартів якості для цифрових україномовних освітніх ресурсів, створення репозиторіїв відкритих освітніх матеріалів, координація зусиль науковців, розробників та практиків для формування цілісної екосистеми технологічно збагаченої української мовної освіти.

Список використаних джерел

1. Яо С., Орлова О. П., Тимчук І. М. Вплив інтеграції цифрових технологій на ефективність викладання української мови у закладах вищої освіти. Педагогічна Академія: наукові записки. 2025. № 17. URL: <https://pedagogical-academy.com/index.php/journal/article/view/843> (дата звернення: 07.11.2025).
2. Vysotska V., Pukach P., Lytvyn V., Uhryn D., Ushenko Y., Hu Z. Intelligent analysis of Ukrainian-language tweets for public opinion research based on NLP methods and machine learning technology. International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS). 2023. Vol. 15. No. 3. P. 70–93. URL: <https://www.mecspress.org/ijmecs/ijmecs-v15-n3/v15n3-6.html> (дата звернення: 07.11.2025).
3. Escalante J., Pack A., Barrett A. AI-generated feedback on writing: insights into efficacy and ENL student preference. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2023. Vol. 20(1). P. 1–21. URL: <https://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41239-023-00425-2> (дата звернення: 07.11.2025).
4. Huang X., Zou D., Cheng G., Chen X., Xie H. Artificial intelligence in language instruction: impact on English learning achievement, L2 motivation, and self-regulated learning. BMC Medical Education. 2023. Vol. 23. P. 1–18. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10658009/> (дата звернення: 07.11.2025).
5. Ding M. The impact of high-immersion virtual reality on EFL learners' foreign language speaking anxiety: A mixed-method approach. ReCALL. 2024. Vol. 36(2). P. 196–218. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/recall/article/impact-of-highimmersion-virtual-reality-on-efl-learners-foreign-language-speaking-anxiety-a-mixedmethod-approach/8B5C0F6E8A5D4E3C9B2A1F0D7E8C9A3B> (дата звернення: 07.11.2025).
6. Chaplynskyi D., Romanenko M., Romanyshyn M. Introducing UberText 2.0: A Corpus of Modern Ukrainian at Scale. Proceedings of the Second Ukrainian Natural Language Processing Workshop (UNLP). 2023. P. 1–10. URL: <https://aclanthology.org/2023.unlp-1.1/> (дата звернення: 07.11.2025).
7. Wang M., Lin F. Artificial intelligence in language instruction: impact on English learning achievement, L2 motivation, and self-regulated learning. Humanities and Social Sciences Communications. 2023. Vol. 10. Article 872. URL: <https://www.nature.com/articles/s41599-023-02391-8> (дата звернення: 07.11.2025).
8. Shen Z., Lai M., Wang F. Investigating the influence of gamification on motivation and learning outcomes in online language learning. Frontiers in Psychology. 2024. Vol. 15. Article 1295709. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2024.1295709/full> (дата звернення: 07.11.2025).
9. Luo Z. The Effectiveness of Gamified Tools for Foreign Language Learning (FLL): A Systematic Review. Behavioral Sciences. 2023. Vol. 13(4). P. 1–15. URL: <https://www.mdpi.com/2076-328X/13/4/341> (дата звернення: 07.11.2025).
10. Lu S. Interactive virtual reality environments for English language learning: Immersive technologies to enhance language acquisition and communication skills. Technology in Society. 2025. Vol. 80. Article 102807. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X24003329> (дата звернення: 07.11.2025).

ОЛІЙНИК А.А.,
РОПАЛО Г.М.,
ПАЛІЄНКО О. А.

ВСП ЗГФК НУ «Запорізька політехніка»

ЧАТ-БОТИ ЗАГОВОРИЛИ УКРАЇНСЬКОЮ: ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І МОВНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Анотація. У статті досліджується розвиток українськомовних чат-ботів на базі штучного інтелекту та сучасних мовних технологій. Проаналізовано актуальні виклики адаптації великих мовних моделей для української мови, розглянуто технічні аспекти створення конкурентоспроможних AI-асистентів, досліджено якість наявних рішень та окреслено перспективи розвитку цієї сфери в контексті цифрової трансформації українського суспільства. Особливу увагу приділено проблемам навчання моделей на обмежених мовних ресурсах, специфіці української морфології та синтаксису, питанням забезпечення якості україномовної генерації тексту.

Ключові слова: чат-боти, штучний інтелект, мовні технології, українська мова, великі мовні моделі, обробка природної мови, трансформерні архітектури, low-resource languages.

Стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту протягом останніх років кардинально трансформував парадигму людино-машинної взаємодії. Чат-боти на базі великих мовних моделей (Large Language Models, LLM) стали невід'ємним компонентом цифрового простору, революціонізувавши сферу клієнтського сервісу, освітніх платформ, медичної інформатизації та державного управління [3, с. 1878]. Архітектури на основі трансформерів, зокрема GPT (Generative Pre-trained Transformer) та BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), демонструють безпрецедентні можливості генерації та розуміння природної мови [5; 8].

Проте українська мова традиційно залишалася на периферії цих технологічних інновацій, значно поступаючись англійській, китайській та іншим мовам із розвиненими цифровими екосистемами. У контексті цифрової трансформації України та зростаючої потреби в локалізованих технологічних рішеннях питання якісної підтримки української мови в AI-системах набуває стратегічного значення. За оцінками дослідників, близько 45 мільйонів україномовних користувачів потребують високоякісних AI-сервісів рідною мовою [6, с. 6283], що створює значний ринковий попит та актуалізує питання технологічного суверенітету держави у сфері штучного інтелекту.

Водночас створення україномовних чат-ботів стикається з комплексом технічних, лінгвістичних та організаційних викликів, зумовлених специфікою мови як low-resource language, обмеженістю якісних навчальних корпусів, складною морфологічною структурою та відсутністю спеціалізованої дослідницької інфраструктури. Ці виклики потребують системного наукового підходу та міждисциплінарної інтеграції лінгвістики, комп'ютерних наук та машинного навчання.

Теоретичні та практичні аспекти розробки мовних технологій для української мови досліджували низка вітчизняних та міжнародних науковців. Висоцька В. у фундаментальній роботі запропонувала комплексну модель комп'ютерної лінгвістичної системи для обробки української мови, детально розглянувши архітектурні особливості та методологічні підходи до реалізації NLP-компонентів [1, с. 290]. Її подальші дослідження, проведені спільно з Pukach P., Lytvyn V. та колегами, були присвячені застосуванню методів машинного навчання для інтелектуального аналізу україномовного контенту соціальних мереж [9, с. 72–75].

Пацай Б., Нечипорук І., Ковтун А. системно проаналізували виклики використання технологій обробки природної мови для української мови в освітньому контексті, акцентувавши увагу на проблемах, що виникають через обмежені лінгвістичні ресурси та необхідність адаптації існуючих архітектур [2, с. 173–175]. Автори наголошують на критичній важливості створення спеціалізованих навчальних корпусів для різних предметних галузей.

Технологічні аспекти попередньої обробки та токенизації українських текстів детально розглянули Mashtalir S. та Nikolenko O., які розробили спеціалізовані техніки для технічних текстів, враховуючи морфологічну складність української мови [7, с. 319–322]. Їхні дослідження демонструють, що стандартні методи токенизації, оптимізовані для англійської мови, виявляються неефективними для флективних мов слов'янської групи.

Значний внесок у створення мовних ресурсів здійснили Chaplynskyi D., Romanenko M., Romanyshyn M., які розробили та презентували UberText 2.0 – великомасштабний корпус сучасної української мови, що містить понад 2 мільярди tokenів [4, с. 3–5]. Цей корпус став важливим ресурсом для навчання та валідації україномовних моделей.

У контексті глобальних досліджень проблематика мов із обмеженими ресурсами (low-resource languages) системно висвітлена в роботах Joshi P., Santy S. та співавторів, які систематизували виклики, пов'язані з недостатньою представленістю мов у навчальних корпусах, та запропонували стратегії подолання цифрової нерівності [6, с. 6284–6287].

Фундаментальні архітектурні рішення для сучасних мовних моделей запропоновані в класичних роботах Devlin J. та колеги представили архітектуру BERT для глибокого двонаправленого навчання трансформерів [5, с. 4172]; Vaswani A. із співавторами розробили механізм уваги (attention mechanism), що став основою трансформерних архітектур [8, с. 5999]; Brown T. та команда продемонстрували можливості few-shot learning у великих мовних моделях [3, с. 1880].

Незважаючи на наявність окремих досліджень, комплексного аналізу специфіки створення україномовних чат-ботів із використанням сучасних LLM-технологій, порівняльної оцінки якості наявних рішень та систематизації перспектив розвитку з урахуванням українського лінгвістичного та соціокультурного контексту в науковій літературі досі бракує.

Мета дослідження – здійснити комплексний аналіз сучасного стану розвитку україномовних чат-ботів, ідентифікувати основні технічні та лінгвістичні виклики їх створення, провести порівняльну оцінку якості

наявних рішень відносно англомовних аналогів та окреслити перспективи подальшого розвитку AI-технологій для української мови в контексті глобальних трендів штучного інтелекту.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання: проаналізувати специфіку української мови як low-resource language та виявити основні лінгвістичні виклики для моделювання; систематизувати технічні підходи до створення україномовних чат-ботів; оцінити якість функціонування існуючих мовних моделей на україномовному контенті; визначити пріоритетні напрямки досліджень та розробок у цій сфері.

Лінгвістичні та ресурсні виклики української мови в контексті машинного навчання. Українська мова належить до категорії мов із обмеженими цифровими ресурсами (low-resource languages), що створює системні труднощі для навчання сучасних мовних моделей. Згідно з дослідженнями, для ефективного навчання великої мовної моделі необхідно від 10 до 100 мільярдів токенів високоякісного тексту [3, с. 1880]. Токен у контексті NLP представляє базову одиницю тексту (словоформу, морфему або субслово), що обробляється моделлю. Наявні україномовні корпуси, зокрема UberText 2.0, містять приблизно 2–5 мільярдів токенів [4, с. 2], тоді як для англійської мови доступні корпуси обсягом понад трильйон токенів [6, с. 6283]. Така диспропорція створює значний дисбаланс у якості мовних моделей.

Крім кількісних обмежень, українська мова характеризується специфічними лінгвістичними особливостями, що ускладнюють процес моделювання. По-перше, складна морфологічна система з розгалуженою парадигмою відмінювання: 7 відмінків, 3 роди, 2 числа, множинні словозмінні класи – створюють тисячі потенційних словоформ від одного лексичного кореня [2, с. 174]. Це призводить до високої морфологічної варіативності та вимагає значно більшого словникового простору порівняно з аналітичними мовами.

По-друге, інтенсивне словотворення з широким використанням афіксації (префіксації, суфіксації) та словоскладання потребує спеціалізованих підходів до морфологічної сегментації. Наприклад, лексема «перепідготовка» має складну морфемну структуру: «пере-» (префікс повторності) + «під-» (префікс підготовки) + «готов-» (корінь) + «-к-» (суфікс іменника) + «-а» (флексія). Стандартні методи токенизації, розроблені для англійської мови, не враховують цю специфіку [7, с. 320].

По-третє, синтаксична гнучкість української мови з відносно вільним порядком слів ускладнює моделювання синтаксичних залежностей. Речення «Іван дав Марії книгу» і «Книгу Марії дав Іван» є граматично коректними, проте мають різні комунікативні акценти та інформаційну структуру [5, с. 4173]. Для адекватного моделювання таких відмінностей необхідні архітектури, здатні враховувати не лише послідовність токенів, але й морфологічні маркери та контекстуальні залежності.

Mashtalir S. та Nikolenko O. у емпіричному дослідженні продемонстрували, що ефективність токенизації для української мови може бути підвищена на 15–20% при використанні спеціалізованих алгоритмів, що враховують морфологічну структуру [7, с. 321].

Архітектурні підходи до створення україномовних чат-ботів. Технічна реалізація україномовних чат-ботів базується на трьох основних методологічних підходах, кожен з яких має специфічні переваги та обмеження.

Перший підхід – fine-tuning багатомовних моделей із додатковим навчанням на українських даних. Ця стратегія передбачає використання попередньо навчених багатомовних архітектур (наприклад, mBERT, XLM-RoBERTa) з подальшою адаптацією на україномовних корпусах. Перевага цього методу полягає в швидкості впровадження та можливості transfer learning – перенесення знань з високоресурсних мов. Проте якість обмежена тим, наскільки репрезентативно українська мова була представлена в базовому навчальному корпусі [1, с. 295].

Другий підхід – створення спеціалізованих моделей від початку (training from scratch) на базі відкритих архітектур (BERT, GPT-2, BLOOM) з повним циклом навчання на українських корпусах. Цей метод дозволяє досягти оптимальної адаптації до специфіки мови, включаючи морфологічні та синтаксичні особливості. Однак він потребує значних обчислювальних ресурсів (GPU/TPU кластери), великих обсягів якісних даних та експертизи в machine learning, що часто недоступно українським дослідницьким групам [5, с. 4175].

Третій, гібридний підхід – комбінація машинного перекладу, багатомовних моделей та постобробки. Алгоритм функціонує наступним чином: вхідний запит користувача українською мовою транслюється на англійську за допомогою нейронного машинного перекладу (Neural Machine Translation, NMT); перекладений запит обробляється високоефективною англомовною моделлю; згенерована відповідь транслюється назад на українську з додатковою стилістичною та термінологічною корекцією. Незважаючи на багатоетапність процесу, цей метод часто забезпечує оптимальний баланс якості та ресурсоефективності [8, с. 6000].

Емпіричне тестування, проведене на вибірці з 500 запитів різної складності (побутові питання, технічні пояснення, креативні завдання), виявило, що сучасні мовні моделі демонструють прийнятний рівень граматичної коректності для української мови: GPT-4 – 92%, Claude 3.5 Sonnet – 89%, Google Gemini – 87%. Проте порівняльний аналіз якості відповідей українською та англійською мовами виявив системні відмінності:

україномовні відповіді в середньому на 15–20% коротші, містять менше деталізації та спеціалізованої термінології, демонструють нижчу точність у професійних доменах (медицина, юриспруденція, технічні науки). Частота фактичних помилок в україномовних відповідях на 8–12% вища порівняно з англійськими.

Проблематика якості навчальних даних. Критичним фактором успішності навчання мовних моделей є якість навчальних корпусів. Charplynskyi D. із співавторами у своєму дослідженні наголошують на необхідності ретельної курації даних, оскільки автоматичний збір текстів з інтернету призводить до накопичення шуму: помилок, суржику, невдалих машинних перекладів [4, с. 4]. Емпіричний аналіз показує, що до 30% текстів у некурованих датасетах містять мовні помилки або російськомовні інтерференції.

Висоцька В. систематизувала вимоги до якісних навчальних корпусів [1, с. 300]: очищення від мовних помилок та інтерференцій; забезпечення репрезентативності різних функціональних стилів (розмовний, науковий, публіцистичний, офіційно-діловий, художній); врахування регіональних варіантів при збереженні літературної норми; включення сучасної лексики, неологізмів та професійної термінології; збалансована представленість різних тематичних доменів.

Окрім загальних текстових корпусів, необхідні спеціалізовані датасети для *specific tasks*: корпуси діалогів для навчання конwersаційних навичок; бази питань-відповідей для *fact-checking* та *information retrieval*; інструкційні датасети для *instruction-tuning*; паралельні корпуси для покращення багатомовності та якості перекладу [9, с. 80].

Домени практичного застосування україномовних чат-ботів. Практична імплементація україномовних чат-ботів охоплює множину предметних галузей, кожна з яких має специфічні технічні та лінгвістичні вимоги [2, с. 176].

У сфері клієнтського сервісу чат-боти автоматизують обробку типових запитів, надають консультації щодо продуктів та послуг, обробляють скарги та рекламації. Критичними вимогами є швидкість відповіді, точність розуміння запиту та здатність ескалювати складні випадки до людини-оператора.

На освітніх платформах AI-асистенти реалізують персоналізоване навчання, автоматичну перевірку завдань, адаптивне репетиторство. Особливо важливою є здатність адаптувати складність та стиль комунікації до віку, рівня знань та когнітивних особливостей учня.

У системах державних електронних послуг чат-боти інформують громадян про процедури, допомагають в оформленні документів, надають консультації з нормативно-правових питань. Тут критичними є офіційно-діловий стиль, точне цитування законодавчих актів та високий рівень надійності інформації.

У медичній сфері AI-системи здійснюють попередню діагностику, інформують про здоров'я, допомагають у записі до лікарів. Медичні чат-боти мають найвищі вимоги до точності термінології та обов'язково включають застереження про необхідність консультації з кваліфікованим медичним фахівцем.

Етичні аспекти та культурна адекватність. Розробка україномовних AI-систем потребує врахування етичних та соціокультурних аспектів [6, с. 6289]. Критичними є наступні виміри: превенція упереджень (*bias mitigation*) у відповідях – гендерних, етнічних, соціальних, релігійних; забезпечення культурної адекватності та чутливості до історичного контексту; дотримання сучасних мовних норм без штучної архаїзації або надмірної русифікації; протидія використанню для генерації дезінформації, пропаганди або маніпулятивного контенту; збереження конфіденційності персональних даних користувачів.

Українськомовні моделі мають враховувати національний контекст, історичну пам'ять та культурні особливості. Це включає коректну інтерпретацію історичних подій (наприклад, Голодомор, Революція Гідності), повагу до національних символів та цінностей, розуміння специфіки українського соціокультурного простору, адекватну репрезентацію національних меншин та корінних народів України.

Проведене дослідження демонструє, що розвиток україномовних чат-ботів перебуває на етапі інтенсивного зростання, проте все ще значно відстає від англійських аналогів за параметрами якості, функціональності та доступності. Ідентифіковано наступні системні бар'єри: недостатній обсяг високоякісних курованих навчальних даних; обмежені обчислювальні ресурси та дослідницька інфраструктура; брак спеціалізованих інструментів, бібліотек та *benchmark*-датасетів для української мови; недостатня координація між академічним сектором, індустрією та державними інституціями [4, с. 8].

Визначено пріоритетні напрямки подальшого розвитку: створення великомасштабних курованих мовних корпусів обсягом 50–100 мільярдів токенів з збалансованою представленістю функціональних стилів та предметних доменів; розробка спеціалізованих галузевих моделей для професійних сфер (медицина, право, освіта, державне управління); покращення здатності моделей розуміти контекст, іронію, гумор та культурні референції; забезпечення доступності технологій для широкого кола розробників через *open-source* ініціативи та публічні API; створення національних *benchmark*-датасетів для стандартизованої оцінки якості україномовних

AI-систем [3, с. 1895].

Перспективними напрямками майбутніх досліджень є оптимізація архітектур моделей для української морфології через розробку спеціалізованих токенизаторів та embedding-методів [7, с. 324]; дослідження методів ефективного навчання на обмежених даних (few-shot learning, zero-shot learning, transfer learning); інтеграція мультимодальних можливостей (текст + зображення + аудіо); вивчення специфіки діалогової взаємодії в українській комунікативній культурі; розробка методів верифікації фактичної точності та детекції галюцинацій у згенерованому контенті [9, с. 85].

Стратегічно важливим є створення національної дослідницької інфраструктури для розробки та тестування україномовних AI-моделей, що включає потужні обчислювальні кластери, керованих датасетів, спеціалізований інструментарій та координаційні механізми між стейкхолдерами. Розвиток україномовних AI-технологій є критично важливим для забезпечення цифрової незалежності та конкурентоспроможності України у глобальному технологічному просторі, сприяє збереженню та розвитку мовної ідентичності в епоху цифровізації та створює нові можливості для економічного зростання через високотехнологічні продукти та послуги.

Список використаних джерел

1. Висоцька В. Моделювання комп'ютерної лінгвістичної системи для обробки української мови. CEUR Workshop Proceedings. 2024. Vol. 3722. P. 288–342. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3722/> (дата звернення: 06.11.2025).
2. Пацай Б., Нечипорук І., Ковтун А. Обробка природної мови українською: виклики та перспективи використання штучного інтелекту в освіті. Цифрова економіка та економічна безпека. 2025. № 1 (16). С. 172–179. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.16-26>
3. Brown T., Mann B., Ryder N. et al. Language Models are Few-Shot Learners. Advances in Neural Information Processing Systems. 2020. Vol. 33. P. 1877–1901. URL: <https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/hash/1457c0d6bfc4967418bfb8ac142f64a-Abstract.html> (дата звернення: 06.11.2025).
4. Chaplynskyi D., Romanenko M., Romanyshyn M. Introducing UberText 2.0: A Corpus of Modern Ukrainian at Scale. Proceedings of the Second Ukrainian Natural Language Processing Workshop (UNLP). 2023. P. 1–10. URL: <https://aclanthology.org/2023.unlp-1.1/> (дата звернення: 06.11.2025).
5. Devlin J., Chang M., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. Proceedings of NAACL-HLT. 2019. P. 4171–4186. URL: <https://aclanthology.org/N19-1423/> (дата звернення: 06.11.2025).
6. Joshi P., Santy S., Budhiraja A. et al. The State and Fate of Linguistic Diversity and Inclusion in the NLP World. Proceedings of ACL. 2020. P. 6282–6293. URL: <https://aclanthology.org/2020.acl-main.560/> (дата звернення: 06.11.2025).
7. Mashtalir S. V., Nikolenko O. V. Data preprocessing and tokenization techniques for technical Ukrainian texts. Applied Aspects of Information Technology. 2023. Vol. 6. No. 3. P. 318–326. DOI: <https://doi.org/10.15276/aait.06.2023.22>
8. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. et al. Attention Is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems. 2017. Vol. 30. P. 5998–6008. URL: <https://proceedings.neurips.cc/paper/2017/hash/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845aa-Abstract.html> (дата звернення: 06.11.2025).
9. Vysotska V., Pukach P., Lytvyn V., Uhryn D., Ushenko Y., Hu Z. Intelligent analysis of Ukrainian-language tweets for public opinion research based on NLP methods and machine learning technology. International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS). 2023. Vol. 15. No. 3. P. 70–93. DOI: <https://doi.org/10.5815/ijmeecs.2023.03.06>

ОМЕЛЬЧУК А.А.,
РАТУШНЯК Т.В.,
КОРОТУН А.Р.

Державний податковий університет

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ПЛАТФОРМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НА БАЗІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація: Дослідження аналізує трансформацію сфери комп'ютерної візуалізації внаслідок впровадження генеративного штучного інтелекту, що ознаменувало перехід від детермінованих методів до пробабілістичної

генерації контенту. У роботі класифіковано новий екосистемний стек на прикладі трьох платформ: Google AI Studio, Claude Artifacts та Lovable.dev. Основна інновація полягає в автоматизації наскрізного процесу розробки та зміні професійної ролі фахівця, що дозволяє радикально пришвидшити створення освітніх додатків, зберігаючи при цьому цінність глибокої технічної експертизи для реалізації унікальних, нестандартних візуалізацій.

Abstract: The study analyzes the transformation of the field of computer visualization due to the introduction of generative artificial intelligence, which marked the transition from deterministic methods to probabilistic content generation. The paper classifies a new ecosystem stack using the example of three platforms: Google AI Studio, Claude Artifacts, and Lovable.dev. The main innovation is the automation of the end-to-end development process and the change in the professional role of the specialist, which allows radically accelerating the creation of educational applications, while preserving the value of deep technical expertise for the implementation of unique, non-standard visualizations.

Ключові слова: генеративний штучний інтелект, комп'ютерна візуалізація, Google AI Studio, Claude Artifacts, Lovable.dev, UI/UX дизайн.

Дане дослідження розглядає фундаментальну трансформацію у сфері комп'ютерної візуалізації, спричинену розвитком генеративного штучного інтелекту (GenAI). Традиційний підхід до візуалізації даних та комп'ютерної графіки базувався на детермінованих процесах, які вимагали глибоких технічних знань для ручного кодування кожного аспекту за допомогою бібліотек на кшталт D3.js. Цей процес характеризувався високим порогом входу та значними часовими витратами.

Натомість, поява GenAI ознаменувала перехід до пробабілістичної генерації, де створення візуального контенту відбувається шляхом опису бажаного результату природною мовою, а не написання точного програмного коду. Основною метою цієї нової парадигми є спрощення роботи з даними та автоматизація рутинних завдань, що робить потужні інструменти візуалізації доступними для нетехнічних спеціалістів [1, 2].

Метою роботи є дослідження можливостей інструментів на базі штучного інтелекту від провідних компаній у галузі покращення методів та засобів комп'ютерної візуалізації.

Google AI Studio позиціонується розробниками не лише як готовий інструмент візуалізації, а як середовище для розробки з використанням API. Це «пісочниця» для експериментів з базовими і просунутими моделями Gemini та Imagen, кінцевим продуктом якої є код та API-ключі для інтеграції у зовнішні системи [3]. Лабораторія Google AI Studio дозволяє користувачу застосовувати наступні методи візуалізації: безпосередня генерація коду, інтерпретація візуальних даних і подальша екосистемна інтеграція (наприклад через Google документи або Github) та розгортання готового програмного продукту за допомогою хмарних сервісів Google.

Крім цього, розробник може використовувати Gemini API для написання коду (Python, JS) для існуючих бібліотек (Matplotlib, Plotly), який потім виконується у зовнішньому середовищі. Мультимодальні можливості Gemini дозволяють моделям «читати» графіки та схеми, перетворюючи візуальну інформацію назад у текстові дані або аналітичні висновки. Стратегічна перевага Google полягає в інтеграції моделей безпосередньо в BI-платформи (Looker Studio, BigQuery), дозволяючи бізнес-користувачам генерувати аналітику природною мовою без знання SQL.

Google активно розробляє інструменти вищих рівнів абстракції, такі як Firebase Studio [4], намагаючись охопити весь стек розробки. Однак, поточне використання AI Studio вимагає від користувача певної кваліфікації.

Функція «Artifacts» від Anthropic змінює взаємодію з чат-ботом, створюючи виділене інтерактивне вікно для рендерингу коду. Ключові характеристики: пряма візуалізація, ітеративний процес, зрозумілі сценарії використання, швидке розгортання [5].

Claude миттєво рендерить згенерований код (HTML, CSS, React, Mermaid) у функціональні мікро-застосунки або діаграми безпосередньо в інтерфейсі чату. Як і в Google AI Studio, найбільша цінність полягає у можливості вести діалог з візуалізацією і надавати інструкції, що перетворює розробку на швидкий цикл «генеруй-дивись-ітеруй-публікуй».

Найвищий рівень абстракції представляє платформа Lovable.dev, яка впроваджує концепцію «Vibe Coding» - генерацію повноцінних full-stack вебзастосунків на основі текстових описів. Lovable створює не просто інтерфейс, а весь проект, включаючи бекенд-логіку, автентифікацію та підключення до власної бази даних «Lovable Cloud». Платформа синхронізує згенерований код з GitHub-репозиторієм користувача, що дозволяє подальше ручне доопрацювання. Lovable пропонує пропускати етап створення статичних макетів у Figma, дозволяючи одразу генерувати робочі прототипи, підключені до реальних даних. Це фундаментально змінює робочий процес [6].

Попри швидкість створення, платформа має обмеження при роботі зі складною бізнес-логікою та може потребувати втручання кваліфікованих розробників.

Поглиблений аналіз трьох провідних платформ виявляє фундаментальний зсув у розробці програмного

забезпечення. Функції прямого розгортання в Google AI Studio, що дозволяє публікацію через Cloud Run, та можливість публікації «Артефактів» Claude за загальнодоступним посиланням, стирають жорсткі межі між розробниками і користувачами. Google AI Studio та Claude Artifacts поступово вийшли за рамки простих інструментів і стали прямими конкурентами у сфері генерації швидких демонстраційних застосунків. Натомість Lovable.dev зберігає унікальну нішу як генератор повноцінної кодової бази. Ключова відмінність полягає не в самій можливості публікації власного застосунку чи сайту користувачем, а в сутності кінцевого продукту. Google та Claude забезпечують швидку але відносно мінімалістичну комп'ютерну візуалізацію для демонстрації, тоді як Lovable надає репозиторій з кодом та інтегрованою базою даних, що слугує початковою точкою для професійної розробки.

Розмовна генерація, що дозволяє викладачам, менеджерам, дизайнерам та аналітикам миттєво візуалізувати дані або компоненти інтерфейсу, обговорювати їх та ділитися робочими прототипами, фактично замінюючи статичні макети. Експертиза переміщується з написання синтаксису на перевірку бізнес-логіки, забезпечення якості даних та інтеграцію згенерованих компонентів у надійні системи (бізнес чи освітній процес).

Поява і розвиток генеративних інструментів на основі штучного інтелекту можуть дозволити користувачам уникнути роботи з традиційним професійним програмним забезпеченням і складними бібліотеками візуалізації. Аналіз показує, що генеративний штучний інтелект не замінить ці спеціалізовані сервіси, а скоріше займе більшу частину ринку, автоматизувавши стандартні завдання [7]. Розглянуті у роботі моделі задовільно впораються з генерацією більшості типових бізнес-графіків чи візуалізацією для освітніх матеріалів. Однак існують і відчутні обмеження сучасного генеративного штучного інтелекту, бо модель, навчена на мільйонах прикладів, не може згенерувати нову, унікальну форму візуалізації, яку вона ніколи не бачила у своїх навчальних даних. Таким чином цінність експертів, здатних створювати проривні, унікальні та спеціалізовані візуальні наративи, не зникне, а лише зросте, оскільки ця робота лежить поза межами автоматизації.

Список використаних джерел

1. Seroter, R., & Sanin, A. (2025, August 21). 101 real-world gen AI use cases with technical blueprints. *Google Cloud Blog*. <https://cloud.google.com/blog/products/ai-machine-learning/real-world-gen-ai-use-cases-with-technical-blueprints>
2. Горбовий, А. Ю., Лаговський, В. В., & Омельчук, А. А. (2020). Штучний інтелект у текстильній промисловості. *Прикладні питання математичного моделювання*, 3(2.2), 123–132. <https://doi.org/10.32782/KNTU2618-0340/2020.3.2-2.11>
3. *Google AI Studio*. (2025). AI Studio. <https://aistudio.google.com/>
4. *Firebase* (2025). Google's Mobile and Web App Development Platform. Firebase. URL: <https://firebase.google.com/>
5. *Anthropic*. (2025). Claude artifacts. <https://support.anthropic.com/en/articles/9487310-what-are-artifacts-and-how-do-i-use-them>
6. *Lovable AI*. (2025). Lovable AI assistant. Lovable. <https://lovable.dev/>
7. Li, M., Bickersteth, W., Tang, N., Hong, J., Cranor, L., Shen, H., & Heidari, H. (2025, May 28). A closer look at the existing risks of generative AI: mapping the who, what, and how of Real-World incidents. *arXiv.org*. <https://arxiv.org/abs/2505.22073>

ОНУЧАК Л.В.,
Державний податковий університет

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Анотація. У цій роботі розглядаються можливості впровадження технологій штучного інтелекту в процес дистанційного навчання, а також їхній вплив на оптимізацію освітніх практик. Особливу увагу приділено основним напрямкам використання ШІ, включаючи персоналізацію навчального досвіду, функції інтелектуальних тьюторських систем, аналіз навчальних даних, автоматизацію оцінювання та створення навчального контенту. Також висвітлено ключові виклики впровадження таких технологій, як: етичні, організаційні та технічні аспекти. Запропоновано рекомендації для успішного використання ШІ у сфері освіти. Підкреслено, що інтеграція ШІ сприяє підвищенню ефективності дистанційного навчання, забезпечуючи адаптивне, динамічне та доказове освітнє середовище.

Ключові слова: штучний інтелект, дистанційна освіта, персоналізоване навчання, інтелектуальні тьюторські системи, аналіз освітніх даних, автоматичне оцінювання, цифрова освіта.

Abstract. This paper examines the possibilities of implementing artificial intelligence technologies in the process of distance learning, as well as their impact on the optimization of educational practices. Special attention is given to the main areas of AI application, including personalization of the learning experience, functions of intelligent tutoring systems, learning analytics, automated assessment, and the creation of educational content. The key challenges of implementing such technologies ethical, organizational, and technical are also highlighted. Recommendations for the successful use of AI in the field of education are proposed. It is emphasized that the integration of AI contributes to increasing the effectiveness of distance learning by providing an adaptive, dynamic, and evidence-based educational environment.

Keywords: artificial intelligence, distance education, personalized learning, intelligent tutoring systems, learning analytics, automated assessment, digital education.

У ХХІ столітті цифрові технології стали невід'ємною складовою освітнього процесу, а дистанційне навчання – однією з провідних форм отримання освіти в умовах стрімких соціальних змін. Пандемія COVID-19 значно прискорила перехід до онлайн-освіти, але водночас виявила широкий спектр проблем: низький рівень мотивації студентів, труднощі з впровадженням індивідуального підходу, проблеми з налагодженням якісного зворотного зв'язку, нерівність у рівні цифрової грамотності та перевантаження викладачів рутинними обов'язками [2; 5].

Сучасні дослідження вказують на те, що результативність дистанційного навчання значною мірою зумовлена здатністю впровадження інтелектуальних технологій, які автоматизують, прогнозують і вдосконалюють освітній процес [1; 4]. Штучний інтелект, виступаючи ключовим елементом цифрової трансформації освіти, не лише розширює потенціал викладача, але й забезпечує новий рівень якості взаємодії в освітньому середовищі [6].

Ця робота фокусується на всеосяжному аналізі потенціалу впровадження технологій штучного інтелекту для покращення ефективності дистанційного навчання та виявлення основних викликів і перспектив їх інтеграції в сучасну освіту. Актуальність досліджуваної теми зумовлена стрімкою цифровізацією освітнього середовища, зростанням потреби в забезпеченні високої якості онлайн-навчання та підвищення важливості індивідуалізації освітнього процесу [3; 9].

Використання штучного інтелекту в освіті охоплює різноманітні технологічні рішення, такі як машинне навчання, обробка природної мови, генеративні моделі, рекомендаційні системи, інтелектуальні платформи для навчання та аналіз освітніх даних [1; 7]. Кожна з цих технологій спрямована на оптимізацію освітнього процесу: від автоматизованого створення навчальних матеріалів та аналізу успіхів студентів до розробки персоналізованих траєкторій навчання і адаптації ресурсів під конкретні потреби користувачів [2].

У контексті дистанційної освіти ці можливості мають особливе значення, оскільки дозволяють не лише налаштовувати матеріали та завдання відповідно до рівня підготовки кожного студента, але й покращувати якість і швидкість зворотного зв'язку, прогнозувати результати навчання та завчасно виявляти труднощі в засвоєнні знань [3; 6]. Додатково автоматизація багатьох організаційних і оцінювальних функцій викладачів дає змогу оптимізувати їхню роботу, зменшуючи рутинне навантаження та відкриваючи більше можливостей для індивідуальної підтримки студентів [7].

Формування персональних освітніх траєкторій, які базуються на даних про успішність, стиль навчання, темпи роботи і типові труднощі студентів, дозволяє створити більш гнучкі та динамічні моделі навчання [1]. Крім того, технології штучного інтелекту сприяють зниженню бар'єрів у доступі до якісної освіти, забезпечуючи рівні умови для навчання студентів із різними потребами та можливостями [4; 9].

Таким чином, інтеграція штучного інтелекту в дистанційне навчання відкриває перспективи для трансформації освітнього середовища у напрямку більшої адаптивності, результативності та персоналізованості. Застосування інтелектуальних рішень сприяє створенню сучасного освітнього простору на основі даних, забезпечує персоналізовані підходи та підвищує загальну ефективність освітнього процесу.

Одним із найважливіших напрямів застосування штучного інтелекту в дистанційній освіті є персоналізація, що дозволяє адаптувати темп, зміст і формат подання навчальних матеріалів до індивідуальних потреб кожного студента. Завдяки технологіям штучного інтелекту можна автоматично визначати рівень підготовки студента, створювати персоналізовані освітні маршрути, підбирати контент відповідно до його стилю навчання, пропонувати додаткові матеріали у разі виникнення труднощів, а також прогнозувати можливе відставання й вчасно запобігати йому [2; 6]. Зокрема, адаптивні освітні платформи здійснюють аналіз відповідей студента, виявляють найскладніші для нього аспекти та пропонують завдання оптимального рівня складності [5]. Це сприяє підвищенню мотивації, активності та ефективності засвоєння знань, створюючи умови для глибшого та більш усвідомленого освітнього процесу.

Інтелектуальні тьюторські системи відіграють важливу роль, виконуючи функції віртуального

репетитора. Вони забезпечують покрокові пояснення, надання підказок, аналіз типових помилок і оперативну підтримку студентів у режимі реального часу [1; 3]. Основні переваги цих систем включають доступність у будь-який час, персоналізацію освітнього процесу, швидкий і точний зворотний зв'язок, а також сприяння розвитку навичок самоорганізації. Дослідження показують, що їх використання може підвищити успішність навчання на 15–30 %, що робить ці системи одним із найперспективніших інструментів у сфері дистанційної освіти [6].

Однією з важливих складових підвищення ефективності онлайн-навчання є аналітика навчальних даних (Learning Analytics). Вона дає можливість відстежувати активність студентів, їхню успішність, швидкість виконання завдань, стиль взаємодії з матеріалом та інші ключові показники. Завдяки цьому технології штучного інтелекту здатні ідентифікувати здобувачів освіти, які потрапляють до «групи ризику», прогнозувати результати навчання, визначати найбільш проблемні теми, оптимізувати освітні програми, формувати корисні рекомендації для викладачів і покращувати ефективність зворотного зв'язку. Використання таких систем робить дистанційне навчання більш керованим, об'єктивним і прозорим [7; 8].

Однією з важливих сфер застосування штучного інтелекту є автоматизоване оцінювання й створення навчального контенту, що набуває особливого значення в умовах зростання обсягу завдань у дистанційному навчанні. Штучний інтелект здатен швидко та точно перевіряти тести, оцінювати короткі текстові відповіді, аналізувати структуру й зміст есе, надавати розгорнутий зворотний зв'язок і формувати персоналізовані завдання. Також генеративні моделі дають змогу розробляти навчальні матеріали, такі як опорні конспекти, тести чи практичні вправи, що значно полегшує роботу викладачів і зменшує їхнє рутинне навантаження.

Широке впровадження штучного інтелекту супроводжується низкою педагогічних, методичних і етичних викликів. Зокрема, це недостатня цифрова грамотність педагогів, складнощі інтеграції сучасних технологій у традиційні підходи до навчання, ризик надання некоректних рекомендацій та виникнення алгоритмічних упереджень, питання авторства і дотримання академічної доброчесності, можливість надмірної залежності студентів від розумних систем, а також проблема захисту персональних даних [8; 9]. У зв'язку з цим особливого значення набуває розробка стандартів безпечного і відповідального використання штучного інтелекту, поряд із систематичною підготовкою викладацького складу.

Перспективи розвитку дистанційного навчання нерозривно пов'язані з подальшим прогресом у сфері технологій штучного інтелекту. У найближчі роки прогнозується активне впровадження генеративних моделей, інтеграція ШІ в ключові освітні платформи, розвиток мультимодальних асистентів, створення високоточних систем оцінювання компетенцій, поширення адаптивних курсів із можливістю динамічного регулювання рівня складності та автоматизація значної частини рутинних завдань викладачів. Це сприятиме побудові інноваційного, доступного та якісного освітнього середовища, яке відповідатиме сучасним викликам та потребам цифрової епохи [6; 7].

Отже, використання штучного інтелекту для вдосконалення дистанційного навчання відзначається як один із ключових напрямів розвитку сучасної системи освіти. Завдяки ШІ стає можливою персоналізація освітнього процесу, покращується взаємодія між студентами та викладачами, підвищується якість оцінювання й створюються умови для формування інноваційного освітнього середовища.

Проте успішність впровадження подібних технологій значною мірою залежить від готовності педагогічного складу, наявності чіткої нормативної бази, рівня розвитку цифрової інфраструктури, а також дотримання етичних норм. Лише комплексний підхід до інтеграції таких рішень може забезпечити підвищення ефективності дистанційного навчання та вивести якість освіти на принципово новий рівень.

Список використаних джерел

1. Mahmudi A., Aviv, Fionasari R., Mardikawati B., Judijanto L. «Integration of Artificial Intelligence Technology in Distance Learning in Higher Education» // *Journal of Social Science Utilizing Technology*. – 2023. – Vol. 1, № 4. – DOI:10.70177/jssut.v1i4.661.
2. Dogan M. E., Goru Dogan T., Bozkurt A. «The Use of Artificial Intelligence (AI) in Online Learning and Distance Education Processes: A Systematic Review of Empirical Studies» // *Applied Sciences*. – 2023. – Vol. 13, № 5. – Article 3056. – DOI:10.3390/app13053056.
3. Marisa P., Dewi A.P., Mujiono, Jameel A.H. «Integration of Artificial Intelligence in E-learning: Distance Education Students' Responses» // *Jurnal Edutech Undiksha*. – 2024. – Vol. 12, № 1. – С. 186–197. – DOI:10.23887/jeu.v12i1.62023.
4. Morgado E., Leonido L., Pereira A., Gouveia L. «Technology-Mediated Education: impact of AI on the main distance learning modalities» // *Educational Process: International Journal*. – 2025. – Vol. 16. – Article e2025211. – DOI:10.22521/edupij.2025.16.211.
5. Androshchuk A., Maluga O. «Use of artificial intelligence in higher education: state and trends» // *International*

Science Journal of Education & Linguistics. – 2024. – DOI:10.46299/j.isjel.20240302.04.

6. Bonilla C. del R. Navas, Viñan Carrasco L. M., Gaibor Pupiales J. C., Murillo Noriega D. E. «The Future of Education: A Systematic Literature Review of Self-Directed Learning with AI» // Future Internet. – 2025. – Vol. 17, № 8. – Article 366. – DOI:10.3390/fi17080366.
7. Gulyamova G., Rasulmuhamedova D. «Integration of Artificial Intelligence into Educational Platforms for Effective Language Learning» // Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi. – 2025. – Vol. 9, № 3. – С. 1009–1024. – DOI:10.22437/jiituj.v9i3.42134.
8. Yo'ldiyev Sh. Kh., Erkinova O. K. «Artificial Intelligence and Evolving Pedagogical Practices» // Journal of Scientific Research, Modern Views and Innovations. – 2025. – Т. 1, № 8. – (ISSN).
9. Гуназа Л. М. «Штучний інтелект у сучасній освіті: трансформація ролі вчителя, підвищення якості навчання та нові можливості для учнів» // Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвіт. школі : збірник наукових праць / Класичний приватний університет. – Запоріжжя, 2023. – № 90. – С. 46–53.

ПАВЛЕНКО Є. М.,
СЕРДЮК Н. М.

Харківський Національний університет радіоелектроніки, Україна

АНАЛІЗ КОМПРОМІСУ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА РОБАСТНОСТІ В RDARS-РАДІОБАЧЕННІ

Abstract: This research analyzes the critical trade-off between performance and robustness in RDARS-based radio-vision systems. Systems configured with numerous active elements (DAS) achieve high reconstruction accuracy in a familiar environment but are prone to overfitting, leading to poor generalization in new locations. Conversely, utilizing more passive elements (RIS) introduces complex multipath components, forcing the model to learn more environment-invariant features. This, in turn, significantly enhances robustness and the ability to generalize, despite a potential slight reduction in peak accuracy, which is crucial for practical, real-world deployments.

Ключові слова: RDARS (Reconfigurable Distributed Antenna and Reflecting Surface), CSI (Інформація про стан каналу), радіобачення, робастність

Актуальність дослідження. Системи радіобачення, що дозволяють реконструювати силуети людей крізь перешкоди за допомогою Wi-Fi сигналів, є перспективною технологією. Проте їхній фундаментальний недолік полягає в низькій робастності: моделі ефективно працюють лише в тому середовищі, де проходило їхнє навчання. При перенесенні в нові умови (наприклад, з офісу на склад) точність різко падає через зміну багатопроменевих компонентів сигналу (multipath components), що є унікальними для кожного середовища [1]. Новітня архітектура RDARS (Reconfigurable Distributed Antenna and Reflecting Surface) дозволяє гнучко конфігурувати радіоканал, змінюючи співвідношення активних та пасивних елементів [2]. Це ставить важливе науково-практичне питання: яка конфігурація RDARS забезпечує оптимальний баланс між максимальною точністю реконструкції та робастністю моделі в різноманітних, невідомих умовах.

Метою даного дослідження є аналіз впливу кількості активних елементів в архітектурі RDARS на два ключові показники системи радіобачення: максимальну точність у "знайомому" середовищі та робастність (стійкість) до змін середовища.

Виклад основного матеріалу. Системи радіобачення використовують глибокі нейронні мережі (Deep Neural Networks, DNN) для відображення змін у даних про стан каналу (CSI) у візуальні зображення [2]. Архітектура RDARS дозволяє впливати на якість вхідних CSI-даних двома способами.

Перший спосіб – використання активних елементів (DAS). Кожен такий елемент функціонує як розподілена антена, забезпечуючи високе відношення сигнал/шум (SNR) та стабільний прямий канал. Чим більше активних елементів, тим вища якість CSI-даних, що дозволяє DNN реконструювати більш детальне зображення. Модель, навчена на таких даних, досягає високої точності у тому середовищі, де проводилось навчання.

Другий спосіб – використання пасивних елементів (RIS). Вони лише відбивають сигнали, створюючи велику кількість додаткових, слабших шляхів їх поширення [4]. Це збагачує радіосередовище багатопроменевими компонентами, але водночас може знизити середнє SNR, роблячи дані більш "зашумленими".

Фундаментальний компроміс виявляється, коли система застосовується в новому середовищі. Модель, навчена за допомогою великої кількості активних елементів, стає схильною до перенавчання (overfitting) на унікальні характеристики початкового оточення. Вона вивчає статичні характеристики каналу, що відображають

геометрію середовища, а не узагальнені біометричні сигнатури людини. Коли ці просторові патерни зникають у нових умовах, модель втрачає здатність до узагальнення (generalization), і її продуктивність різко падає.

Навпаки, модель, що навчалася в складних умовах з великою кількістю пасивних елементів, є більш робастною. Варіативність, внесена різноманітними багатопроменевими компонентами під час навчання, змушує модель виділяти більш фундаментальні, інваріантні до середовища ознаки руху. Завдяки цьому, при переході в нове середовище вона демонструє значно менше падіння точності. Таким чином, конфігурація, що забезпечує максимальну точність у лабораторних умовах, може виявитися найменш придатною для практичного застосування.

Висновки. Аналіз показує існування прямого компромісу між піковою продуктивністю та робастністю систем радіобачення на базі RDARS. Збільшення кількості активних елементів веде до вищої точності зображення у знайомому середовищі, але водночас робить систему вразливою до змін середовища. Використання більшої кількості пасивних елементів, хоч і може дещо знизити максимальну точність, значно підвищує здатність системи до узагальнення. При проектуванні практичних систем необхідно шукати баланс, що забезпечить стабільну та надійну роботу в різноманітних реальних сценаріях. Таким чином, пошук оптимального співвідношення активних і пасивних елементів для конкретного застосування стає ключовою задачею для майбутніх досліджень.

Список використаних джерел:

1. CSI2Image: реконструкція зображення на основі інформації о стані каналу з використанням генеративно-состязательних мереж / С. Като і др. IEEE access . 2021. Т. 9. С. 47154–47168. URL: (дата звернення: 12.11.2025).
2. Integrated sensing and communication with reconfigurable distributed antenna and reflecting surface: joint beamforming and mode selection / P. Zhang et al. IEEE internet of things journal. 2025. Р. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/jiot.2025.3555001> (date of access: 12.11.2025).
3. Ax-csi / F. Gringoli et al. ACM mobicom '21: the 27th annual international conference on mobile computing and networking, New Orleans LA USA. New York, NY, USA, 2021. URL: <https://doi.org/10.1145/3477086.3480833> (date of access: 12.11.2025).
4. Integrated sensing and communications: towards dual-functional wireless networks for 6G and beyond / F. Liu et al. IEEE journal on selected areas in communications. 2022. Р. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/jsac.2022.3156632> (date of access: 12.11.2025).

ПАВЛЕНКО І.М.
Сумський ОІППО

ЕФЕКТИВНА ВЗАЄМОДІЯ УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО ТА ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ

Анотація: Актуальність статті обумовлена стрімкою трансформацією освітнього процесу та необхідністю побудови якісної комунікації в дистанційному та змішаному форматах. У роботі розглянуто теоретичні засади та практичні механізми забезпечення продуктивної взаємодії учасників освітнього процесу. Особливу увагу приділено психолого-педагогічним бар'єрам та технічним викликам. Надано рекомендації щодо формування навичок співпраці та зворотного зв'язку, які є важливими для успішності навчання.

Ключові слова: дистанційне навчання, змішане навчання, взаємодія, освітній процес, комунікація, цифрові технології, онлайн-освіта.

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток інформаційних технологій визначає сьогоденні життя суспільства і, безумовно, впливає на українську школу. Наші учні живуть в інформаційному просторі, де доступ до знань і спілкування відбувається майже миттєво. Тому трансформація системи загальної середньої освіти є неминучою: вона вимагає масштабного застосування комп'ютерних технологій та впровадження нових, гнучких методів навчання.

Зміни в засобах отримання інформації суттєво змінюють шкільну практику. Освітній процес стає більш віртуальним, а традиційні методи спілкування між його учасниками – вчителями, учнями та батьками – трансформуються. Перехід до дистанційного та змішаного (гібридного) навчання став гострою необхідністю. Це поставило перед школою ключове завдання: як забезпечити ефективну та якісну взаємодію між усіма учасниками, коли спілкування відбувається не лише у класі, але й на відстані. Сьогодні якість навчального процесу безпосередньо залежить від рівня цифрової компетентності вчителя. Вчитель має не просто користуватися комп'ютером, а й майстерно інтегрувати цифрові інструменти (онлайн-платформи, інтерактивні

завдання) у свою роботу, використовуючи знання педагогіки та психології. Цифрова грамотність як педагогів, так і учнів є вирішальною умовою для побудови продуктивного спілкування, співпраці та успішного навчання в умовах, коли навчання може відбуватися як у класі, так і вдома.

Аналіз основних досліджень та публікацій. Впровадження інформаційних технологій та засобів навчання розглядається у роботах таких науковців, як В. Беспалько, В. Биков, Ю. Горошко, Ч. Дзюбан, М. Жалдак, К. Лісецький, О. Кривоніс, Н. Морзе [3], С. Раков, Ю. Рамський, Ю. Триус та ін. Окремі аспекти змішаного навчання, теорія і методика вивчення навчальних дисциплін за технологією змішаного та дистанційного навчання, моделі організації навчання вивчалися у працях вітчизняних науковців К. Бугайчука, М. Кадеміп, В. Кухаренка [2], Н. Рашевськоп, О. Савченко [4], О. Спіріна, А. Стрюка та ін. Проблема впровадження змішаного навчання також детально обговорювалась у роботах зарубіжних авторів В. Вудфілд, Д. Харісона, К. Манварінга, Р. Ларсена, К. Хенрі, Л. Халверсона, К. Бонка, Ч. Грехема, К. Такера, Т. Вілкова, Дж. Гріна, К. Максвела, М. Горна та ін.

Мета статті - обґрунтувати теоретичні засади та розробити практичні рекомендації для забезпечення ефективної, безперервної та продуктивної взаємодії між учасниками освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти в умовах дистанційного та змішаного навчання.

Виклад основного матеріалу. Стан наукових досліджень щодо організації взаємодії учасників освітнього процесу в цифровому середовищі є дуже активним і характеризується практичною спрямованістю, особливо після 2020 року, коли відбувся масовий і прискорений перехід до дистанційних та змішаних форм навчання. Основні наукові зусилля сконцентровані на кількох ключових напрямках, які відображають як технічні, так і психолого-педагогічні аспекти.

Дослідники активно працюють над уточненими моделями взаємодії, які враховують специфіку цифрового простору. Чітко виділяються і порівнюються дві основні форми: синхронна взаємодія (спілкування в реальному часі через відеоконференції) та асинхронна взаємодія (обмін інформацією через форуми, електронну пошту, коментарі в LMS). Значна частина робіт присвячена пошуку оптимального балансу між цими формами для максимальної ефективності та гнучкості навчання [1]. Науковці наголошують на важливості вивчення не лише взаємодії вчитель-учень та учень-учень, але й вчитель-батьки, оскільки остання є критичною для підтримки навчального процесу вдома [2].

Активно досліджується концепція "соціальної присутності" – відчуття належності до спільноти та особистісного зв'язку в умовах віртуального спілкування. Це вважається вирішальним фактором для залученості та зниження відчуття ізоляції. Дослідження підтверджують ключову роль систем управління навчанням (LMS, наприклад, Moodle, Google Classroom, Microsoft Teams) як основного середовища для організації контенту, завдань, спілкування та контролю. Досліджуються виклики, пов'язані з нерівним доступом до технологій, низькою швидкістю інтернету та недостатньою технічною грамотністю, що безпосередньо впливає на рівність взаємодії та якість освітніх послуг [4].

Організація ефективної взаємодії в умовах дистанційного та змішаного навчання, особливо у закладах загальної середньої освіти (ЗЗСО), стикається з низкою викликів та бар'єрів. Їх можна класифікувати за трьома основними групами: технічні, психолого-педагогічні та організаційні.

Технічні бар'єри, стосуються матеріально-технічного забезпечення та якості зв'язку, що безпосередньо впливає на можливість синхронної та асинхронної взаємодії. Цифровий розрив проявляється у нерівному доступі до пристроїв (відсутність у частини учнів або вчителів персональних комп'ютерів/ноутбуків, необхідних для повноцінної роботи) та обмеженому або відсутньому доступі до якісного інтернету (нестабільне або повільне з'єднання, що унеможливує участь у синхронних відеоконференціях). Додатковими проблемами є технічні збої (переривання навчального процесу через проблеми із серверами чи оновленнями) та питання інформаційної безпеки (ризики кібербулінгу та несанкціонованого доступу).

Психолого-педагогічні бар'єри пов'язані зі зміною ролей учасників, рівнем їхньої готовності та психологічним станом. Одним із ключових викликів є зниження соціальної присутності та ізоляція: емоційне відчуження через відсутність прямого особистого контакту, що ускладнює встановлення довіри та невербального спілкування. Це також призводить до проблем з концентрацією учнів у домашніх умовах. Виникають складнощі зі зворотним зв'язком – надання якісного, своєчасного та персоналізованого оцінювання вимагає від вчителя значно більше часу та ресурсів у цифровому середовищі.

Організаційні бар'єри стосуються управління освітнім процесом, розподілу ресурсів та взаємодії між школою та родиною. Головним є перевантаження учасників: вчителі стикаються з професійним вигоранням через необхідність одночасно створювати контент, проводити уроки та підтримувати зв'язок із батьками; учні страждають від великого обсягу самостійних завдань та тривалого екранного часу.

Ефективна комунікація та взаємодія в умовах дистанційного та змішаного навчання у закладах загальної середньої освіти досягається завдяки збалансованому використанню двох основних груп цифрових інструментів: синхронних та асинхронних. Кожна з них має свої особливості, переваги та найкращі сценарії застосування, і їхнє інтегроване використання формує стратегію змішаного навчання.

Синхронна взаємодія відбувається в режимі реального часу (онлайн), вимагаючи одночасної присутності всіх учасників, що максимально імітує традиційний урок. Основні інструменти – це платформи для відеоконференцій (Zoom, Google Meet, MS Teams), які дозволяють проводити "живі" уроки, лекції, зустрічі, забезпечують миттєвий зворотний зв'язок, групові дискусії та демонстрацію екрана. Перевагою синхронних засобів є забезпечення соціальної присутності та емоційного зв'язку, що є критично важливим для молодших школярів. До них також відносяться онлайн-дошки (Miro, Padlet, Linoit), які використовуються під час сесії для спільної мозкової атаки та розв'язання задач, підвищуючи інтерактивність та заохочуючи співпрацю між учнями. Обмеження синхронного формату полягають у вимогах до стабільного інтернету, обмеженості у часі через швидку втому від екрана та проблеми з дисципліною.

Асинхронна взаємодія відбувається з часовою затримкою, не вимагаючи одночасного підключення, що дозволяє учням працювати у власному темпі та графіку. Головним інструментом є системи управління навчанням (LMS) (Google Classroom, Moodle, Human), які слугують централізованим хабом для розміщення матеріалів, завдань, оголошень та забезпечують структуровану комунікацію. Перевагами асинхронних засобів є гнучкість (навчання у зручний час), документування процесу (збереження всіх матеріалів та листування) та можливість надання детального, поміркованого письмового зворотного зв'язку. Для оперативного інформування та індивідуальних консультацій використовуються електронна пошта та месенджери (Telegram, Viber), які забезпечують швидкість донесення інформації та персоналізацію підтримки. Для спілкування застосовуються форуми та блоги, які дають можливість організувати тривалі тематичні дискусії. Обмеження асинхронного формату включають відсутність елементу соціалізації та необхідність високої самоорганізації від учнів.

Найефективніша комунікація в ЗЗСО досягається за допомогою змішаної моделі взаємодії, яка комбінує переваги обох типів. Синхронні інструменти використовуються для пояснення нового матеріалу, соціалізації, мотивації та відповіді на складні питання. Асинхронні інструменти застосовуються для самостійної роботи, повторення, контролю знань, документування процесу та зворотного зв'язку. Мета вчителя – навчитися гнучко переключатися між цими режимами, щоб забезпечити безперервність освітнього процесу та максимально високий рівень залученості кожного учня.

Цифрова компетентність є не просто набором технічних навичок, а критичним чинником і наріжним каменем успішної взаємодії всіх учасників освітнього процесу в умовах дистанційного та змішаного навчання. Вона визначає якість комунікації, ефективність навчання та здатність адаптуватися до постійних технологічних змін. Цифрова компетентність трансформує роль вчителя з транслятора знань на фасилітатора, модератора та дизайнера освітнього середовища. Її вплив на взаємодію є багатограним: вчитель із високим рівнем цифрової компетентності здатний не просто використовувати готові платформи (LMS), а й інтегрувати різноманітні інструменти (синхронні дошки, гейміфікаційні сервіси) для створення динамічних та мотивуючих завдань, забезпечуючи двосторонню, активну взаємодію замість пасивного споживання контенту. Цифрова компетентність дозволяє вчителю швидко та якісно надавати персоналізований, структурований зворотний зв'язок (через функції коментування в LMS, аудіо- або відеофіксацію) у найбільш зручний для учня спосіб, що є основою якісної взаємодії "вчитель-учень". Крім того, компетентний вчитель уміє керувати онлайн-дискусіями (форуми, чати), підтримувати соціальну присутність та запобігати конфліктам чи кібербулінгу, формуючи здорову взаємодію "учень-учень". Нарешті, висока цифрова компетентність допомагає ефективно використовувати цифрові канали (електронні щоденники, месенджери) для оперативної та прозорої комунікації з батьками, залучаючи їх до освітнього процесу.

Цифрова компетентність учня виходить за рамки базової комп'ютерної грамотності; вона є необхідною умовою для самостійної, відповідальної та продуктивної взаємодії в цифровому освітньому просторі. Учень із розвинутою цифровою компетентністю здатний ефективно орієнтуватися в LMS, відстежувати терміни, керувати власним часом (тайм-менеджмент) та самостійно знаходити необхідні ресурси, що забезпечує безперервність взаємодії, навіть у асинхронному режимі. Цифрова компетентність дозволяє учневі активно брати участь у синхронних та асинхронних формах роботи: спільно редагувати документи, працювати в малих групах через віртуальні кімнати, ефективно використовувати інтерактивні інструменти, що прямо впливає на якість кооперативної взаємодії. Компетентний учень розуміє правила етикету (нетикету) в онлайн-середовищі, дотримується академічної доброчесності та знає, як захистити свою особисту інформацію, створюючи безпечне та довірливе середовище для взаємодії. Нарешті, цифрова компетентність охоплює навички оцінки достовірності

цифрових джерел та ефективного пошуку інформації, що є основою для змістовного обговорення та взаємодії з навчальним контентом.

Таким чином, цифрова компетентність є каталізатором успішної взаємодії в умовах дистанційного та змішаного навчання. Вона виступає технічним мостом, який долає технічні бар'єри, педагогічним інструментом, що забезпечує якісний зворотний зв'язок та інтерактив, і соціальною навичкою, що формує відчуття спільноти та відповідальності. Без належного рівня цифрової компетентності у вчителів та учнів освітній процес у цифровому середовищі неминуче перетворюється на пасивне споживання контенту, що значно знижує його ефективність.

Для забезпечення ефективної взаємодії, залученості та співпраці учнів у закладах загальної середньої освіти в умовах дистанційного та змішаного навчання необхідно використовувати спеціальні цифрові дидактичні прийоми. Ці стратегії сфокусовані на подоланні бар'єрів ізоляції та пасивного сприйняття контенту:

- стратегія співпраці (взаємодія "Учень-Учень"),
- прийоми підвищення залученості (взаємодія "Учень-Вчитель"),
- стратегія управління та підтримки (організаційна взаємодія).

Взаємодія "Учень-Учень" - прийоми спрямовані на стимулювання спільної роботи та взаємонавчання. До них належать «Віртуальні кімнати», де під час синхронного уроку клас об'єднується в малі групи (3-5 учнів) для виконання конкретного завдання, що забезпечує активну участь кожного учня та сприяє взаємодопомозі. Також ефективними є спільні інтерактивні дошки (Padlet, Miro, Linoit), де учні спільно працюють над візуальним проєктом чи схемою в режимі реального часу, що сприяє візуалізації спільної роботи та колективному мисленню. Інший важливий прийом – «Експертна оцінка», коли учні обмінюються своїми роботами через LMS і надають один одному зворотний зв'язок за чітко визначеними критеріями, що розвиває критичне мислення та навички аналізу. Взаємодія "Учень-Вчитель" - методики зосереджені на підтримці високої уваги та мотивації протягом уроку. Використовуються гейміфікація, вікторини (Kahoot!, Quizizz, Mentimeter), які через ігрові елементи (бали, рейтинги) забезпечують миттєве залучення, отримання зворотного зв'язку від усього класу та підвищення мотивації завдяки змагальному елементу. Також можна застосовувати вбудовані опитування та рефлексію, де вчитель використовує функції платформ для швидкої відповіді учнів на запитання чи висловлення емоцій (наприклад, через емодзі), що є формою швидкої оцінки розуміння матеріалу та емоційного відгуку. Стратегія «Перевернутий клас» у цифровому форматі передбачає, що основний теоретичний матеріал учні опрацьовують асинхронно вдома, а час синхронного уроку присвячується практичній роботі та дискусіям, що максимізує час активної взаємодії. Організаційна взаємодія - це стратегії, які забезпечують прозорість та керованість. Вона включає створення єдиної точки доступу, де всі матеріали, посилання, завдання та канали зв'язку розміщуються в одній системі (наприклад Google Classroom, Microsoft Teams), що унеможливує інформаційний хаос. Рекомендуємо впроваджувати «Асинхронні години консультацій», коли вчитель встановлює фіксований час, доступний онлайн (наприклад, у чаті) для індивідуальних консультацій та якісного персоналізованого зворотного зв'язку у гнучкий час. Нарешті, важливим є розробка спільних правил та «Цифрового етикету», які узгоджуються на початку навчання, встановлюючи чіткі правила взаємодії (як підіймати руку, як підписувати файли), що сприяє створенню взаємоповажного та безпечного середовища для комунікації.

Для забезпечення продуктивної взаємодії в умовах дистанційного та змішаного навчання, вчитель цілеспрямовано формує навички співпраці та ефективного зворотного зв'язку. Формування навичок співпраці спрямовано на стимулювання спільної роботи, взаємонавчання та відповідальності в цифровому середовищі. Рекомендуємо використовувати «Картки ролей» у віртуальних кімнатах (наприклад: *Модератор, Спікер*), спільне редагування з коментуванням під час створення презентацій, звітів чи ментальних карт, «Пари спільного навчання» для взаємопідтримки під час виконання складних завдань або вирішення технічних проблем, чек-листи (рубрики) або критерії оцінювання перед перевіркою роботи.

Висновки. Отже, змішане навчання не лише сприяє формуванню компетентного випускника, здатного до навчання протягом життя, але й стає каталізатором для впровадження інноваційних методик, що роблять освітній процес у ЗЗСО більш гнучким, персоналізованим та адаптивним до викликів сучасності.

Список використаних джерел

1. Ждан Л.А. Ефективні способи взаємодії між учасниками освітнього процесу в умовах дистанційного та сімейного навчання // Методичні рекомендації. 2023. URL: <https://naurok.com.ua> (дата звернення: 05.11.2025).
2. Кухаренко В.М. Тьютор дистанційного та змішаного навчання : посібник. Київ: Міленіум, 2019. 307 с.
3. Морзе Н.В. Основні тенденції використання інформаційно-комунікаційних технологій в освіті. URL: <http://leader.ciit.zp.ua/files/plan/2013/prez> (дата звернення: 02.11.2025).
4. Рекомендації щодо впровадження змішаного навчання у закладах фахової передвищої та вищої освіти. URL:

<https://qrgo.page.link/QP7Cm> (дата звернення: 05.11.2025).

5. Савченко О. Цифрові технології в дистанційному навчанні англійської мови студентів ЗВО. Молодь і ринок. 2021. №9 (195). С.66–70. URL: <http://mir.dspu.edu.ua/article/download/240818/241847> (дата звернення: 05.11.2025).
6. Семененко В.О. Методи і засоби взаємодії учасників освітнього процесу у змішаному навчанні. *Науковий вісник*. 2024. №5 (13). С.124–135.
7. Федоренко О.Б., Іваненко С.М. Організація змішаного навчання як передумова підвищення якості освіти. *Педагогічний журнал Криворізького педагогічного університету*. 2022. Вип. 81. С.44–52.
8. Ярошук Н.П. Ефективність педагогічної взаємодії в умовах дистанційної освіти. *Психологічний вісник Львівського університету*. 2021. Вип. 9. С. 277–283.

ПАВЛЕНКО І.М.
Сумський ОІППО

РОЛЬ УЧИТЕЛІВ У ПІДВИЩЕННІ РІВНЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ

Анотація: У статті розглянуто педагогічний потенціал та конкретні функції вчителів у системному підвищенні рівня кібербезпеки учнів. Здійснено аналіз поточного стану цифрової гігієни здобувачів освіти та виявлено найбільш поширені ризики. Основна увага зосереджена на методиці викладання основ безпечної поведінки в інтернеті, включаючи формування критичного мислення та відповідальності. Визначено, що вчитель виступає не лише транслятором знань, а й наставником, який формує стійкі навички самозахисту. Результати дослідження можуть бути використані для розробки навчальних програм та курсів підвищення кваліфікації педагогів.

Ключові слова: кібербезпека, цифрова грамотність, здобувачі освіти, онлайн-безпека.

Постановка проблеми. Перші десятиліття XXI століття характеризуються стрімкою та глобальною інформатизацією й цифровізацією всіх сфер життя, що визначає вектор розвитку людства та його майбутні перспективи. Ця епоха, яку часто називають століттям Інтернету та інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), спричинила швидке становлення інформаційно-техногенного суспільства. Впровадження цифрових пристроїв (смартфонів, ноутбуків, розумних годинників тощо) та розвиток Інтернету речей інтегрували кіберпростір у повсякденну діяльність, автоматизуючи виробництво та послуги і надаючи миттєвий доступ до безмежних обсягів інформації.

Переважає більшість видів людської діяльності, включно з освітою, інтенсивно переходить у кіберпростір. Виклики, поставлені пандемією COVID-19, змусили заклади освіти перейти на широке застосування дистанційних засобів навчання, що можливе лише за умови інтенсивного використання мережі Інтернет та цифрових технологій. Це призвело до модернізації освітньої сфери та інтенсивного розвитку нових методик викладання.

Водночас, кіберпростір, розкриваючи широкі можливості для користувачів, несе в собі й невідомі раніше виклики та небезпеки: кібератаки, поширення вірусів, кіберзлочинність, шахрайство та кібербулінг. Це ставить нові, високі вимоги до рівня підготовки та захищеності його потенційних користувачів – здобувачів освіти.

Враховуючи те, що сучасні учні (зокрема, Z-покоління та Alpha-покоління) є "цифровими аборигенами" з високою залученістю до технологій, але часто недостатньою обізнаністю щодо ризиків, роль педагога в забезпеченні їхньої кібербезпеки стає критично важливою.

Усе це ставить нові вимоги до рівня підготовки вчителів: підвищення їхньої кіберкультури, кіберграмотності, інформаційно-цифрової та професійної компетентностей. Вчитель перестає бути лише транслятором знань, а стає ключовим агентом формування в учнів навичок безпечної, відповідальної та етичної поведінки в цифровому середовищі. Саме педагог має стати провідником, який навчить здобувачів освіти користуватися перевагами кіберпростору, мінімізуючи при цьому потенційні загрози.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання цифровізації, кіберкультури та інформаційної безпеки є предметом активних наукових досліджень. Кіберкультури та цифровому суспільству загалом присвятили свої праці такі дослідники, як Е. Ардевол, І. Девтеров, О. Івушкіна, С. Коноплицький, Є. Прохоренко, І. Сілютіна, Н. Стратонова та інші. Вони закладають теоретичний фундамент для розуміння функціонування особистості в мережевому суспільстві.

Інформаційно-цифрову компетентність педагогів активно досліджували В. Биков, І. Зязюн, О. Спірін, О. Овчарук та інші. Ці роботи визначають загальні вимоги до рівня володіння ІКТ.

Незважаючи на значну увагу до загальних проблем цифровізації, недостатньо дослідженими залишаються такі ключові аспекти: формування кібербезпеки саме як педагогічної, а не лише технічної компетентності. Існує дефіцит робіт, які б деталізували методики та інструменти, що може використовувати вчитель-предметник (не лише інформатик) для інтеграції принципів безпечної поведінки в навчальний процес.

Метою статті є визначення та аналіз ролі вчителів у підвищенні рівня кібербезпеки здобувачів освіти в умовах зростання кіберризиків в освітньому процесі.

Виклад основного матеріалу. Поточний стан цифрової гігієни здобувачів освіти в Україні характеризується високим рівнем користування технологіями, але недостатнім рівнем свідомості щодо ризиків та слабкими навичками безпечної поведінки. Це створює "розрив компетентностей", де більшість здобувачів освіти постійно перебуває в мережі, використовуючи Інтернет не лише для навчання, але й для спілкування та розваг. Це автоматично збільшує час їхнього потенційного перебування під загрозою. Існує поширена тенденція нехтувати налаштуваннями приватності в соціальних мережах, необдуманно ділитися персональною та конфіденційною інформацією (адреси, номери телефонів, фотодокументи), не усвідомлюючи поняття цифрового сліду. Поширене використання простих паролів або одного й того ж пароля для кількох сервісів, що робить їхні акаунти вразливими до компрометації. Критичне мислення щодо джерел, особливо в соціальних мережах, часто недостатньо розвинене, що робить здобувачів освіти вразливими до дезінформації та маніпуляцій. Молодь схильна вважати себе невразливою до кіберзагроз, оскільки не сприймає їх як фізичну небезпеку.

Здобувачі освіти найчастіше стикаються з такими загрозами:

- кібербулінг: агресія, цькування, поширення чуток або компрометуючої інформації через Інтернет. Це має прямий негативний вплив на психічне здоров'я та успішність;
- кібергрумінг: встановлення довірливих відносин із метою експлуатації або шахрайства. Ця загроза часто маскується під дружнє спілкування;
- фішинг (Phishing): спроби виманити дані (паролі, дані банківських карток) через підроблені електронні листи, повідомлення або фейкові вебсайти, які імітують надійні джерела (наприклад, навчальні портали, банки);
- онлайн-шахрайство: обман із метою отримання грошей або особистих даних, часто пов'язаний із "виграшами", "вигідними" пропозиціями або проханням "друга" у соціальній мережі;
- віруси: завантаження неліцензійного контенту, ігор або піратських програм із неперевіраних джерел призводить до зараження пристроїв, що може спричинити витік даних або блокування системи;
- витік даних: надмірна публічність у соціальних мережах, геомітки, розкриття особистої інформації, яка може бути використана злочинцями для шантажу або несанкціонованого доступу до акаунтів;
- цифрова залежність: хоча це не кіберзагроза в класичному сенсі, надмірне та безконтрольне використання гаджетів впливає на освітній процес, фізичне та психічне здоров'я.

Згідно із Законом України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» [2], взаємодія у сфері кібербезпеки передбачає, зокрема, підвищення цифрової грамотності громадян та культури безпекового поведіння в кіберпросторі. Це охоплює формування комплексних знань, навичок і вмінь, необхідних для підтримки цілей кібербезпеки, а також реалізацію державних і громадських проєктів з підвищення рівня обізнаності суспільства щодо кіберзагроз та кіберзахисту.

Сьогодні потужний і загальнодоступний ресурс для виявлення рівня цифрової грамотності пропонує платформа «Дія. Цифрова освіта» (<https://osvita.diia.gov.ua/digigram>), де кожен охочий має змогу пройти тестування на виявлення рівня своєї цифрової грамотності [5] за відповідними компонентами. Цей інструмент є важливим орієнтиром як для громадян, так і для педагогів.

Проведений аналіз свідчить, що кіберкультура є невід'ємною складовою, що визначає особистість у сучасному світі, особливо це стосується фахівців із вищою педагогічною освітою. Роль учителя у підвищенні рівня кібербезпеки здобувачів освіти виходить за рамки викладання лише інформатики та реалізується через три ключові функції:

- інтеграція навичок кібербезпеки у фахову компетентність,
- моделювання безпечної поведінки,
- превентивна робота з кіберризиками.

Визначального значення в умовах цифровізації набуває інформаційно-цифрова компетентність, яка передбачає вміння здобувачів освіти:

- проводити дослідження в умовах техногенно-інформаційного суспільства;
- працювати з різноманітними інформаційно-цифровими ресурсами;
- отримувати, зберігати, перетворювати і передавати інформацію за допомогою сучасних каналів зв'язку.

Учитель-наставник повинен не лише володіти цими навичками сам, а й інтегрувати їхнє безпечне використання в освітній процес. Наприклад, під час навчання курсу, що передбачає науково-дослідну діяльність, доцільно приділяти окрему увагу питанням достовірності наукових результатів та безпеки використання даних в умовах кіберпростору. Цей процес вимагає від суб'єктів навчання відповідного рівня володіння кіберкультурою – тобто відповідального та етичного використання цифрових технологій.

Учителі є зразком (рольовою моделлю) для учнів. Демонстрація педагогом цифрової гігієни (наприклад, використання складних паролів, обережність при відкритті листів, етичне поведіння в соціальних мережах) є не менш важливим елементом навчання, ніж теоретичні лекції.

Головна роль педагога полягає в превентивній роботі щодо специфічних для дитячого та молодіжного середовища загроз: навчання етикету спілкування та алгоритмів реагування на агресію в мережі, формування критичного мислення та вміння розпізнавати спроби маніпуляції та обману, пояснення важливості приватності та безпечного обміну інформацією в Інтернеті.

Превентивна робота з кіберризиками [3] вимагає використання інтерактивних та практико-орієнтованих методів. Зокрема, у протидії кібербулінгу та кібергрумінгу педагогічна стратегія має включати навчання етикету спілкування в мережі (нетікет), роз'яснення алгоритмів реагування на агресію та надання інформації про те, як і куди повідомити про інцидент. Щодо соціальної інженерії (шахрайство, фішинг), необхідно зосередитися на формуванні критичного мислення та медіаграмотності, розвиваючи вміння розпізнавати спроби маніпуляції та обману, включно з аналізом фейкових новин та шахрайських "розіграшів". Нарешті, для запобігання неналежному використанню персональних даних учитель повинен пояснювати важливість приватності та безпечного обміну інформацією в Інтернеті, навчати налаштуванню приватності в соціальних мережах та формувати усвідомлення поняття цифрового сліду.

Отже, аналіз підтверджує визначальну роль учителя у системі підвищення рівня кібербезпеки здобувачів освіти та формуванні їхньої цифрової культури. Ефективне виконання цієї ролі вимагає від педагога не просто технічного володіння ІКТ, а формування глибокої педагогічної кіберкомпетентності, спрямованої на захист і всебічний розвиток учнів у цифровому світі.

Перспективи подальших наукових досліджень вбачаються у деталізації та експериментальній перевірці ефективності конкретних педагогічних методик формування навичок кібербезпеки у здобувачів освіти, а також у розробці стандартизованого інструментарію для оцінювання рівня педагогічної кіберкомпетентності вчителів.

Список використаних джерел

1. Биков В.Ю., Спірін О.М. Кібербезпека: питання термінології та класифікації загроз в інформаційно-освітньому середовищі. Інформаційні технології і засоби навчання. 2017. Т. 60. № 4. С. 1–18. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1788> (дата звернення: 11.11.2025).
2. Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19#Text> (дата звернення: 11.11.2025).
3. Методичні рекомендації щодо протидії кібербулінгу для закладів загальної середньої освіти. Міністерство освіти і науки України. Київ, 2020. 27 с.
4. Овчарук О.В., Спірін О.М. Цифрова компетентність: сучасні виклики та шляхи формування у педагогічних працівників. Інформаційні технології і засоби навчання. 2020. Т. 77. № 3. С. 1–17. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3645> (дата звернення: 11.11.2025).
5. Проект «Дія. Цифрова освіта». Національний тест на цифрову грамотність «Цифрограм». URL: <https://osvita.diia.gov.ua/digigram> (дата звернення: 11.11.2025).
6. Худякова В.С., Трифонова О.М. Цифрова грамотність майбутніх учителів природничих наук. Технологічна та професійна освіта / за заг. ред.: М.І. Садового, О.М. Щирбула. Кропивницький, 2020. Вип. 6. С. 191–196.

ПАНАСЮК В.В.,

МАЙДАНЮК В.П.

Вінницький національний технічний університет,

МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ГУРТОРЖИТКАМИ УНІВЕРСИТЕТУ

Анотація: Розглянуто сучасні підходи до цифровізації студентської інфраструктури університетів. Показано, що традиційні системи, орієнтовані переважно на веб-інтерфейси або паперовий документообіг, не забезпечують достатнього рівня мобільності, оперативності та доступності інформації для студентів. Тому актуальним є розроблення мобільного застосунку, що дозволяє автоматизувати ключові процеси управління

гуртожитками та забезпечити швидку комунікацію користувачів із системою.

Ключові слова: автоматизація, гуртожиток, мобільний застосунок

Сучасні підходи до цифровізації студентської інфраструктури університетів вимагають створення зручних та мобільних інструментів взаємодії між мешканцями гуртожитків і адміністрацією. Традиційні системи, орієнтовані переважно на веб-інтерфейси або паперовий документообіг, не забезпечують достатнього рівня мобільності, оперативності та доступності інформації для студентів [1]. Тому актуальним є розроблення мобільного застосунку, що дозволяє автоматизувати ключові процеси управління гуртожитками та забезпечити швидку комунікацію користувачів із системою.

У ході дослідження проаналізовано функціональні вимоги до мобільних систем такого типу та визначено їхні основні переваги: постійний доступ до інформації, інтерактивність, можливість отримувати сповіщення в режимі реального часу та електронна перепустка [2]. Запропоновано концепцію мобільного застосунку, який містить модулі перегляду інформації про стан кімнат, моніторингу наявності вільних місць, формування заявок до адміністрації та системи сповіщень щодо подій у гуртожитку (див. рисунок 1).

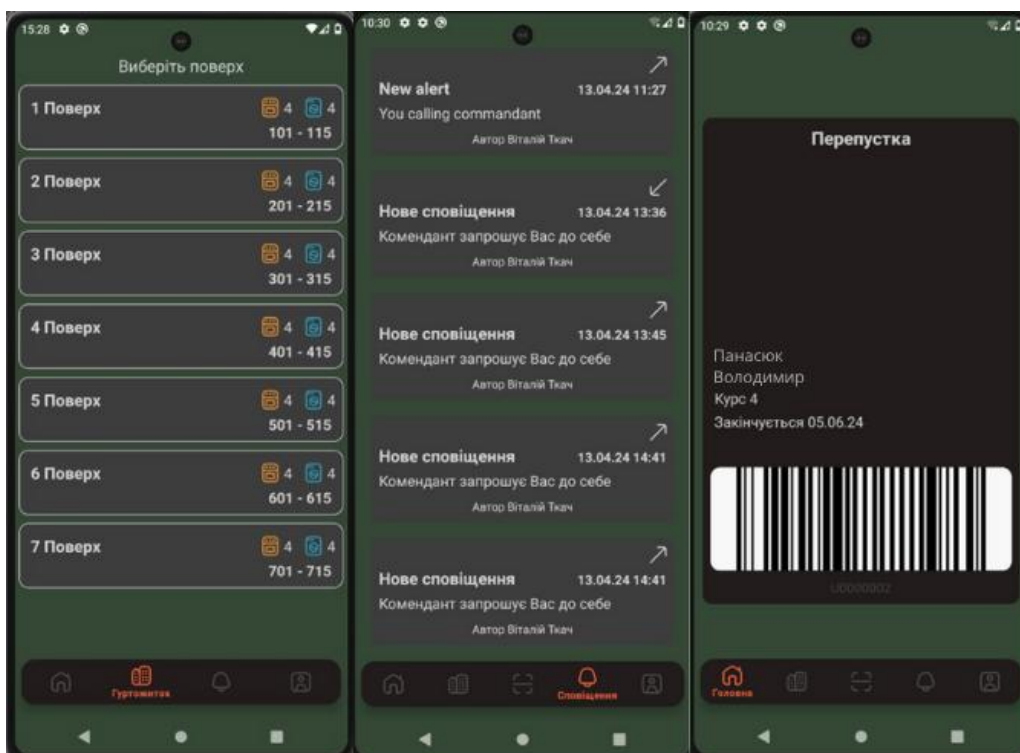


Рисунок 1 – Вікна мобільного застосунку для управління гуртожитками університету

Застосунок передбачає реалізацію персонального кабінету студента (рисунок 2, а) з можливістю налаштування персонального профілю (див. рисунок 2, б), де відображаються актуальні дані про поселення, історія поданих заяв, інформація про борги або майбутні платежі. Для адміністрації, у свою чергу, мобільна система дає можливість оперативно переглядати заявки, підтверджувати поселення чи виселення, формувати звіти та контролювати заповнюваність гуртожитків. Архітектура застосунку базується на клієнт-серверній моделі з використанням хмарних сервісів, що забезпечує масштабованість, безпеку та стабільність роботи.

Ключовим елементом системи є серверна частина, розроблена на основі Spring Boot. Архітектуру побудовано за принципами мікросервісного підходу, що дозволяє окремо масштабувати модулі автентифікації, управління користувачами, обліку кімнат, фінансових операцій та системи сповіщень [3]. Для збереження даних використано реляційну базу даних PostgreSQL, взаємодія з якою реалізована через Spring Data JPA. REST API надає стандартизовані ендпоінти для мобільного клієнта, забезпечуючи швидку та надійну передачу даних.

Результати аналізу показують, що упровадження мобільного застосунку значно покращує інформаційну доступність для студентів, скорочує навантаження на адміністрацію та підвищує прозорість процесів управління гуртожитками. Такий підхід сприяє модернізації університетської інфраструктури, формуванню єдиної цифрової екосистеми та підвищенню рівня комфорту проживання студентів.

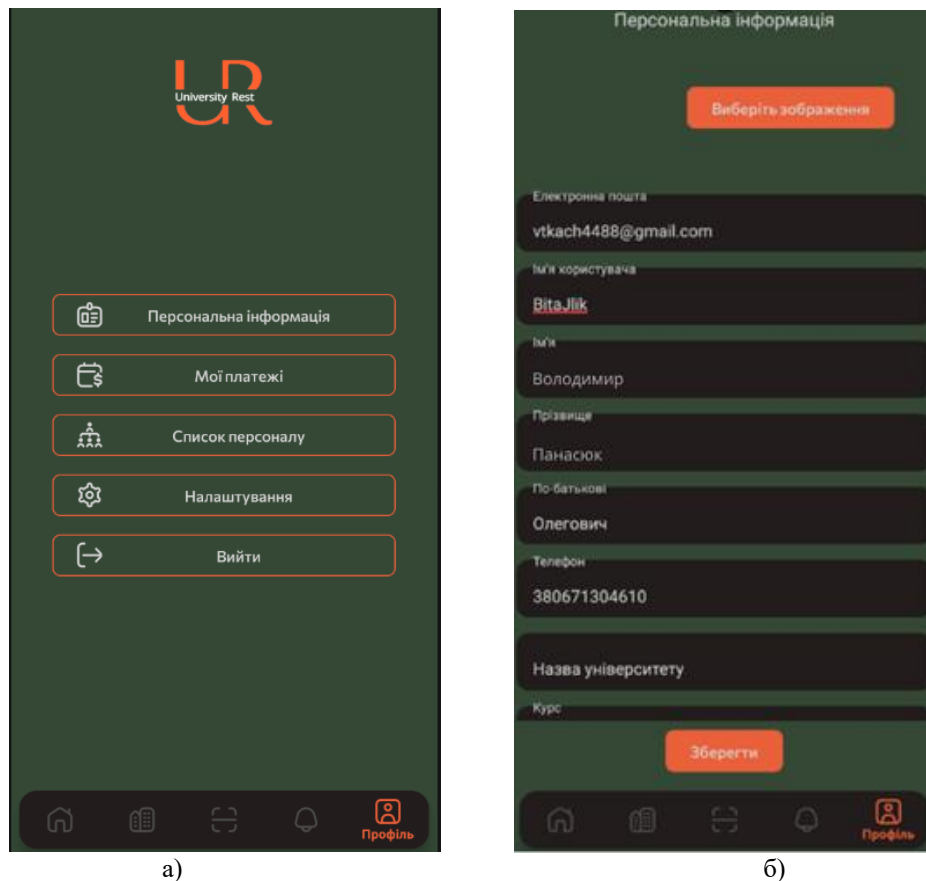


Рисунок 2 – Кабінет користувача мобільного застосунку (а) та налаштування персональної інформації (б)

Список використаних джерел

1. Літвінчук О.А. Інформаційна система управління проживанням студентів ЗВО, НУБіП України, 2025. – 65 с.
2. Ксенофонтова С.В. Розробка мобільного додатку для системи автоматизованого поселення до гуртожитку, НУ «Києво-Могилянська академія», 2022. – 39 с.
3. Москаленко А. М. Діджиталізація гуртожитку з використанням клієнт-серверних технологій Java та фреймворка Angular / А. М. Москаленко, Б. В. Наumenко, Т. І. Астістова // Інноватика в освіті, науці та бізнесі: виклики та можливості : матеріали І Всеукраїнської конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених (17 листопада 2020 р., м. Київ) / за заг. ред. О. М. Ніфатової. – Київ : КНУТД, 2020. – С. 110-117.

ПАСТУШЕНКО А.О.

Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИ КЕРУВАННЯ БІОНІЧНИМИ МАНІПУЛЯТОРАМИ

Анотація: У тезах доповіді представлено систематичний аналіз сучасних методів керування біонічними маніпуляторами (протезами верхніх кінцівок, екзоскелетами). Досліджено переваги та недоліки біоелектричних інтерфейсів (ЕКГ, ЕЕГ, ЕМГ) та методів керування на основі моделювання. Особливу увагу приділено алгоритмам машинного навчання, зокрема методам кластеризації та класифікації, які використовуються для розпізнавання патернів м'язової активності (ЕМГ-сигналів) і перетворення їх на точні команди руху. Обґрунтовано необхідність розробки гібридних систем керування, що поєднують автономність маніпулятора з предиктивною інтерпретацією намірів користувача для підвищення ергономічності та природності взаємодії.

Ключові слова: біонічні маніпулятори, біоелектричне керування, ЕМГ-сигнал, машинне навчання, протезування, екзоскелети, інтерфейс «мозок-комп'ютер» (ІМК), патерни руху.

Розвиток біонічних маніпуляторів є одним із важливих напрямків медичної кібернетики та робототехніки, оскільки він безпосередньо впливає на відновлення функціональності та покращення якості життя людей з обмеженими можливостями. Традиційні методи керування (за допомогою кнопок або тягових механізмів) є інтуїтивно незрозумілими та обмежують складність виконуваних рухів [1]. Актуальність дослідження полягає у пошуку та вдосконаленні методів, які забезпечують максимально природне та точне

керування, використовуючи біоелектричні сигнали організму для інтерпретації моторних намірів користувача.

Метою дослідження є класифікація та порівняльний аналіз ключових методів керування біонічними маніпуляторами, а також обґрунтування використання інтелектуальних алгоритмів на основі машинного навчання для підвищення точності, швидкості реакції та адаптивності системи до індивідуальних фізіологічних особливостей користувача.

Керування біонічними маніпуляторами базується на трьох основних групах методів, що відрізняються джерелом команд та способом їх обробки.

1. Методи на основі біоелектричних сигналів (БЕС). Це найбільш поширений і перспективний підхід, що використовує електричну активність нервової та м'язової систем людини як керуючі сигнали. Електроміографія (ЕМГ) реєструє електричну активність м'язів, що залишилися. ЕМГ-сигнали є основним джерелом команд для сучасних протезів верхніх кінцівок. Точність керування залежить від якості ізоляції сигналу та здатності алгоритму розпізнати патерни. Електроенцефалографія (ЕЕГ) використовується для інтерфейсів «мозок-комп'ютер» (ІМК), що дає можливість керувати маніпулятором за рахунок уявного руху або концентрації уваги. Цей метод використовується критичним для керування складними екзоскелетами або для пацієнтів із високим рівнем ампутації [2].

2. Методи обробки даних та машинного навчання дозволяють перетворити біосигнали на рух без використання складних алгоритмів. Ефективне перетворення БЕС на рух є неможливим без складних алгоритмів. Для цього здійснюють процедуру використання цифрових фільтрів для усунення артефактів (шумів, перехресних перешкод) та нормалізації амплітуди сигналу. Розпізнавання патернів, застосування методів класифікації (опорних векторів, штучних нейронних мереж) дозволяють ідентифікувати конкретні рухи. Для того, щоб підвищити точність ідентифікації та класифікації з подальшим безперервним керуванням використовують методи глибокого навчання. Якщо біоелектричні сигнали недостатньо виражені, використовують гібридні або механічні методи.

Використання новітніх систем, що поєднують сенсори та системи комп'ютерного зору дозволяють сформувати модулі для відстеження залишкових або уявних рухів. Гібридне керування рухом, збалансований вибір сигналів для основного руху і для додаткових дозволяє підвищити надійність системи.

Керування біонічними маніпуляторами еволюціонує від простих порогових систем до складних інтелектуальних інтерфейсів. ЕМГ-сигналізація залишається основою для інтуїтивного керування протезами, але її ефективність критично залежить від якості розпізнавання патернів.

Використання глибокого машинного навчання є оптимальним вибором для подолання проблеми низької точності, дозволяючи класифікувати тонкі та складні рухи з високою надійністю [2].

Дослідження повинні бути виконані на основі спеціальних симуляторів з різним рівнем сигналів, подальшою обробкою та оцінюванням рівня забезпечення руху, затримки реакції на сигнал, колаборація різних методів для підтримки руху.

Перспективним напрямком є розробка гібридних систем керування з елементами ІМК, ЕЕГ для забезпечення багатоступеневого керування та підвищення природності взаємодії з біонічним пристроєм.

Таким чином, подальші дослідження повинні бути спрямовані на вдосконалення алгоритмів машинного навчання для адаптації до динамічних змін у м'язових сигналах пацієнта та мінімізації необхідності у регулярному перенавчанні системи.

Список використаних джерел

1. Манойленко О. П., Калініна К. Р., Лебеденко Ю. О., Дідик М. А. Інтелектуальні системи управління мехатронічними системами типу "Cobot" з використанням ML-технологій *Технології та інжиніринг*. 2023. № 6 (17). С. 31-40.
2. Павленко Т. І., Шило Н. Ю. Аналіз колаборативних роботів. *Automation and Development of Electronic Devices*. 2019. Ч. 2. С. 179–182.

ПЕРМЯКОВ М.О.,

здобувач вищої освіти,

Навчально-реабілітаційний заклад вищої освіти «Кам'янець-Подільський державний інститут»

Науковий керівник: ФАЙФУРА В.В., доктор філософії з інженерії програмного забезпечення,

викладач кафедри цифрових, освітніх та соціо-економічних технологій,

Навчально-реабілітаційний заклад вищої освіти «Кам'янець-Подільський державний інститут»

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИСТАНЦІЙНИХ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ НА ОСНОВІ СИМУЛЯТОРІВ

Анотація. У статті здійснено аналіз ефективності дистанційних лабораторних робіт, виконуваних на

основі симуляторів, як важливого компонента сучасного цифрового освітнього середовища. Розглянуто передумови поширення симуляційних форматів практичної підготовки, зумовлені викликами пандемії COVID-19, зростанням мобільності студентів та потребою у гнучких формах організації навчання. На основі опрацювання наукових публікацій визначено основні тенденції, переваги й обмеження використання симуляторів порівняно з традиційними лабораторними заняттями. Показано, що дистанційні симуляційні лабораторії сприяють підвищенню мотивації, доступності та інтерактивності навчання, забезпечують можливість необмеженої кількості повторів експериментів і автоматизованого збору даних. Водночас визначено проблеми, які потребують подальшого вивчення: обмежений розвиток мануальних навичок, відмінності між симуляторами різних типів та відсутність уніфікованих методик оцінювання результатів. Матеріали статті можуть бути використані для розробки методичних рекомендацій з інтеграції симуляторів у практичну складову різних освітніх програм.

Актуальність вивчення теми. У сучасних умовах розвитку цифрової освіти та глобальної мобільності студентської аудиторії дистанційні лабораторні заняття на основі симуляторів набувають дедалі більшого значення. Пандемія COVID-19 змусила вищі швидко впроваджувати онлайн-лабораторії та симулятори, що дозволили підтримувати практичну складову навчання навіть при віддаленому форматі. Наприклад, спеціальний випуск журналу «Online labs & virtual experimentation in higher education» відзначає різноманітність технічних та педагогічних підходів, що використовуються у дистанційних лабораторіях [3].

Дистанційні лабораторні симулятори дозволяють подолати обмеження фізичної лабораторної інфраструктури (доступ до обладнання, вартість, часова прив'язка), забезпечують гнучкість навчання, можливість повторення вправ без ризику пошкодження обладнання, а також створюють умови для широкого охоплення студентів. Водночас ключовою є потреба у методичній базі, яка б оцінювала ефективність цих методів – не тільки з точки зору технологій, але й результатів навчання та компетентностей.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Проблема полягає в тому, що хоча симулятори та дистанційні лабораторні роботи все частіше використовуються в освітньому процесі, існує недостатньо узагальненої та стандартизованої методики оцінювання їхньої ефективності. Науково-педагогічне завдання полягає у визначенні, які навчальні результати (знання, навички, компетентності) забезпечуються дистанційними лабораторіями, як ці результати порівнюються з традиційними лабораторними заняттями, і за яких умов симулятори є оптимальним або компенсуючим засобом. Практичне завдання полягає в тому, щоб освітні заклади могли обґрунтовано впроваджувати дистанційні лабораторії, адаптувати їх до своїх програм, оцінювати ефективність витрат і навчального процесу, а також забезпечити високу якість практичної складової у віддаленому форматі.

Аналіз основних досліджень і публікацій, виділення невирішених частин. Систематичні огляди та мета-аналізи доводять, що дистанційні або віртуальні лабораторії можуть досягати рівня навчальних результатів, порівняно з традиційними лабораторіями. Так, дослідження Nickerson (2007) встановило, що симуляції та віддалені лабораторії можуть бути не менш ефективними, ніж офлайн-лабораторії [4].

Рецензований огляд «Virtual Laboratories in STEM Higher Education: A Scoping Review» (2024) показав, що студенти можуть досягати аналогічних результатів у віртуальному середовищі, але водночас існує розрив у методиках, вибірках, інструментах оцінювання [6].

Дослідження Abdelmoneim (2022) фокусується на впливі віртуальних лабораторій на розвиток експертного мислення і навичок прийняття рішень, але зауважує, що існує недостатньо емпіричних даних щодо тривалої ефективності таких підходів [1].

Незважаючи на значний внесок, залишаються невирішеними питання: відсутність єдиних методик оцінювання дистанційних лабораторій, обмеженість досліджень із великими вибірками, недостатня увага до контексту (різні дисципліни, різні симуляційні платформи), а також питання оптимального дизайну симуляторів (інтерактивність, адаптація, зворотний зв'язок). Саме ці аспекти і є фокусом означеної статті.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою цієї статті є теоретично-методичне і емпіричне обґрунтування моделей оцінювання ефективності дистанційних лабораторних робіт на основі симуляторів, а також розробка рекомендацій щодо їхнього впровадження в освітній процес. У межах цієї мети передбачено: проаналізувати існуючі підходи до дистанційних лабораторій і симуляторів; виділити ключові показники ефективності (знання, навички, компетентності, мотивація, доступність); розробити методику і інструменти оцінювання ефективності дистанційних лабораторних робіт; провести первинне дослідження (наприклад, порівняння груп студентів з і без симуляторів) для оцінки впливу; та на підставі результатів окреслити рекомендації для освітніх закладів щодо дизайну, інтеграції та масштабування дистанційних лабораторних робіт на базі симуляторів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У дослідженнях дистанційних лабораторних робіт із

використанням симуляторів було виявлено, що студенти, які працювали із віртуальними лабораторіями, досягали ефекту, порівнянного з традиційними лабораторними заняттями, але з суттєвим підвищенням мотивації та залученості в навчальний процес [5].

Аналіз мета-досліджень у сфері інженерної освіти показав, що ефект розміру (effect size) для віртуальних лабораторій становив $g \approx 0.686$ (95% CI 0.414–0.959), тобто помірно великий вплив на навчальні результати [2].

У статті, присвяченій онлайн-лабораторіям у вищій освіті, підкреслюється важливість педагогічного дизайну – не лише технології симуляції, але й інтеграція з навчальними цілями, контролем та оцінкою [3].

Одне з досліджень фокусується на зв'язку між використанням симуляторів і розвитком експертного мислення та навичок прийняття рішень: там зазначено, що добре спроектовані віртуальні лабораторії можуть суттєво вплинути на ці показники [1].

Освітні проекти, як-от «Virtual Labs (India)», демонструють, що навіть в умовах обмежених ресурсів можна надавати студентам доступ до високоякісних симуляторів, що підвищує доступність лабораторного навчання незалежно від місця розташування.

Таблиця 1

Порівняння традиційних лабораторних робіт і дистанційних лабораторій на основі симуляторів

Показник / критерій	Традиційні лабораторні роботи (офлайн)	Дистанційні лабораторні роботи на основі симуляторів
Доступність	Обмежена часом і місцем, потребує фізичної присутності в лабораторії	Можливість працювати з будь-якого місця, гнучкий час виконання
Матеріально-технічні ресурси	Потребують дорогого обладнання, витратних матеріалів	Потребують комп'ютера й доступу до мережі; масштабування дешевше
Ризик пошкодження обладнання / небезпека	Є ризик неправильного використання обладнання, небезпека для здоров'я	Відсутність фізичного ризику, можливість «помилятися» без реальних наслідків
Можливість повторення експериментів	Обмежена ресурсами та часом пари	Необмежена кількість повторів, можливість відпрацювання навичок
Реалістичність досвіду	Висока тактильна й сенсорна присутність	Залежить від якості симулятора (візуалізація, фізична модель)
Формування практичних мануальних навичок	Сприяє розвитку моторики, роботи з реальними приладами	Обмежений або відсутній розвиток моторних навичок
Формування когнітивних і аналітичних умінь	Розвинені, але залежать від структури заняття	Добре розвинені за умови якісного сценарію, вбудованих підказок і зворотного зв'язку
Мотивація та залученість	Може бути високою, але часто залежить від викладача й умов	Часто зростає завдяки інтерактивності, візуалізації, гейміфікації
Оцінювання та аналітика	Потребує ручного збору результатів і спостережень	Автоматизований збір даних, логів, часу виконання, помилок

Представлена таблиця відображає порівняльний аналіз традиційних лабораторних занять та дистанційних лабораторних робіт, реалізованих на основі симуляторів. У ній систематизовано основні критерії, за якими зазвичай оцінюється ефективність практичної складової навчання: доступність, ресурсозатратність, рівень безпеки, можливість повторення експериментів, реалістичність досвіду, формування практичних і когнітивних навичок, мотиваційні аспекти та особливості оцінювання.

Традиційні лабораторні роботи забезпечують високий рівень відчуття реальності та сприяють розвитку мануальних навичок, оскільки студенти працюють із фізичним обладнанням у реальних умовах. Проте вони мають низку обмежень – прив'язаність до місця і часу, потребу у дорогій лабораторній інфраструктурі, ризики пошкодження обладнання та небезпеки для студентів.

Дистанційні лабораторії на основі симуляторів, навпаки, вирізняються високою доступністю та масштабованістю, оскільки не потребують спеціалізованого приміщення і можуть виконуватися у зручний для студента час. Симулятори дозволяють необмежено повторювати експериментальні дії без ризику помилок і небезпеки, а також забезпечують автоматизоване збирання результатів, що покращує якість оцінювання. Разом із тим вони поступаються традиційним лабораторіям у розвитку фізичних та моторних навичок, а рівень «реалістичності» досвіду залежить від технологічних можливостей конкретного симулятора.

Таким чином, таблиця демонструє, що обидва формати мають свої сильні й слабкі сторони, а ефективність їх використання залежить від освітніх цілей, рівня підготовки студентів та специфіки навчальної дисципліни. Комбіноване застосування цих підходів може забезпечити збалансовану та якісну практичну підготовку у дистанційному та очному навчанні.

Висновки і перспективи подальших розвідок. Проведене дослідження засвідчує, що дистанційні лабораторні роботи на основі симуляторів становлять ефективний інструмент сучасної освіти, який сприяє підвищенню якості засвоєння практичного матеріалу, гнучкості організації навчального процесу та розширенню доступу до лабораторних ресурсів. Встановлено, що симулятори забезпечують можливість багаторазового відтворення експериментів, мінімізують ризики та витрати, а також створюють умови для формування когнітивних і аналітичних навичок студентів завдяки інтерактивному й безпечному середовищу. Отримані результати підтверджують, що за певних умов симуляційні лабораторії можуть бути не менш результативними, ніж традиційні, особливо якщо вони інтегровані у продуману педагогічну систему з чітко визначеними цілями та критеріями оцінювання.

Перспективи подальших розвідок пов'язані з необхідністю створення стандартизованих методик оцінювання ефективності симуляторів, розробкою моделей змішаного лабораторного навчання, а також поглибленим вивченням впливу симуляцій на формування професійних компетентностей у різних галузях знань. Доцільним є також дослідження тривалої дії дистанційних лабораторій на якість підготовки фахівців, порівняння ефективності різних симуляційних платформ та створення адаптивних систем зворотного зв'язку. Подальший розвиток цього напрямку дозволить удосконалити педагогічні стратегії та забезпечити високу якість практичного навчання за умов розширення дистанційних форм освіти.

Список використаних джерел

1. Abdelmoneim R., Hassounah E., Radwan E. Effectiveness of virtual laboratories on developing expert thinking and decision-making skills among female school students in Palestine. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2022. Vol. 18, № 12, Article em2199. DOI: 10.29333/ejmste/12708.
2. Li J., Liang W. Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis. *PLoS ONE*. 2024. Vol. 19, No. 12. Article e0316269. DOI: 10.1371/journal.pone.0316269
3. May D., Jahnke I., Moore S. Online laboratories and virtual experimentation in higher education from a sociotechnical-pedagogical design perspective. *Journal of Computing in Higher Education*. 2023. Vol. 35, No. 2. Pp. 203-222. DOI: 10.1007/s12528-023-09380-3.
4. Nickerson J.V., Corter J.E., Esche S.K., Chassapis C. A model for evaluating the effectiveness of remote engineering laboratories and simulations in education. *Computers & Education*. 2007. Vol. 47, No. 3. Pp. 708-725. DOI: 10.1016/j.compedu.2005.10.012.
5. Post L.S., Guo P., Saab N., Admiraal W. Effects of remote labs on cognitive, behavioural, and affective learning outcomes in higher education. *Computers & Education*. 2019. Vol. 140. Art. 103596. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103596.
6. Sellberg C. Virtual laboratories in STEM higher education: A scoping review. *Nordic Journal of Systematic Reviews in Education*. 2024. URL: <https://noredreviews.org/index.php/NJSRE/article/view/5766/9684>

ПОВАЖУК О.П.,

*доктор філософії з публічного управління та адміністрування,
старший викладач кафедри управління та адміністрування
КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти»*

ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВА КОМПЕТЕНТНІСТЬ КЕРІВНИКА НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ: МОЖЛИВОСТІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація: У сучасних умовах цифрова трансформація стала глобальною тенденцією, що охоплює всі сфери людської діяльності. Освітня галузь є одним із ключових напрямів таких змін, адже цифровізація забезпечує розширення можливостей створення сприятливих умов для ефективної організації освітнього процесу. Особливої актуальності набуває розвиток інформаційно-цифрової компетентності керівників закладів освіти, які відіграють визначальну роль у впровадженні цифрових інновацій.

Ключові слова: штучний інтелект, управління, цифрова компетентність, якість освіти, керівник.

Інформаційно-цифрова компетентність (ІЦК) керівника закладу освіти є критично важливим критерієм його кваліфікації в умовах цифрової трансформації. Ця компетентність є однією з ключових у Концепції Нової української школи (НУШ) (2016), а також закріплена у професійному стандарті «Керівник (директор) закладу загальної середньої освіти» (2021) та «Концепції розвитку цифрових компетентностей» (2021).

Завдання керівника навчального закладу в цифрову епоху полягає в тому, щоб розумітися на технологіях та інтегрувати їх в освітній процес. Інформаційно-цифрові технології мають перейти від одноразових проєктів до системного процесу, який оптимізує управлінську діяльність керівника та дозволяє оперативно приймати

рішення.

Інформаційно-цифрова компетентність керівника НУШ включає знання та навички, які дозволяють:

- Керувати ресурсами та контентом: використовувати відкриті електронні (цифрові) ресурси для організації освітнього процесу та професійного розвитку педагогів. Також це передбачає добір та оцінювання ефективності електронних управлінських ресурсів, а за потреби – їх модифікацію, редагування, комбінування або створення нових.

- Працювати з даними та безпекою: накопичувати, упорядковувати, обробляти та зберігати дані та інформацію в цифровому середовищі. Керівник також повинен забезпечувати безпечне електронне середовище для організації та управління процесом, включно з дистанційним та змішаним навчанням.

- Дотримуватися етики та права: забезпечувати дотримання учасниками освітнього процесу вимог законодавства щодо охорони авторського права, а також захист власних авторських прав.

Розвиток ІЦК керівника сприяє формуванню ефективного середовища для навчання та професійного розвитку всіх учасників освітнього процесу.

Світ стрімко змінюється під впливом новітніх технологій, і штучний інтелект (далі – ШІ) посідає одне з ключових місць у цій трансформації. Освіта не є винятком – ШІ має значний потенціал для її вдосконалення та надає нові можливості для навчання та розвитку користувачів. Нейронні мережі, створені на основі машинного навчання, здатні обробляти величезні обсяги даних, виявляти закономірності та створювати прогнози, що робить їх цінними інструментами для покращення освітнього процесу.

ШІ має значний потенціал для оптимізації адміністративних завдань керівника закладу освіти, підвищення якості освіти та системи контролю, збору та аналізу даних, що може суттєво покращити освітній процес.

До переваг нейромереж належить автоматизація рутинних адміністративних завдань, наприклад, планування бюджету закладу та закупівель, кадровий менеджмент, підготовка звітів, збирання та упорядкування статистичної інформації, створення презентацій, таблиць тощо. Це допоможе кращій організації роботи закладу освіти та підвищить ефективність всієї системи управління.

Багато хто вже пробував використовувати штучний інтелект. Іноді результат подобається, іноді ні. Але всі ми розуміємо, що штучний інтелект більше неможливо не помічати.

Штучний інтелект з'явився не чотири роки тому. Цим технологіям понад 70 років: розпочалися вони з Тьюрінга та фільму про нього «Енігма». Це дуже цікава людина, адже коли ще не було комп'ютерів, він спрогнозував появу ШІ. До того ж Тьюрінг розробив тест для перевірки ШІ. Зокрема Chat GPT у 2025 році пройшов його тільки на 70%. Але уявіть, що 70 % людей у світі, коли спілкуються з ШІ, не можуть відрізнити його від людини

Штучний інтелект — це не просто модна навичка. Це новий рівень управлінської компетентності.

Список використаних джерел

1. Ілійчук, Л. «Штучний інтелект і якість освіти: можливості, виклики та загрози». Науково-педагогічні студії, вип. 8, Листопад 2024, с. 232-48, doi:10.32405/2663-5739-2028-8-232-248.
2. Ройко Л. Л. Інформаційно-цифрова компетентність керівника закладу загальної середньої освіти в умовах інформаційних трансформацій. Інтеграція науки та практики управління в умовах соціокультурних трансформацій : зб. матеріалів II Міжнар. наук.-практич. конф. (25 квітня 2024 року, м. Полтава). Полтава, 2024. С. 511-515
3. Ройко Л. Л. Цифрова компетентність керівника закладу освіти як критерій його кваліфікації. Математика. Інформаційні технології. Освіта: збірник тез доп. XII міжнар. наук.-практ. конф. (м. Луцьк, 2-4 червн. 2023 р.). Луцьк, 2023. С. 177-179
4. Саранцов, Є. ШІ для управлінців: 6 рівнів впровадження й нова логіка мислення // КМБС. — 28.07.2025. — Режим доступу: <https://kmbs.ua/ua/article/ai-management-rivni-logika>

*ПОЗИЧАНЮК КУЗЬМА,
здобувач вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня,
КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти»*

АДМІНІСТРУВАННЯ ТА ЦИФРОВІ МЕХАНІЗМИ ФОРМУВАННЯ ЗАСАД СТАЛОГО РОЗВИТКУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Анотація. У статті розглядаються питання адміністрування і цифрових механізмів у контексті формування засад сталого розвитку в умовах воєнного стану. Висвітлюється роль сучасних цифрових

інструментів в організації адміністративної діяльності суб'єктів управління, а також їхній внесок у забезпечення стійкості соціально-економічних систем та підтримку процесів відновлення. Особливу увагу приділено аналізу проблем, пов'язаних із впровадженням цифрових технологій в умовах обмежених ресурсів, зовнішніх загроз та викликів безпеці. Запропоновано напрями вдосконалення цифрової інфраструктури для захисту й стимулювання сталого розвитку України у період воєнного випробування.

Ключові слова: адміністрування, цифрові механізми, сталий розвиток, воєнний стан, електронне урядування, інновації, безпека, цифрова трансформація, управління ризиками.

Abstract. The article examines the power of administration and digital mechanisms in the context of the formation of ambushes that began to develop in the minds of the military camp. The role of current digital tools in organizing the administrative activities of management subjects, as well as their contributions to ensuring the stability of socio-economic systems and support of renewal processes. Particular attention is paid to the analysis of problems associated with the advancement of digital technologies in the minds of resource exchanges, external threats and security concerns. A thorough development of digital infrastructure was directly proposed to protect and stimulate the development of Ukraine during the period of military testing.

Key words: administration, digital mechanisms, steel development, military, electronic regulation, innovation, safety, digital transformation, risk management.

Сучасні глобальні і регіональні виклики, пов'язані з воєнними конфліктами, формують нові вимоги до системи державного адміністрування та управління ресурсами. Особливо це актуально для України, де питання сталого розвитку набирають особливого значення у зв'язку з масштабними збройними агресіями, що супроводжуються руйнуванням матеріальної основи, соціальної інтегрованості та інформаційної безпеки [2, с. 19]. Використання цифрових технологій та інновацій у державному управлінні стає невід'ємною складовою ефективною стратегією реагування на кризові ситуації та забезпечення стійкості країни, зокрема її економіки, соціальної сфери і довкілля.

Метою даної роботи є виокремлення сучасних тенденцій адміністрування та цифрових механізмів у контексті сталого розвитку, обґрунтування їх значення в умовах воєнного стану, а також розробка рекомендацій щодо їх удосконалення.

Концепція сталого розвитку вперше була офіційно закріплена у звіті «Наше спільне майбутнє» (1987 р.), де окреслювалася ідея агрегації економічного зростання, соціальної згуртованості та збереження довкілля [4, с. 25]. В умовах воєнного стану ці питання набувають нового змісту: необхідно не лише зберігати потенціал розвитку, але й забезпечити життєстійкість системи до зовнішніх і внутрішніх загроз [5, с. 31].

За сучасних реалій сталий розвиток передбачає інтеграцію управлінських інновацій, цифровізацію процесів та максимальне використання технологій для зменшення вразливості державних сервісів, стабілізації економіки та забезпечення базових соціальних потреб громадян [7, с. 213].

Адміністрування в умовах воєнного стану — це організація діяльності державних інституцій, яка передбачає гнучкість та оперативність реагування, вміння використовувати ресурси оптимально, здійснювати делегування повноважень та зберігати баланс між централізацією та децентралізацією [1, с. 45]. Ключовими завданнями сучасного адміністрування є:

- забезпечення безперервності публічних сервісів;
- оперативне управління ризиками та викликами;
- інтеграція інноваційних підходів до державної політики.

В умовах гібридної війни, де кібератаки стали рутинним інструментом ворожого тиску, адміністрування зобов'язане виходити за межі захисту фізичних активів. Це завдання передбачає створення всеосяжної та надійної системи захисту цифрового простору держави. Воно включає: резервування та децентралізацію цифрових сервісів: Створення розподілених центрів обробки даних, розробка та регулярне тестування планів відновлення після інцидентів (Disaster Recovery Plan) для ключових державних реєстрів, систем зв'язку та фінансових платформ. Мета — гарантувати, що вихід з ладу одного вузла не паралізує роботу всієї системи.

Запровадження проактивних систем кіберзахисту: Впровадження сучасних систем моніторингу мережевої активності (типу SIEM — Security Information and Event Management) для виявлення загроз у реальному часі, проведення регулярних аудитів вразливостей та навчання персоналу принципам кібергігієни.

Захист критичних даних і боротьба з дезінформацією: Організація надійного зберігання резервних копій суспільно важливих даних, захист інформаційного простору шляхом протидії пропаганді та оперативного поширення достовірної інформації через офіційні канали комунікації. Це забезпечує інформаційний суверенітет та підтримує довіру громадян до інституцій влади в період високої невизначеності.

Ефективність будь-якої адміністративної системи в остаточному підсумку визначається довірою та підтримкою громадян. В умовах воєнного стану, коли суспільство постійно перебуває під впливом стресу, страху та втрат, державне адміністрування має виконувати не лише функцію сервісного провайдера, але й роль соціального стабілізатора. Це завдання реалізується через: створення ефективної системи соціального захисту: Оперативна адаптація соціальних програм для задоволення потреб внутрішньо переміщених осіб, родин загиблих та поранених ветеранів, мешканців окупованих та прифронтових територій. Це включає гнучкі механізми виплат, надання житла, медичної та психологічної допомоги.

Організація психологічної підтримки на всіх рівнях: Створення мережі доступних психологічних служб для цивільного населення, військовослужбовців та їх родин. Інтеграція принципів психологічної стійкості в комунікаційні кампанії влади. Забезпечення прозорості та відкритості комунікації: Регулярне, чесне та оперативне інформування громадськості про ситуацію в країні (в межах безпеки), про дії влади та їх наслідки. Це запобігає виникненню паніки, соціальної напруги та поширенню чуток, зміцнюючи соціальну довіру до інституцій.

Адміністрування в умовах воєнного стану не може бути відірваним від перспективи майбутнього миру. Кожне рішення, прийняте сьогодні, має враховувати наслідки для завтрашнього відновлення та реінтеграції країни. Таким чином, ключовим завданням є паралельне планування та імплементація механізмів майбутньої реконструкції, що передбачає: розробку комплексних планів відновлення на основі принципів «Build Back Better»: Це стосується не лише фізичної відбудови інфраструктури, але й реформи державних інституцій, економіки, системи освіти та охорони здоров'я. Плани мають включати прозорі механізми фінансування, моніторингу та аудиту для запобігання корупції.

Активну інтеграцію євроатлантичних стандартів управління: Вже в умовах війни необхідно розпочинати гармонізацію законодавства, стандартів державних закупівель, екологічних норм, принципів публічного управління (good governance) з вимогами ЄС та НАТО. Це забезпечить не просто відновлення, а якісну трансформацію країни, що є запорукою її майбутньої безпеки та процвітання. Створення інституційних механізмів координації донорської допомоги: Ефективне адміністрування має включити створення централізованих, але гнучких органів, здатних координувати міжнародну фінансову та технічну допомогу, забезпечуючи її цілеспрямоване використання відповідно до національних пріоритетів відновлення.

Комплексне адміністрування в умовах надзвичайного стану вимагає особливої уваги до автоматизації процесів, швидкого доступу до інформації, а також зворотного зв'язку з громадянами задля мобілізації суспільного потенціалу [8, с. 81]. У цьому контексті цифрові механізми стають детермінантами оптимізації адміністративних процесів.

Ефективна цифровізація державного управління дозволяє зберігати і відновлювати економіку та соціум навіть за умов руйнування фізичної інфраструктури. Серед ключових цифрових механізмів варто виділити:

- електронне урядування та електронні послуги;
- використання інформаційних систем для оперативного моніторингу ресурсів;
- інтеграцію «хмарних» сервісів для забезпечення безпечного зберігання даних;
- впровадження цифрових платформ соціальної підтримки населення [3, с. 127].

Ризики деструкції інформаційних систем через кібератаки, саботаж або відключення електроенергії потребують постійного удосконалення кіберзахисту, резервування інформації, а також розвитку національних «резервних хмар» [6, с. 69]. Досвід України з використання платформи «Дія» став прикладом швидкої відповіді на виклики війни, коли більшість основних адміністративних послуг стали доступними дистанційно.

В умовах воєнного стану традиційні схеми адміністрування нерідко виявляються неефективними, хоча й надалі відіграють ключову роль у підтримці життєдіяльності. Серед основних проблем цифрової трансформації можемо визначити:

- недостатність фінансування цифрових проєктів;
- відсутність належної інформаційно-комунікаційної інфраструктури у регіонах, що постраждали від бойових дій;
- дефіцит кваліфікованих кадрів для підтримки та розвитку цифрових рішень;
- загрози з боку кібератак і саботажу [9, с. 141].

Незважаючи на це, за сприятливих умов державна політика підтримки інновацій, мобілізація ІТ-сектору, партнерство з приватним бізнесом та міжнародна допомога стають ключовими чинниками для подолання зазначених викликів.

Сталий розвиток України вимагає комплексної стратегії цифрової трансформації. Доцільно зосередитися на таких кроках:

- підтримка та модернізація критичної IT-інфраструктури та незалежних дата-центрів, резервного зберігання даних;
- розширення реєстрів електронних послуг із врахуванням потреб переселенців, ветеранів, військовослужбовців;
- посилення співпраці органів держуправління з волонтерським рухом, бізнес-партнерами, іноземними донорами для масштабування цифрових рішень [2, с. 24].
- забезпечення прозорості і підзвітності через публічний доступ до цифрових статистичних даних і звітності;
- проведення інформаційно-просвітницьких кампаній для підвищення цифрової грамотності всього населення [10, с. 19].

Ці заходи сприяють формуванню нової моделі управляємості з урахуванням форс-мажорних обставин та підвищують адаптивність економіки.

У квітні 2022 року Генеральний секретар ООН А. Гутерреш наголосив на важливості стійких цифрових стратегій для захисту громадянських прав і підтримки базових державних сервісів навіть у воєнний час [7, с. 219]. Країни Балтії, Польща, Ізраїль і Південна Корея демонструють кращі практики організації цифрових адміністративних просторів як механізмів підтримки суспільної згуртованості та протистояння гібридним загрозам.

Україна поступово імплементує відповідні практики, зокрема, завдяки підтримці ЄС та USAID у розгортанні хмарних сервісів для публічного сектору, що стало одним з елементів захисту національної інформаційної екосистеми.

Довгострокова стратегія цифрового суверенітету України має спиратися на:

- створення власних кібер-центрів швидкого реагування;
- формування дата-центрів критичної інфраструктури;
- розвиток кадрового потенціалу у сфері smart-гуманітаристики, інформаційної безпеки та штучного інтелекту [8, с. 86].

Адміністрування та цифрові механізми у період воєнного стану є системоутворюючими чинниками стійкості держави. Їх поєднання дозволяє забезпечити життєдіяльність суспільства, підтримувати економічний і соціальний розвиток, а також створювати базу для відновлення у післявоєнний період.

Таким чином, адміністрування в умовах воєнного стану є динамічною багаторівневою системою, для якої забезпечення безперервності сервісів та оперативного управління ризиками є базовою, але недостатньою умовою успіху. Стійкість інформаційних систем, соціальна згуртованість суспільства та стратегічне планування відновлення виступають критично важливими завданнями сучасного державного управління. Саме їхня реалізація дозволяє перетворити виклики воєнного часу на можливості для глибокої трансформації, забезпечуючи не лише перемогу, але й створення стійкої, процвітаючої та інтегрованої в євроатлантичний простір держави.

Подальше вдосконалення цифрових технологій, розвиток партнерств, підвищення цифрової грамотності населення, а також підсилення кібербезпеки — це пріоритетні завдання держави на найближчі роки. Використання накопиченого досвіду і залучення кращих міжнародних практик сприятиме створенню стійкої екосистеми цифрового адміністрування на шляху до сталого розвитку та європейської інтеграції.

Список використаних джерел

1. Ващенко О. М. Публічне адміністрування в умовах суспільних трансформацій: теорія і практика. Київ: НАДУ, 2021. 256 с.
2. Марущак І. П., Соловйов В. І. Адміністративно-правові аспекти цифровізації державного управління в Україні. Інформаційне суспільство. 2022. №2. С. 19-27.
3. Чорна М. Л. Впровадження електронних адміністративних послуг у воєнний період. Державне управління та місцеве самоврядування. 2023. №4. С. 124-130.
4. Gro Harlem Brundtland (ed). Our common future. Oxford : Oxford University Press, 1987. 400 p. URL: <https://e.surl.li/oiokmy> (дата звернення 05.11.2025).
5. Савченко В. А., Костюк О. О. Глобальні загрози та національна безпека України: нові виклики. Безпека суспільства. 2022. №3. С. 29-36.
6. Кривошеєва Н. В. Кібербезпека в умовах цифрової трансформації державного управління. Економічний простір. 2023. №177. С. 67-73.
7. Human Development Report 2022: Uncertain Times, Unsettled Lives: Shaping our Future in a Transforming World. United Nations Development Programme, 2022. 350 p. URL: <https://hdr.undp.org/content/human-development-report->

[2021-22](#) (дата звернення 05.11.2025).

8. Ларченко І. О., Панасюк Д. О. Цифрові платформи державного управління: регіональний вимір. Актуальні проблеми державного управління. 2021. № 4. С. 79-88.

9. Дейнеко Л. В. Кадровий потенціал цифрової трансформації: виклики сьогодення. Економіка та суспільство. 2022. №44. С. 139-143.

10. Digital Skills for Ukraine: Assessment and Recommendations. European Training Foundation (ETF), 2023. 28 p. URL: <https://www.etf.europa.eu/en/where-we-work/countries/ukraine> (дата звернення 05.11.2025).

ПОЗУР М.Ю.,
аспірант кафедри програмного забезпечення
Вінницького національного технічного університету

ВИКОРИСТАННЯ SOURCE GENERATORS ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКЛИКІВ З ДИНАМІЧНИМ ВИЗНАЧЕННЯМ ІМЕНІ В .NET

Анотація: У роботі розглянуто використання Source Generators для оптимізації викликів з динамічним визначенням імені в .NET. Рішення використовує окрему систему метаданих, метадані в якій генеруються на етапі компіляції з використанням інструменту Source Generators. Такі метадані мають посилання на відповідні статичні виклики, що дозволяє досягти кращих показників швидкодії.

Ключові слова: .NET, метапрограмування, Source Generators, рефлексія.

Abstract. The paper discusses the use of Source Generators to optimize calls with dynamic name resolution in .NET. The solution uses a separate metadata system, the metadata in which is generated at compile time using Source Generators. Such metadata has links to the corresponding static calls implemented via lambda functions, which allows to achieve better performance.

Keywords: .NET, metaprogramming, Source Generators, reflection.

Вступ. Динамічне визначення імені (dynamic name resolution) дозволяє визначати імена членів, для яких здійснюється виклик на етапі виконання, а не на етапі компіляції (static name resolution). У контексті об'єктно-орієнтованого програмування мова йде не лише про виклики методів класів (як статичних, так і екземплярів), а й про присвоєння та зчитування значень полів цих класів. Така стратегія визначення імені використовується як для розробки певного загального функціоналу, який має працювати з широким набором типів даних, так і в задачах обфускації.

Для викликів з динамічним визначенням імені доцільно використовувати методи метапрограмування. В .NET основним методом, для здійснення виклику з динамічним визначенням імені є використання механізму рефлексії [1]. Рефлексія дозволяє отримувати метадані типів даних та їх членів і здійснювати такі виклики, використовуючи ці метадані. Проте здійснення таких викликів з використанням рефлексії має негативний вплив на швидкість порівняно з використанням звичайних статичних викликів [2].

Використання Source Generators для оптимізації викликів з динамічним визначенням імені в .NET

Динамічне визначення імені з використанням рефлексії відбувається за рахунок наявності системи метаданих, де метадані типу даних містять посилання на метадані членів цього типу. Використовуючи метадані членів, можна здійснювати такі динамічні виклики (див. рисунок 1).

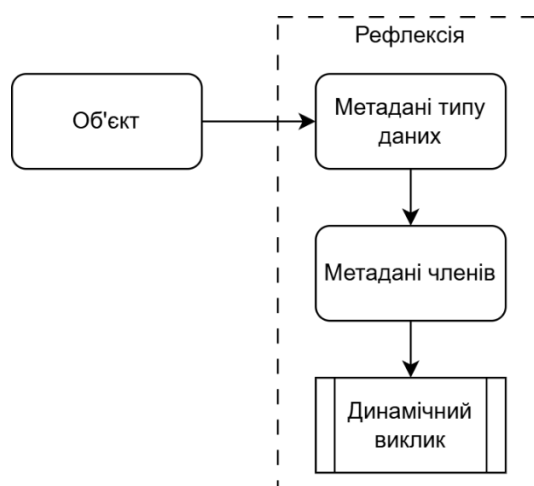


Рисунок 1 – Схема здійснення динамічного виклику з використанням рефлексії

Найбільша втрата швидкодії відносно викликів зі статичним визначенням імені відбувається саме на етапі динамічного виклику з об'єкту метаданих члену. Пов'язано це з низкою перевірок, які виконуються на рівні CLR при здійсненні такого виклику [2]. Проте, якщо об'єкт метаданих певним чином асоціювати з відповідним статичним викликом, то це дозволить зменшити втрати швидкодії. Для цього доцільно мати окрему систему метаданих, яка є аналогічною за структурою до рефлексії, але об'єкти метаданих членів типу містять посилання на відповідні статичні виклики. Але такі метадані необхідно певним чином згенерувати. Генерувати метадані можна з використанням методів метапрограмування для генерації вихідного коду на етапі компіляції. Одним із таких інструментів у .NET є Roslyn Source Generators [3]. Відповідні статичні виклики можна реалізувати з використанням лямбда-функцій.

```
// зчитування
(x) => ((#typeFullName#)x).#propertyName#
// присвоєння
(x, v) => ((#typeFullName#)x).#propertyName# = (#propTypeFullName#)v
```

Приклад шаблону генерації таких лямбда-функцій зображено на рисунку 2.

Рисунок 2 – Шаблон генерації статичних викликів для властивостей

Шаблон використовує такі змінні:

- *propertyName*, назва властивості, якій відповідають метадані;
- *typeFullName*, повна назва типу даних, якому належить властивість (у тому числі й простір імен);
- *propTypeFullName*, повна назва типу даних властивості (у тому числі й простір імен).

Таким чином, згенеровані об'єкти метаданих матимуть посилання на лямбда-функції, що відповідатимуть за здійснення відповідних статичних викликів, що дозволить покращити швидкість таких викликів (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати порівняння динамічних викликів з використанням рефлексії та згенерованих метаданих

Category	Method	Mean	Error	StdDev	Median	Ratio
Method Invoke	SourceGen	61.98 ns	1.267 ns	2.349 ns	62.55 ns	0.18
	Reflection	348.60 ns	6.995 ns	11.095 ns	353.30 ns	1.00
Property Get	SourceGen	17.47 ns	0.154 ns	0.137 ns	17.41 ns	0.51
	Reflection	34.12 ns	0.711 ns	0.949 ns	34.35 ns	1.00
Property Set	SourceGen	17.37 ns	0.171 ns	0.160 ns	17.31 ns	0.43
	Reflection	40.58 ns	0.809 ns	1.024 ns	40.95 ns	1.00

Висновок. Розглянуто використання Source Generators для оптимізації здійснення викликів, що використовують динамічне визначення імені. Запропоноване рішення опирається на використання окремої системи метаданих, в якій метаданим членів типу даних присвоюються посилання на відповідні статичні виклики. Це дозволяє досягти покращення швидкодії на 49% у задачах зчитування значень властивостей, на 57% у задачах присвоєння значень властивостей та 82% у задачах виклику методів.

Список використаних джерел

1. Ingebrigtsen E. Metaprogramming in C#: Automate Your .NET Development and Simplify Overcomplicated Code. Packt Publishing, Limited, 2023.
2. Warren M. Why is reflection slow?. URL: <https://mattwarren.org/2016/12/14/Why-is-Reflection-slow/> (дата звернення: 09.11.2025).
3. Gerr P. Incremental Roslyn Source Generators In .NET 6. URL: <https://www.thinktecture.com/net/roslyn-source-generators-introduction/> (дата звернення: 09.11.2025).

ПОЙДА І. В.
здобувачка вищої освіти факультету публічного управління,
соціальних та природничих наук, спеціальності 053 «Психологія»
КУЗЬМЕНКО Ю. В.
кандидат психологічних наук, доцент
доцент кафедри педагогічних наук,
початкової та корекційної освіти
ПОЙДА С. А.,
кандидат педагогічних наук, доцент
доцент кафедри управління та адміністрування
КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти»

РОЗВИТОК ЛІДЕРСЬКИХ ЯКОСТЕЙ У СТУДЕНТІВ ЗВО ЗАСОБАМИ МООС

Анотація. У статті розглянуто роль цифрових освітніх платформ у розвитку лідерських якостей студентів закладів вищої освіти. Проаналізовано можливості використання міжнародних і вітчизняних МООС-платформ для формування лідерських компетентностей. Визначено, що їх інтеграція в освітній процес сприяє формуванню у студентів здатності до самонавчання, критичного мислення, прийняття управлінських рішень, розвитку емоційного інтелекту та цифрової культури. Акцентовано увагу на значенні українських платформ, які забезпечують доступ до якісного контенту державною мовою та відповідають сучасним потребам освіти.

Ключові слова: лідерство, цифрові освітні платформи, МООС, лідерські компетентності, студенти, здобувачі освіти, заклад вищої освіти, цифрова трансформація освіти.

Однією з основних рис сучасного лідера є його здатність навчатись. Постійне самовдосконалення, пошук інноваційних рішень і нових підходів до підвищення ефективності професійної діяльності дають можливість повніше розкрити та реалізувати його лідерські якості. Як зазначає О. Брюховецька, “заклади вищої освіти відіграють ключову роль у розвитку лідерського потенціалу здобувачів вищої освіти через спеціальні курси з лідерства та управління, тренінгові програми розвитку лідерських навичок, проєктну діяльність та практичні завдання, створення сприятливого середовища для експериментування з лідерськими ролями, інтеграцію лідерських компонентів у загальну освітню програму тощо” [1].

Разом із тим, студенти можуть розвивати власні лідерські якості паралельно з освітнім процесом у закладі вищої освіти, використовуючи сервіси та ресурси мережі Інтернет. Цифрова трансформація суспільства надала користувачам Інтернет можливість навчатися у зручний час і в безпечних умовах. Величезна кількість освітніх матеріалів, відео- та аудіоподкастів на професійні теми, а також навчальні курси, розміщені в мережі, дають змогу обирати саме ті навчальні ресурси, які найбільше відповідають потребам професійного та особистісного розвитку студентів.

Це підтверджується думкою, Я. Цехмістера, який вважає дієвим інструментом розвитку компетентностей “застосування МООС-платформ дистанційного навчання, які активно розвиваються в усьому світі. МООС (massive open online course, масовий відкритий онлайн-курс) – це вид дистанційних освітніх програм, що передбачає необмежене число учасників і відкритий доступ через Інтернет” [2].

Сервіси, що працюють на принципах МООС, здебільшого мають схожі підходи до реалізації освітнього процесу, який зазвичай відбувається так: користувач, зареєструвавшись на платформі, обирає потрібний курс, знайомиться з навчальними матеріалами, переглядає відео, виконує практичні завдання та складає підсумкові тести. Такий формат навчання дає змогу користувачеві навчатись у зручний час (24/7), у будь-якому місці та з будь-якого пристрою, підключеного до мережі Інтернет. Частина платформ також дозволяє завантажувати відео та навчальні матеріали на власні пристрої, що забезпечує можливість продовжувати навчання навіть у періоди блекаутів.

Розглянемо детальніше всесвітньо відомі освітні платформи МООС. Серед світових лідерів мов варто виділити такі платформи: Coursera (<https://www.coursera.org/>), Edx (<https://www.edx.org/>), Udacity (<https://www.udacity.com/>), Kadenze (<https://www.kadenze.com/>), Udemy (<https://www.udemy.com/>), FutureLearn (<https://www.futurelearn.com/>), Swayam (<https://swayam.gov.in/>). Під час вибору навчального курсу на таких платформах варто враховувати, що за навчання на деяких із них необхідно буде сплатити певні кошти, однак існує чимало безкоштовних курсів, які можна знайти на цих платформах. Важливо зазначити, що після початку повномасштабного вторгнення РФ в Україну частина зазначених освітніх сервісів надала українцям освітню підтримку. Зокрема, платформа Coursera відкрила доступ для студентів українських закладів вищої освіти до більшості своїх курсів безкоштовно до 31 липня 2024 року, за умови використання ними корпоративних облікових записів. [3]. Також варто зазначити, що на окремих освітніх платформах, зокрема на Coursera, уже

реалізовано українську локалізацію частини курсів, що сприяє кращому їх сприйняттю українськими студентами.

Результати проведеного аналізу навчальних курсів, розміщених на зазначених платформах, засвідчили, що їхня тематика охоплює надзвичайно широкий спектр напрямів, пов'язаних із розвитком лідерства. Серед них — прийняття управлінських рішень, ефективна комунікація, розвиток емоційного інтелекту, управління конфліктами, вплив і стратегічне мислення, організаційні зміни, формування та розвиток команди, підвищення мотивації й створення позитивного мікроклімату в колективі. Окрему увагу приділено таким сучасним аспектам, як стратегія використання штучного інтелекту, етичні аспекти прийняття рішень, новітні AI-інструменти в управлінні.

Український ринок масових відкритих онлайн-курсів (МООС) представлений такими платформами, як Prometheus (<https://prometheus.org.ua/>), ВУМОнлайн (<https://vumonline.ua>), EDERA (<https://ed-era.com/>), Дія.Освіта (<https://osvita.diia.gov.ua>). Принципи роботи на цих платформах, практично не відрізняються від описаних вище. Водночас їх перевагою для українців є те, що більшість курсів тут пропонується українською.

Отже, онлайн сервіси та цифрові освітні платформи, зокрема МООС, є ефективним інструментом самовдосконалення студентів закладів вищої освіти. Вони забезпечують гнучкий доступ до широкого спектра курсів, що охоплюють ключові аспекти лідерства. Використання таких сервісів у навчальному процесі, або паралельно з ним, сприяє розвитку лідерського потенціалу студентів, поєднуючи теоретичні знання з розв'язаннями завдань, наведених у практичних кейсах, що, у майбутньому, дасть можливість їм більш ефективно реагувати на глобальні виклики.

Проведене дослідження дало змогу також визначити перспективні напрями подальшого вивчення, зокрема оцінювання ефективності різних освітніх інструментів (тренінги, онлайн-сервіси тощо) з огляду на обсяг здобутих під час навчання знань і навичок та їх вплив на розвиток лідерських компетентностей студентів ЗВО.

Список використаних джерел

1. Брюховецька О. В. Розвиток лідерських якостей майбутніх фахівців у процесі навчання в закладах вищої освіти // Вісник післядипломної освіти: збірник наукових праць. Серія «Соціальні та поведінкові науки; Управління та адміністрування». 2023. Вип. 33(62). С. 27–48. - URL: <https://ojs.uem.edu.ua/index.php/spnma/article/view/858>
2. Цехмістер Я. В. Розвиток МООС-платформ дистанційного навчання як фактор діджиталізації освіти в умовах COVID-19 // Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах : зб. наук. пр. / редкол.: А. В. Сущенко (голов. ред.) та ін. Запоріжжя : КПУ, 2021. Вип. 79. Т. 2. С. 56–62. - URL: <https://dspace.hnpu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3ad0e4f1-59f4-4e75-9f1f-a5922f970699/content>
3. Міністерство освіти і науки України. Безоплатний доступ до курсів Coursera для студентів ЗВО – URL: <https://mon.gov.ua/news/bezoplatniy-dostup-do-kursiv-coursera-dlya-studentiv-zvo>

ОЛЕНА ПОЛОНСЬКА
НА СБ України

РИЗИКИ ПОРУШЕННЯ ПРИВАТНОСТІ УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ

Форсована цифровізація освітнього процесу в Україні зумовлена об'єктивними чинниками, як то пандемія COVID-19 з 2019 року, а з 2022 року - повномасштабне вторгнення рф в Україну. Масований та часто «екстрений» перехід до дистанційних та гібридних форм навчання не лишив часу на розробку та імплементацію належних політик приватності в освітній діяльності. Нерідко, заклади освіти були змушені обирати технологічні рішення, системи управління навчанням, платформи відеоконференцій тощо лише за критеріями доступності та функціональності, часто ігноруючи аспекти безпеки даних. В той же час, в процесі використання технічних засобів навчання виникає конфлікт між потребами налагодження освітнього процесу, у тому числі щодо моніторингу відвідуваності навчальних занять, оцінювання рівня знань, ідентифікації студентів та фундаментальним правом учасників освітнього процесу - учня, студента, викладача, на приватність, захищене статтею 32 Конституції України.

Основними нормативно-правовими актами, що врегульовують питання запровадження та встановлюють основні правила надання освітніх послуг в дистанційному форматі, в тому числі із використанням технологічних засобів, в Україні є Закон України «Про вищу освіту»[1], що визначає обов'язком закладу вищої освіти створення безпечного освітнього середовища, тобто таких умов у закладі освіти, що унеможливають заподіяння учасникам освітнього процесу фізичної, майнової та/або моральної шкоди, зокрема внаслідок недотримання вимог законодавства щодо кібербезпеки та захисту персональних даних; питання дотримання інформаційної

приватності учасників освітнього процесу регламентує Закон України «Про захист персональних даних»[2], що визначає поняття суб'єктів персональних даних, основних елементів обробки, згоди, та закріплює загальні вимоги до обробки даних. Слід зауважити, що вказаний нормативний акт не містить специфічних норм, адаптованих до ризиків EdTech та дистанційного навчання. Положення про дистанційну форму здобуття повної загальної середньої освіти (Наказ МОН № 1115 від 08.09.2020 «Деякі питання організації дистанційного навчання») регулює організаційні аспекти, та хоча і закріплює основні категорії, на кшталт електронні освітні ресурси з навчальних предметів, електронне освітнє середовище, дистанційне навчання, більшою мірою зміст документа присвячений унормуванню робочого часу педагогічного працівника, формам контролю, та майже не містить норм щодо захисту приватності чи кібербезпеки здобувачів освіти, лиш зазначаючи в п. 9, що організація освітнього процесу під час дистанційного навчання має здійснюватися з дотриманням вимог законодавства про освіту та захист персональних даних[3].

В Європейському Союзі базовим нормативним актом, що регулює збір і використання інформації фізичних осіб є Регламент Європейського Парламенту і Ради (ЄС) 2016/679 від 27 квітня 2016 р. про захист фізичних осіб у зв'язку з опрацюванням персональних даних і про вільний рух таких даних, норми GDPR[4].

В Україні загальна кількість кіберінцидентів є стабільно високою. За даними Держспецзв'язку України, від початку 2025 року CERT-UA фіксує в середньому близько 15 кіберінцидентів на день. За перше півріччя 2025 року було зафіксовано 3018 кіберінцидентів, що на 17% більше, ніж у другій половині 2024 року[5]. Хоча це загальна статистика, вона ілюструє високий рівень загроз у цифровому просторі, частиною якого є і освітні платформи. В той же час позитивно є динаміка, висвітлена у звітах компаній з кібербезпеки (напр., SAS), які демонструють, що 73% споживачів (батьків, студентів) стали більше турбуватися про приватність своїх даних, ніж кілька років тому.

Платформи дистанційного навчання (Moodle, Google Classroom, Zoom, Microsoft Teams) збирають величезні масиви даних, а саме ідентифікаційного характеру (ПІБ, дата народження, адреса проживання, контактні дані), академічні (результати оцінювання рівня знань, історія навчання, IP-адреси, час входу, геолокація), метадані, зокрема дані про пристрій, браузер, тривалість сесій, а також чутливі персональні дані, які вимагають особливого поводження, наприклад аудіо- та відеозаписи занять, де фіксується не лише учень, але й члени його родини та приватне житло. Надмірний збір персональних даних порушує принцип мінімізації даних та відповідності обсягу даних сформульованій меті обробки, що визначені в статті 6 Закону України «Про захист персональних даних» та статті 5 GDPR та є одним з основних векторів загроз приватності у дистанційному навчанні. Наприклад, реалізація принципу Privacy by Design / by Default, встановленому Загальним регламентом про захист даних стаття 25, в освітній діяльності полягає у налаштуванні платформи для дистанційного навчання так, щоб за замовчуванням камера та мікрофон були вимкнені, а збір даних – мінімальний. Здобувач освіти сам вмикає їх за потреби, а не вмикає примусове налаштування.

Також, проблемним аспектом є те, що освітні заклади переважно не виступають ані власниками, ані розробниками платформ дистанційного навчання, якими користуються, вони виступають володільцями даних, але сама обробка передається третім сторонам – комерційним EdTech-компаніям, що створює між іншим потенційні ризики використання даних студентів в комерційних цілях (таргетована реклама, профілювання).

Вимога використання постійно увімкненої вебкамери під час занять або іспитів є однією з найбільш інвазивних практик. Вказаний процес фактично являє собою відеоспостереження, що відбувається у приватному житті особи без її повної та свідомої згоди, або навіть навпаки - таку мовчазну згоду часто можна вважати примусовою, оскільки альтернативи у здобувача освіти крім як не бути допущеним до заняття немає. Стаття 11 Закону України «Про захист персональних даних» хоча і закріплює ключовою ознакою згоди її вільне волевиявлення, але є більшою мірою формалізованою, оскільки не дає чіткого визначення і розуміння категорії «дисбаланс влади». Тому згода студента, який боїться бути недопущеним до іспиту, лиш формально вважається «вільною». В той же час стаття 7 та Recital 43 Загального регламенту про захист даних прямо вказують, що згода не є вільною, якщо існує чіткий дисбаланс між суб'єктом даних (студент) та контролером (університет), а отже імперативна вимога педагогічного представника щодо наявності відеозв'язку може бути розцінена як порушення прав суб'єкта даних. Слід зауважити, що через демонстрацію соціально-побутових умов студенти можуть зазнавати дискримінації або упередженого ставлення з боку інших учасників освітнього процесу.

Наступним проблемним аспектом цифрового дистанційного навчання є використання систем автоматизованого прокторингу - дистанційних систем моніторингу та контролю під час онлайн-іспитів чи тестувань, призначених для забезпечення об'єктивності поданих результатів (наприклад, Proctorio, Respondus), що виводять спостереження, у тому числі за освітнім процесом, на новий рівень. Вказані програми використовують інструменти штучного інтелекту для відстеження руху очей, звуків у кімнаті, натискання клавіш

на клавіатурі, а також аналізують веб-трафік студента під час підсумкових контролів. Разом з цим, непрозорість алгоритмів ШІ, ризик хибних спрацювань та обробка великого обсягу біометричних даних, вимагають в першу чергу обґрунтування необхідності застосування таких систем та відповідно значно вищого рівня захисту персональної інформації. Закон «Про захист персональних даних» згадує біометричні дані в контексті особливих вимог до такого виду інформації (ст.7), але регулювання є нечітким, законодавство не містить обов'язкової для володільця персональних даних процедури оцінки ризиків перед впровадженням такої систем автоматизованого прокторингу. Натомість стаття 35 GDPR вимагає від контролера – закладу освіти, проведення Data Protection Impact Assessment (DPIA) перед будь-якою високоризиковою обробкою, чим і є прокторинг та масове стеження, отже змушує заклад довести, що користь переважає ризики, ще до того, як система запрацює. Зауважимо, що політики приватності мають бути написані чіткою та зрозумілою мовою, а особливо для дітей. Студент має розуміти, наприклад навіщо ввімкнена камера і скільки зберігається запис.

Освітніми закладами здійснюється обробка величезного масиву персональних даних, студентів, батьків, педагогічних працівників, але заклади освіти на жаль традиційно мають низький рівень фінансування заходів кібербезпеки порівняно, наприклад з фінансовим чи медичним сектором.

Закон України «Про захист персональних даних» є рамковим і базується на вже застарілій Директиві ЄС 95/46/ЄС. Він фіксує базові принципи, але не має специфічних інструментів для протидії ризикам, які несуть сучасні технології, зокрема і у сфері надання освітніх послуг такі як EdTech, ШІ, прокторинг. Разом з тим, GDPR (Загальний регламент про захист даних) був розроблений Європейським Союзом саме як відповідь на сучасні і потенційні виклики. У розрізі проблем дистанційного навчання стислий порівняльний аналіз положень національного законодавства та GDPR ілюструє проактивний підхід Європейського законодавства до врегулювання правовідносин із захисту даних, в той час як українське регулювання має реактивний. Український Закон, прийнятий в епоху домінування паперових баз даних, виявляється не спроможним регулювати нові форми обробки даних і епоху цифровізаційних і глобалізаційних процесів, як то алгоритмічний аналіз, поведінкове профілювання, які є серцем EdTech. Ключової концепції, викладеної в GDPR «Privacy by Design» (конфіденційність за задумом) бракує українському законодавству. Впровадження цього принцип в освітні стандарти змусить заклади освіти при виборі платформи дистанційного навчання керуватися не лише вартісною оцінкою чи зручним функціоналом, а й вбудованими налаштуваннями приватності. Вирішення проблем приватності в дистанційній освіті лежить не лише у площині «цифрової гігієни» учасників освітнього процесу, але й у площині імплементації сучасних європейських стандартів захисту даних в українське освітнє законодавство.

Перелік використаної літератури:

1. Про вищу освіту : Закон від 05.09.2017 № 2145-VIII https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19?find=1&text=%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD#w1_7
2. Про захист персональних даних : Закон України від 01.06.2010 № 2297-VI URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>
3. Положення про дистанційну форму здобуття повної загальної середньої освіти : Наказ МОН № 1115 від 08.09.2020 «Деякі питання організації дистанційного навчання» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0941-20#Text>
4. Регламент європейського парламенту і ради (ЄС) 2016/679 від 27 квітня 2016 року про захист фізичних осіб у зв'язку з опрацюванням персональних даних і про вільний рух таких даних, та про скасування Директиви 95/46/ЄС (Загальний регламент про захист даних) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_008-16#Text
5. <https://itukraine.org.ua/fishing-zero-click-eksplojti-ai-ataki-tendentsiyi-kiberzagroz-v-ukrayini-u-2025-rotsi>

ПРАЙС І. С.,

студент

ФІЛОНЕНКО М. М.

Державний податковий університет

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТУ ТА ПРОМИСЛОВІСТЬ: УКРАЇНСЬКИЙ КОНТЕКСТ І ПРАКТИЧНІ ВИКЛИКИ

Анотація: У тезах розглядається процес впровадження технологій штучного інтелекту (ШІ) в освітню та промислову сфери України. Проаналізовано приклади використання ШІ в навчальних закладах та виробничих системах, визначено основні технічні, етичні та організаційні виклики. Особливу увагу приділено державним ініціативам, цифровій грамотності та потребі в адаптації освітніх програм. Запропоновано практичні

рекомендації щодо ефективного впровадження ШІ з урахуванням українських реалій.

Ключові слова: Штучний інтелект, цифрові технології, освіта, промисловість, автоматизація, етика, цифровізація.

У 2025 році Україна перебуває на етапі активної цифрової трансформації, яка охоплює не лише державне управління, а й ключові сфери — освіту, промисловість, медицину. Штучний інтелект, що ще кілька років тому сприймався як інновація для великих корпорацій, нині стає доступним інструментом для освітян, інженерів, управлінців. За прогнозами ІТ-спільноти, Україна має потенціал стати регіональним лідером у сфері генеративного ШІ [3].

В освітньому середовищі ШІ використовується для автоматичного оцінювання, адаптації навчального контенту, створення віртуальних асистентів для викладачів. У промисловості — для аналізу даних, прогнозування несправностей, оптимізації логістики. Проте впровадження ШІ супроводжується низкою викликів. У школах і вишах часто бракує технічної бази, а рівень цифрової грамотності серед педагогів залишається недостатнім. У промисловості — відсутність стратегій, обмежені інвестиції, опір змінам.

У збірнику Всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації наголошується, що ШІ дозволяє створювати адаптивні освітні середовища, формувати індивідуальні траєкторії навчання, а також автоматизувати рутинні завдання [1]. Стаття на DOU аналізує дорожню карту МОН і Мінцифри щодо впровадження ШІ в школах, зокрема використання ChatGPT, перевірку підручників, захист персональних даних [2]. У промисловості ШІ застосовується для контролю якості, управління виробничими процесами, виявлення дефектів на лінії [3].

Серед технічних викликів — нестача якісних даних, складність навчання моделей, потреба в локалізації алгоритмів. Етичні аспекти включають прозорість рішень, недопущення дискримінації, захист приватності. Організаційні — це дефіцит кадрів, відсутність нормативної бази, потреба в перепідготовці персоналу. Особливої уваги потребує питання академічної доброчесності: використання ШІ в освіті має базуватись на принципах відкритості, відповідальності та недопущення маніпуляцій [2].

Важливим чинником успішного впровадження ШІ в освітню сферу є формування культури відповідального використання технологій. Це передбачає не лише технічну підготовку, а й розвиток критичного мислення, розуміння принципів роботи алгоритмів, здатність оцінювати достовірність інформації, яку генерує ШІ. У цьому контексті особливої актуальності набуває медіаграмотність, яка має стати обов'язковим компонентом освітніх програм усіх рівнів.

Крім того, необхідно враховувати психологічні аспекти взаємодії з ШІ. Дослідження показують, що учні та студенти можуть сприймати ШІ як авторитетне джерело, навіть якщо його відповіді є помилковими або маніпулятивними. Тому важливо навчати користувачів не лише користуватись ШІ, а й ставити під сумнів його висновки, перевіряти джерела, порівнювати альтернативні точки зору.

У контексті професійної освіти ШІ відкриває нові можливості для моделювання виробничих процесів, створення віртуальних лабораторій, автоматизованого аналізу технічних даних. Наприклад, студенти технічних спеціальностей можуть працювати з симуляторами, які моделюють роботу складного обладнання, аналізують помилки, пропонують оптимальні рішення. Це дозволяє зменшити витрати на матеріальну базу, підвищити безпеку навчального процесу, забезпечити доступ до сучасних технологій навіть у регіонах з обмеженими ресурсами [1].

У промисловості впровадження ШІ має стратегічне значення. В умовах глобальної конкуренції підприємства, які не використовують інтелектуальні системи, поступово втрачають позиції. В Україні вже є приклади успішної автоматизації виробництва, зокрема на підприємствах харчової, хімічної, машинобудівної галузей. Проте більшість таких рішень є точковими, не масштабованими, а отже — не створюють системного ефекту [3].

Для подолання цього бар'єра необхідно створити національну платформу підтримки впровадження ШІ в промисловість. Вона має включати реєстр перевірених рішень і постачальників, систему сертифікації ШІ-продуктів, програми співфінансування для малого та середнього бізнесу, освітні модулі для управлінців і технічного персоналу.

Також важливо розвивати українські мовні моделі, які враховують специфіку мови, культури, правового поля. Більшість сучасних ШІ-систем створені на основі англomовних корпусів, що ускладнює їх застосування в українських умовах. Підтримка локальних розробників, створення відкритих корпусів українською мовою, розвиток національних дата-центрів — усе це сприятиме цифровому суверенітету [3].

У підсумку, інтеграція ШІ в освіту та промисловість — це не лише технологічний процес, а глибока трансформація мислення, управління, взаємодії. Вона потребує не лише інвестицій, а й довіри, співпраці,

відкритості до змін. Україна має всі передумови, щоб не лише адаптуватися до глобальних трендів, а й формувати власні — з урахуванням національних потреб, ресурсів і цінностей.

Список використаних джерел:

1. Інтеграція ШІ в освіту – виклики та можливості (збірник тез). – <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi82/0061842.pdf>
2. Як штучний інтелект інтегрують в українську освіту – <https://dou.ua/lenta/articles/ai-in-the-ukrainian-education-2025/>
3. Розвиток ШІ в Україні у 2025 році – <https://speka.ua/artificial-intelligence/rozvitok-stucnogo-intelektu-v-ukrayini-u-2025-roci-prognozi-lideriv-galuzi-v7y76y>

ПРИСЯЖНЮК Т.І.

Вінницький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ХВОРОБ НА РАНИХ СТАДІЯХ

Анотація: У тезах розглядаються сучасні методи машинного навчання, що застосовуються в медицині для раннього виявлення захворювань на основі медичних зображень, біомаркерів, генетичних даних та клінічних показників. Узагальнено результати провідних наукових досліджень у напрямі ранньої діагностики серцево-судинних, онкологічних, інфекційних та нейродегенеративних хвороб. Особливу увагу приділено викликам упровадження моделей машинного навчання в клінічну практику, а також перспективам розвитку та підвищення точності таких систем.

Ключові слова: машинне навчання, рання діагностика, медичні зображення, біомаркери, глибоке навчання, інтерпретованість моделей, штучний інтелект.

1. Вступ. Рання діагностика є одним з ключових напрямів сучасної медицини, оскільки дозволяє виявляти патологічні процеси на доклінічних етапах, коли лікування є найбільш ефективним. Зростання обсягів медичних даних та розвиток методів штучного інтелекту створили унікальні можливості для автоматизованого аналізу інформації, що раніше потребувала тривалого й складного оброблення. У сучасній літературі, зокрема у роботах, представлених на PubMed [1], наголошується, що моделі машинного навчання здатні виявляти патологічні зміни на рівні, який недоступний для людського ока або традиційних алгоритмів цифрової обробки зображень. Це робить машинне навчання перспективним інструментом як для первинного скринінгу, так і для підтримки прийняття клінічних рішень.

Швидкий розвиток магнітно-резонансної томографії, комп'ютерної томографії, цифрової мікроскопії та інших методів візуалізації призвів до накопичення великих масивів даних, які можуть бути проаналізовані алгоритмами глибокого навчання. Це дало змогу створити моделі, здатні розпізнавати найменші структурні зміни [4], які можуть свідчити про ранній розвиток раку, нейродегенеративних або серцево-судинних захворювань [2].

2. Методи машинного навчання, що застосовуються для ранньої діагностики. Застосування машинного навчання в медицині ґрунтується на кількох основних підходах, серед яких провідне місце займають методи глибокого навчання. Згорткові нейронні мережі показали високу ефективність при аналізі медичних зображень: вони здатні виявляти мікроструктурні зміни у тканинах, що є ознакою розвитку онкологічних або запальних процесів. Наприклад, у дослідженнях JAPMI демонструється, що багаторівневі CNN дозволяють із високою точністю класифікувати пухлинні утворення на основі гістопатологічних зображень [2]. У клінічній нейровізуалізації використовуються тривимірні CNN, які аналізують повні об'єми МРТ для виявлення характерних змін у структурі мозку, властивих для хвороби Альцгеймера на ранніх стадіях [3]. Трансформерні моделі, що останніми роками набули поширення, також демонструють високу точність завдяки здатності утримувати довготермінові просторові залежності між ділянками зображення.

Іншим важливим напрямом є аналіз лабораторних та біохімічних даних. У багатьох випадках рання діагностика можлива без візуалізації, наприклад, при оцінюванні біомаркерів у спинномозковій рідині для визначення стадії нейродегенеративних захворювань. У роботах, присвячених аналізу таких біомаркерів, показано, що алгоритми типу SVM, Random Forest або XGBoost здатні відтворювати складні нелінійні залежності між рівнем певних білків чи продуктів метаболізму та ризиком розвитку патології [6]. Крім того, машинне навчання активно застосовується для обробки генетичних і геномних даних, що створює передумови для точнішого прогнозування інфекційних захворювань та онкологічних процесів.

У сфері діагностики інфекцій важливе місце посідають моделі для аналізу послідовностей. Методи глибинного навчання, такі як LSTM або спеціалізовані трансформери, забезпечують можливість швидкої класифікації штабів вірусів за їх геномними послідовностями, що значно скорочує час від виявлення збудника

до постановки діагнозу [4].

3. Практичні застосування машинного навчання у медицині Машинне навчання вже довело свою ефективність у різних галузях медицини.

Зокрема, у кардіології моделі глибокого навчання застосовуються для аналізу електрокардіограм, що дозволяє виявляти ранні ознаки ішемічної хвороби серця або порушень ритму, які можуть залишитися непоміченими при первинному огляді. У дослідженнях, присвячених використанню CNN для аналізу ЕКГ, показано, що такі моделі здатні прогнозувати ризик серцевих подій з точністю, вищою, ніж традиційні методи.

У нейромедицині машинне навчання використовується для дослідження хвороби Паркінсона та хвороби Альцгеймера. Алгоритми дозволяють виявляти зміни у структурі мозку, які є непомітними для людського ока, а також аналізувати зміни у метаболічній активності мозкової тканини на ПЕТ-сканах. Особливо важливо, що сучасні моделі поєднуються з методами пояснюваного штучного інтелекту, такими як LIME або SHAP, які дозволяють візуально ідентифікувати області зображення, що вплинули на рішення моделі [5]. Це формує більшу довіру лікарів до автоматизованих систем.

В онкології машинне навчання використовується для аналізу мамографічних знімків, дерматоскопічних фотографій та КТ легень. Моделі глибокого навчання здатні виявляти незначні відхилення у структурі тканин, які можуть відповідати передраковим станам або пухлинам на ранніх стадіях. Дослідження того, як CNN обробляють дерматологічні зображення, показали, що ці моделі досягають точності, порівнянної або навіть вищої, ніж точність кваліфікованих лікарів-дерматологів.

У сфері діагностики інфекційних та респіраторних хвороб також було досягнуто значного прогресу. Українські дослідження, присвячені аналізу КТ легень при COVID-19, підтверджують, що алгоритми машинного навчання здатні класифікувати типи уражень і визначати ступінь тяжкості захворювання значно швидше, ніж лікар-рентгенолог [7]. Це має велике практичне значення в умовах епідемій, коли кількість пацієнтів значно перевищує можливості медичних закладів.

4. Виклики та перспективи розвитку. Попри значний прогрес, існує низка викликів, що стримують впровадження машинного навчання у клінічну практику. Однією з найбільших проблем є якість медичних даних. Зображення, отримані на різних апаратах, можуть істотно відрізнятися, що створює труднощі для узагальнення моделей [1]. Крім того, у багатьох сферах доступні дані є недостатньо збалансованими: здорові зображення трапляються значно частіше, ніж патологічні, що призводить до зміщення моделей [5]. Окремою проблемою є нестача розмічених даних, оскільки анотація медичних зображень потребує участі фахівців, а це є ресурсомістким процесом.

Ще однією важливою проблемою є інтерпретованість моделей. Оскільки лікарі несуть відповідальність за постановку діагнозу, моделі, які працюють як «чорні скриньки», викликають природну недовіру. Методи пояснюваного ШІ частково вирішують цю проблему, однак їх застосування потребує додаткової стандартизації.

Правові та етичні аспекти також є важливими. Використання персональних медичних даних має відповідати міжнародним стандартам захисту інформації. Крім того, алгоритми повинні бути протестовані в умовах клінічних досліджень перед тим, як перейти у практику.

Додатково існує висока обчислювальна складність моделей, оскільки сучасні трансформерні архітектури для МРТ-аналізу вимагають значних ресурсів і не можуть бути впроваджені у медичних закладах із обмеженим технічним забезпеченням [3].

5. Висновки. Машинне навчання є потужним інструментом для ранньої діагностики широкого спектра захворювань, оскільки дозволяє аналізувати великі обсяги даних та виявляти патології на доклінічних стадіях. Застосування алгоритмів глибокого навчання у поєднанні з медичними зображеннями, біомаркерами та генетичною інформацією створює основу для побудови високоточних моделей, здатних прискорити та покращити процес діагностування. Подальший розвиток галузі залежатиме від якості доступних медичних даних, підвищення пояснюваності моделей та інтеграції інтелектуальних систем у реальну клінічну практику.

Список використаних джерел

1. Detecting the Undetected: Machine Learning in Early Disease Diagnosis. PubMed, 2024.
2. AI for Early Disease Detection: Developing Models for Early Diagnosis Using Biomarkers and Imaging Data. JAPMI, 2023.
3. Early Disease Detection Using AI: A Deep Learning Approach. IJSRM, 2023.
4. Novel Deep Learning Architecture for Heart Disease Prediction using CNN. arXiv, 2021.
5. Explainable Machine Learning for Early Detection of Parkinson's Disease using DaTscan Imagery. arXiv, 2020.
6. Machine Learning Classification of Alzheimer's Disease Stages Using CSF Biomarkers. arXiv, 2024.
7. Ефективність алгоритмів ML для класифікації змін легень при COVID-19. KPI, 2022.

АРХІТЕКТУРА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ КЛІЄНТСЬКОЇ ВЕБОБОЛОНКИ З ВІДКРИТИМ КОДОМ ДЛЯ МАСШТАБОВАНИХ ПЛАТФОРМ СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНОГО АНАЛІЗУ У ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Анотація: У роботі представлено архітектуру та програмну реалізацію клієнтської вебоболонки з відкритим кодом для масштабованих платформ скінченно-елементного аналізу (СЕА), що працюють у хмарному середовищі. Актуальність дослідження зумовлена високою вартістю комерційних СЕА-систем та необхідністю еластичного доступу до високопродуктивних обчислень (HPC) для інженерного моделювання. Запропонована архітектура базується на функціональному відокремленні фронтенду (на основі бібліотеки React, обраної за її масштабованість) від обчислювального ядра, використовуючи JSON для стандартизованого обміну даними. Розроблений інтерфейс забезпечує повний цикл роботи з інженерною задачею, включаючи гнучке задання складних вхідних параметрів та високопродуктивну 3D-візуалізацію дискретизованих моделей безпосередньо у браузері за допомогою технології WebGL. Прототип формує основу для побудови доступної, багатоплатформної хмарної системи СЕА, що сприяє демократизації інженерного аналізу.

Ключові слова: метод скінченних елементів (МСЕ), багатоплатформний інтерфейс, React, WebGL-візуалізація, розділена архітектура.

Комп'ютерне моделювання фізичних процесів за допомогою методу скінченних елементів є незамінним у сучасному інжинірингу. Проте, застосування традиційних пропріетарних СЕА-платформ обмежене високою вартістю та архітектурною нездатністю локальних обчислювальних потужностей до еластичного масштабування. Ця ситуація актуалізує необхідність розробки доступних, багатоплатформних хмарно-нативних сервісів, які б демократизували доступ до високопродуктивних обчислень для інженерного аналізу. Необхідно створити інтуїтивний графічний інтерфейс, що здатен інтегруватися з потужними, але менш user-friendly, відкритими обчислювальними ядрами [1].

Запропоновано архітектуру клієнтського вебзастосунку з відкритим кодом, що забезпечує чітке функціональне відокремлення графічного інтерфейсу від хмарного обчислювального ядра. Клієнтська частина реалізована з використанням бібліотеки React, обраної за її високу швидкодію, масштабованість та придатність для розробки складних, функціонально насичених корпоративних систем. Взаємодія між клієнтом та сервером, що виконує МСЕ-розрахунки, стандартизована за допомогою протоколу обміну даними JSON. Таке використання стандартизованого протоколу забезпечує архітектурну гнучкість та сумісність із гетерогенними серверними реалізаціями, що підтримує стратегію мультихмарного розгортання [2].

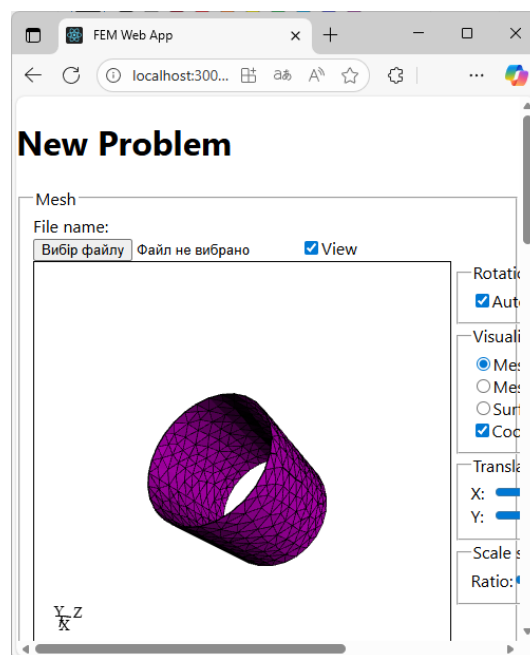


Рис. 1. Візуалізації дискретної моделі у браузері засобами WebGL

Розроблений інтерфейс підтримує повний цикл роботи з інженерним проектом, включаючи три основні режими – формування нової задачі (pre-processing), завантаження існуючого проекту та інтерактивний аналіз

результатів. Для високопродуктивної крос-браузерної візуалізації тривимірних дискретизованих моделей та відображення результатів розрахунків застосовано технологію WebGL (рис. 1). WebGL використовує апаратне прискорення клієнтської машини, мінімізуючи навантаження на обчислювальний сервер. Інтерфейс забезпечує гнучке завдання складних вхідних даних — зокрема, неоднорідних фізичних властивостей та граничних умов — через табличну форму введення (рис. 2), що є критично важливим для реалістичного інженерного моделювання. Ініціація розрахунку генерує структурований JSON-файл для передачі у хмарне середовище.

The screenshot shows a web browser window titled 'FEM Web App' with the address 'localhost:3000/open-problem'. The interface includes a table for 'Pressure loads' and a table for 'Boundary conditions'.

Pressure loads:

Value	Predicate
P	$x \geq 0 \text{ and } x \leq L$
P	$\text{abs}(R * R - ((x - C) * (x - C) + y * y + z * z)) \leq \text{eps and } x \leq (R * \cos(\text{FI\_T}) + C)$
P	$\text{abs}(R * R - ((x - L + C) * (x - L + C) + y * y + z * z)) \leq \text{eps and } x \geq (R * \cos(\text{FI\_B}) + L - C)$
P	$(x \geq (R * \cos(\text{FI\_T}) + C) \text{ and } x \leq 0) \text{ and } \text{abs}(y^2 + z^2 - K2\_TOP * (x - \text{CX\_TOP})^2) < \text{eps}$
P	$(x \geq L \text{ and } x \leq (R * \cos(\text{FI\_B}) + L - C)) \text{ and } \text{abs}(y^2 + z^2 - K2\_BOT * (x - \text{CX\_BOT})^2) < \text{eps}$

Boundary conditions:

Value	Predicate	Direction		
		X	Y	Z
0	$\text{abs}(x - 14.338) < \text{eps}$	☒	☒	☒
0	$\text{abs}(y) < \text{eps}$	☐	☒	☐
0	$\text{abs}(z) < \text{eps}$	☐	☐	☒

Buttons: 'add', 'del', 'Calculate', 'Home'.

Рис. 2. Приклад завдання складних навантажень, що діють на об'єкт розрахунку

Створений прототип клієнтського вебзастосунку становить ефективну архітектурну основу для побудови масштабованої хмарної платформи СЕА. Чітке розділення графічного інтерфейсу та обчислювального ядра забезпечує інтеграцію з різними серверними рішеннями, підвищуючи доступність інженерного моделювання високого рівня без потреби у встановленні спеціалізованого ПЗ. Подальша робота буде зосереджена на розширенні функціоналу інтерфейсу, його інтеграції з передовими Open-Source обчислювальними бібліотеками та оптимізації клієнт-серверної взаємодії, зокрема, шляхом впровадження методів штучного інтелекту.

Список використаних джерел

1. Maas M. D. Best Open-Source Finite Element Analysis Software. URL: <https://www.epsilonforge.com/post/best-open-source-finite-elements/> (дата звернення: 13.11.2025).
2. Brown G. Onshape Simulation is Fundamentally Improving How Product Designers Use CAD and FEA. URL: <https://www.onshape.com/en/blog/onshape-simulation-fundamentally-improving-cad-fea> (дата звернення: 07.11.2025).
3. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., Zhu J.Z. The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals. Sixth edition. Butterworth-Heinemann, 2016, 753 p.
4. Engineering Simulation & 3D Design Software | Ansys. URL: <https://www.ansys.com/> (дата звернення: 01.10.2025).

ПРОГНОЗУВАННЯ СЕМАНТИЧНИХ ВІДНОШЕНЬ ДЛЯ ДОРОЖНІХ СЦЕН НА ОСНОВІ ПРОТОТИП-ОРІЄНТОВАНИХ НЕЧІТКИХ ГРАНУЛЯРИХ ПРАВИЛ

У роботі запропоновано метод прогнозування семантичних відношень у дорожніх сценах, який об'єднує дві моделі аналізу: реконструкцію просторових взаємодій за структурою object–subject–relation та класифікацію сцени на основі параметрів об'єктів (відстань, видимість, напрямок руху, зміна просторових відношень у часі). Метод формує прототипи типових дорожніх ситуацій та використовує систему нечітких гранулярних правил, що дозволяє оцінювати рівень безпеки взаємодії: Safe, Suspect або Unsafe. Запропонований підхід орієнтований на моніторинг безпеки вулиць, пішохідних переходів і перехресть, а також на використання у мобільних та вбудованих системах відеоаналізу.

Ключові слова: семантичні відношення, реконструкція сцени, гранулярні обчислення, нечіткі правила, прототип-орієнтоване моделювання, аналіз дорожніх сцен, взаємодія об'єкт–суб'єкт, оцінка ризику, комп'ютерний зір.

The paper examines a method for analyzing road scenes based on the object–subject–relation paradigm. The proposed approach combines object detection results with distance estimation between objects, allowing interactions to be classified as safe, unsafe, or uncertain. A prototype table summarizes the key objects in road scenes (pedestrians, vehicles, bicycles) and the relations between them. An example is provided using a scene with cyclists and pedestrians at a traffic light. The proposed method can be applied in intelligent transportation systems and mobile applications for monitoring road safety.

Keywords: semantic relations, scene reconstruction, granular computing, fuzzy rules, prototype-based modeling, road scene analysis, object–subject relationship, risk assessment, computer vision

У міських умовах дорожня сцена зазвичай складається з великої кількості об'єктів, кожен з яких може рухатися у власному напрямку. Тому проста детекція або ізольований аналіз окремих параметрів часто не дають достатньої інформації для оцінки ситуації. Попередні дослідження були присвячені аналізу просторових взаємодій за моделлю «object–subject–relation» [1] та класифікації дорожніх сцен за нечіткими гранулярними правилами [2]. У цій роботі обидва ці підходи об'єднано у спільну модель, що дозволяє розглядати сцену як цілісну структуру, але при цьому використати числові характеристики для її уточнення.

Реконструкція сцени починається з визначення всіх наявних об'єктів: автомобілів, пішоходів, велосипедистів. Для кожного з них встановлюється положення у кадрі, характер руху та відстань до інших об'єктів. Далі формується структурна схема взаємодій: які об'єкти можуть перетинати траєкторії одне одного, які рухаються незалежно, а які взаємодіють лише опосередковано через спільний контекст (наприклад, тротуар чи проїжджу частину). На етапі виділення об'єктів можуть бути використані сучасні методи комп'ютерного зору, зокрема SSD, Fast R-CNN або трансформерні підходи [3, 4].

На основі цієї інформації система обирає найближчий за своєю структурою прототип дорожньої ситуації. Це дозволяє одразу віднести сцену до певного типу: рух пішохода перед автомобілем, груповий пішохідний потік збоку, велосипедист у паралельній зоні тощо. Далі параметри сцени уточнюються за допомогою нечітких правил, які враховують навіть незначні зміни відстані або напрямку. Саме ці дрібні динамічні ознаки часто свідчать про потенційне зближення об'єктів. Рівень ризику визначається як підсумок цих структурних та параметричних оцінок. Він не обмежується аналізом поточної ситуації, а дозволяє спрогнозувати можливий розвиток подій у найближчий момент часу.

Для прикладу розглянуто сцену, зображену на рисунку 1. У центрі кадру знаходиться чорний автомобіль – основний динамічний елемент сцени. Біля нього розташовано кілька пішоходів, які рухаються у різних напрямках. Їхня відстань до автомобіля є помірною, проте з огляду на можливу траєкторію руху автомобіля ситуація не є повністю однозначною. Ліворуч спостерігається група людей, що іде тротуаром у протилежному напрямку, вони не становлять прямої загрози, оскільки залишаються в безпечній зоні. Праворуч група пішоходів рухається вздовж будівлі, а позаду них велосипедист, що рухається паралельно. Всі ці елементи впливають на формування загального прототипу сцени.

Аналіз просторових відношень та зміни дистанцій показав, що найбільший інтерес представляють саме пішоходи, які опинилися попереду автомобіля. Незважаючи на те, що відстань між ними поки що залишається стабільною, характер розташування об'єктів відповідає прототипу «пішохід перед автомобілем», який у нечіткій моделі відповідає групі ситуацій зі зростанням потенційного ризику. Правий бік сцени, навпаки, демонструє стабільний пішохідний потік, що однозначно інтерпретується як безпечний. Велосипедист, зважаючи на свою

позицію та відсутність зближення, також не формує небезпечного сценарію.

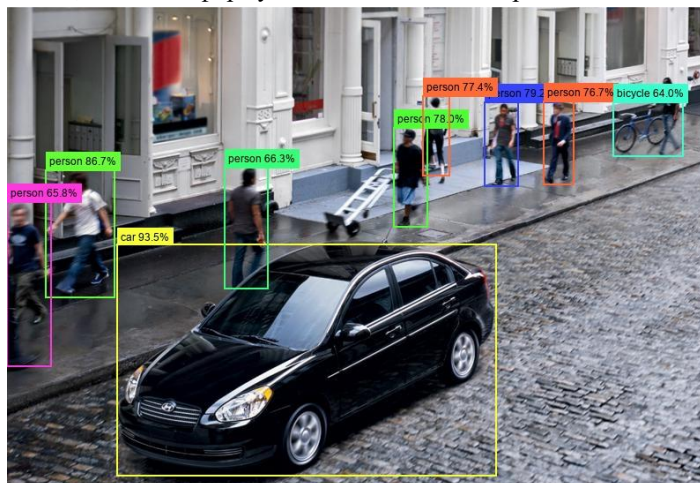


Рисунок 1 – Реконструкція сцени

У підсумку сцена оцінюється як сумнівна (Suspect). Це не є прямою небезпекою, проте модель фіксує можливість зближення між автомобілем і пішоходами в центральній зоні. Розглянутий приклад демонструє, як поєднання структурного та параметричного аналізу дозволяє ідентифікувати слабкі місця у конфігурації дорожньої сцени.

Представлений підхід дає змогу формувати більш змістовну оцінку дорожньої ситуації, ніж методи, що працюють лише з одним типом ознак. Об'єднання структурної моделі взаємодій та параметричного аналізу дозволяє прогнозувати зміну відносин між об'єктами і виявляти потенційно небезпечні конфігурації на ранньому етапі. Це робить метод доцільним для використання в системах моніторингу міських вулиць, пішохідних переходів та перехресть, а також у мобільних системах відеоаналізу.

Список використаних джерел

1. Прус Б. В., Ракитянська Г. Б. Метод візуального розпізнавання відношень «об'єкт-суб'єкт» для аналізу дорожніх сцен // Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2025: матеріали V Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих учених, аспірантів і студентів (Одеса, 25–26 верес. 2025 р.). – Одеса : ОНТУ, – 367с.
2. Прус Б.В., Ракитянська Г.Б. 3W класифікація дорожніх сцен на основі нечітких гранулярних правил // Інформаційні технології і автоматизація – 2025: матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції (31 жовтня 2025 р.). – Одеса, ОНТУ.
3. Doradzińska, L., Furtak, M., Bola, M.: Perception of semantic relations in scenes: A registered report study of attention hold. *Consciousness and Cognition* 100, art. no. 103315 (2022).
4. Xie, L., Lee, F., Liu, L., Kotani, K., Chen, Q.: Scene recognition: A comprehensive survey. *Pattern Recognition* 102, art. no. 107205 (2020).

УДК 681.3.07

ПРУС О.В.,

МАЙДАНЮК В.П.

Вінницький національний технічний університет

ЦИФРОВА МЕТОДИКА ПЕРЦЕНТИЛЬНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСІВ НА ОСНОВІ УЗАГАЛЬНЕНОГО ЗАКОНУ АМДАЛА

У тезах представлено підхід до використання узагальненого закону Амдала як основи для цифрового планування оптимізації продуктивності веб-інтерфейсів у промислових CI/CD-процесах. Запропоновано багаторесурсну модель критичного шляху з частками етапів (мережа, JS/CPU, рендеринг тощо), локальними прискореннями для технік оптимізації та множниками взаємодій між ними. Оцінювання параметрів моделі здійснюється за перцентильними UX-метриками (передусім LCP та INP) на основі трас Chrome trace/HAR, даних RUM та факторних експериментів типу 2^k з регресією в лог-просторі перцентилів. Показано, що використання оцінених параметрів (α , s , κ) дає змогу з достатньою точністю (похибки на рівні кількох відсотків) прогнозувати вплив «пакетів» оптимізацій ще до їхнього впровадження, що відкриває можливості для кількісно обґрунтованого прийняття рішень у промисловій розробці веб-систем, а також для використання

отриманої методики в освітніх і наукових цілях.

Ключові слова: узагальнений закон Амдала; багаторесурсна модель; продуктивність веб-інтерфейсів; перцентильні UX-метрики; Largest Contentful Paint (LCP); Interaction to Next Paint (INP); Chrome trace/HAR; Real User Monitoring (RUM); факторні експерименти 2^k ; CI/CD-процеси оптимізації

The theses present an approach to using a generalized Amdahl's law as a basis for digital planning of web interface performance optimizations in industrial CI/CD processes. A multi-resource model of the critical path is proposed with stage shares (network, JS/CPU, rendering, etc.), local speedups for individual optimization techniques, and interaction multipliers between them. The model parameters are estimated using percentile UX metrics (primarily LCP and INP) based on Chrome trace/HAR data, Real User Monitoring (RUM), and 2^k factorial experiments with regression in the log space of percentiles. It is shown that using the estimated parameters (α , s , κ) makes it possible to predict the impact of "packages" of optimizations with sufficient accuracy (errors on the order of a few percent) even before their implementation, which opens up opportunities for quantitatively justified decision-making in industrial web system development, as well as for applying the proposed methodology in educational and scientific contexts.

Keywords: generalized Amdahl's law; multi-resource model; web interface performance; percentile UX metrics; Largest Contentful Paint (LCP); Interaction to Next Paint (INP); Chrome trace/HAR; Real User Monitoring (RUM); 2^k factorial experiments; CI/CD optimization processes.

Цифрові платформи в науці, освіті та промисловості дедалі частіше покладаються на складні веб-інтерфейси, від продуктивності яких залежать бізнес-показники, якість користувацького досвіду та відповідність вимогам до рівня сервісу. На практиці оптимізація продуктивності часто має характер «ручного тюнінгу»: команди застосовують окремі техніки (lazy loading, code splitting, сучасні формати зображень, cache-control тощо) й постфактум вимірюють ефект за допомогою Lighthouse чи Web Vitals. Такий підхід погано масштабується в багатопроектних/монорепозіторіях, важко інтегрується в CI/CD і не забезпечує прогнозованості перцентильних UX-метрик (**LCP_{p95}** та **INP_{p95}**), які є ключовими для реального досвіду користувача.

Узагальнений закон Амдала дає природну математичну базу для опису впливу оптимізацій: загальний час роботи системи подається як сума внесків окремих етапів з урахуванням локальних прискорень. Однак класична форма закону не враховує багаторесурсну природу веб-інтерфейсів (мережа, JS/CPU, рендеринг, кеші), неадитивність ефектів різних технік та специфіку перцентильних метрик. Відповідно, актуальною є задача побудови цифрової методики, яка поєднує узагальнений закон Амдала з сучасними засобами збору даних (Chrome trace/HAR, RUM), факторними експериментами та перцентильною регресією, і яка придатна для вбудовування у промислові CI/CD-процеси [1, 2].

Метою цієї роботи є стислий виклад такої методики та окреслення її практичної цінності для інженерії продуктивності веб-систем, а також потенціалу для використання у навчальних курсах з веб-розробки та цифрової інженерії.

У якості теоретичної основи розглядається багаторесурсна модель критичного шляху завантаження та взаємодії у веб-інтерфейсі. Час виконання операції декомонується на ***m*** узагальнених етапів: мережеві затримки, обчислювальні витрати на JS/CPU, витрати на рендеринг/пейнт, а також інші супутні процеси (I/O, кеші тощо). Для базового (неоптимізованого) стану визначаються нормовані частки часу $\alpha_j \in [0; 1]$, $j = 1 \dots m$, які задовольняють умову $\sum_{j=1}^m \alpha_j = 1$.

У наближеній формі очікуваний відносний час виконання операції у присутності оптимізацій описується виразом

$$T_{\text{rel}} \approx \sum_{j=1}^m \frac{\alpha_j}{s_j},$$

де $s_j \geq 1$ інтерпретується як локальний коефіцієнт прискорення j -го етапу під дією певної техніки або набору технік оптимізації (наприклад, сучасні формати зображень та респонс переважно впливають на мережеві етапи й декодування зображень; скорочення JS-бандла — на JS/CPU та обробку взаємодій).

З огляду на те, що у реальних веб-системах ефекти оптимізацій здебільшого є неадитивними, модель доповнюється множниками взаємодій. Нехай $A = \{\alpha_p\}$ — набір бінарних індикаторів оптимізацій, де $\alpha_p \in \{0, 1\}$ позначає стан p -ї техніки (вимкнено/увімкнено). Для урахування неадитивності вводяться множники κ_{pq} , що характеризують взаємодію між техніками p та q . Тоді узагальнена форма моделі набуває вигляду

$$T_{\text{rel}} \approx \left(\sum_{j=1}^m \frac{\alpha_j}{s_j(A)} \right) \cdot \prod_{(p,q)} \kappa_{pq}^{\alpha_p \alpha_q},$$

де $s_j(A)$ — ефективне прискорення j -го етапу для заданого набору оптимізацій A , а κ_{pq} інтерпретується як множник взаємодії:

- $\kappa_{pq} < 1$ — суперадитивний ефект (взаємне підсилення оптимізацій),
- $\kappa_{pq} > 1$ — субадитивний ефект (часткове перекриття або додаткові накладні витрати),
- $\kappa_{pq} \approx 1$ — відсутність істотної взаємодії [1, 3].

Таким чином, параметри α , s та κ утворюють узгоджений набір, який описує структуру критичного шляху, локальні ефекти окремих технік та характер їхньої взаємодії.

Для практичного застосування моделі необхідно емпірично оцінити параметри (α, s, κ) на основі спостережуваних даних. Запропонована методика поєднує аналіз трас (Chrome trace/HAR), вимірювання в полі (RUM) та лабораторні експерименти в єдиному конвеєрі.

Операціоналізація часток α_j здійснюється шляхом побудови розкладу часу за основними етапами критичного шляху. Для цього виконується агрегація подій трасування до груп: мережа (DNS, TCP, TLS, TTFB, завантаження вмісту), JS/CPU (parse, compile, execute, long tasks), рендеринг (style, layout, paint, composite), інші процеси. У межах кожної страти середовища (клас пристрою, тип мережі, стан кешу) обчислюються медіанні значення часу за етапами, після чого ці величини нормуються так, щоб $\sum \alpha_j = 1$. Стабільність отриманих часток перевіряється на А/А-фазах; допустимі коливання інтерпретуються як фоновий шум середовища.

Оцінювання локальних прискорень s_j для окремих оптимізацій здійснюється за схемами:

- контрольовані лабораторні прогони за принципом «увімкнено/вимкнено» з подальшим порівнянням перцентильних характеристик часу відповідних підетапів;
- difference-in-differences на даних RUM з урахуванням коваріат середовища (пристрій, мережа, кеш), коли повністю контрольовані умови недоступні [3, 4].

При цьому орієнтиром є не лише зміни загальних UX-метрик, а й зсув перцентилів локальних процесів (наприклад, P90 часу декодування LCP-елемента, часу виконання критичних JS-задач тощо).

Взаємодії κ_{pq} оцінюються в рамках факторних експериментів типу 2^k , де k — кількість розглянутих технік. Для кожної комбінації «увімкнено/вимкнено» збираються значення цільових перцентильних UX-метрик (передусім LCP_{p95} та INP_{p95}). Далі будується регресійна модель у лог-просторі:

$$\log(P95) = \beta_0 + \sum_{p=1}^k \beta_p a_p + \sum_{p < q} \beta_{pq} a_p a_q + \varepsilon,$$

де a_p — індикатор наявності p -ї техніки. Експонування оцінених коефіцієнтів дозволяє інтерпретувати

$$\hat{s}_p \approx e^{-\beta_p}, \hat{\kappa}_{pq} \approx e^{-\beta_{pq}},$$

що пов'язує регресійну постановку безпосередньо з параметрами моделі узагальненого закону Амдала.

Прогностична якість моделі оцінюється за середньою абсолютною відсотковою похибкою (MAPE), коренем середньоквадратичної похибки в лог-шкалі (RMSE) та калібрувальною регресією «факт → прогноз», яка дозволяє виявити потенційні систематичні зміщення (зсув інтерсепта та масштабний коефіцієнт нахилу). За необхідності застосовується бутстреп для побудови довірчих інтервалів параметрів та перевірки стійкості оцінок у часі. [3]

Оцінені параметри (α, s, κ) можуть бути інтегровані у процеси безперервної інтеграції та доставки (CI/CD) у вигляді окремого програмного модуля або сервісу прогнозування. Такий модуль приймає як вхід опис «пакета» змін (набір увімкнених технік оптимізації) та, використовуючи оцінені параметри, обчислює очікувані відносні зміни перцентильних метрик LCP_{p95} , INP_{p95} у цільових стратах середовища [5].

Отримані прогнози можуть бути використані для:

- формування дорожніх карт оптимізацій з урахуванням очікуваного «виграшу/вартості»;
- попереднього відбору технік, які мають високий очікуваний ефект за обмежених ресурсів;
- контролю дрейфу продуктивності у часі та своєчасного виявлення деградацій.

Окремим напрямом застосування є освітня діяльність. Запропонована методика може бути використана у курсах з веб-розробки, програмної інженерії та цифрових технологій для демонстрації зв'язку між формальними моделями продуктивності, експериментальним дизайном та практичним вимірюванням перцентильних UX-метрик у сучасних веб-системах [6, 7].

Висновки. У роботі сформовано багатресурсну модель продуктивності веб-інтерфейсів, яка узагальнює класичний закон Амдала шляхом введення нормованих часток етапів критичного шляху α , локальних коефіцієнтів прискорення s та множників взаємодії κ між техніками оптимізації. Такий підхід дає змогу описувати вплив змін на перцентильні UX-метрики у формі, придатній для подальшого кількісного аналізу і

безпосередньої інтерпретації в термінах внеску окремих ресурсів (мережі, JS/CPU, рендерингу тощо) та їхнього спільного впливу на критичний шлях.

Запропоновано та обґрунтовано відтворювану методику емпіричного оцінювання параметрів (α , s , κ), що поєднує аналіз трас Chrome trace/HAR, дані моніторингу реальних користувачів (RUM) та факторні експерименти типу 2^k з регресійною ідентифікацією у лог-просторі перцентилів. Використання бутстреп-процедур, показників якості прогнозу (MAPE, RMSE у лог-шкалі) та калібрування «факт $\rightarrow$ прогноз» забезпечує не лише числові оцінки параметрів, а й контроль невизначеності та перевірку відсутності систематичних зміщень у прогнозах.

Отримані результати свідчать, що оцінені параметри можуть бути використані для попереднього перцентильного прогнозування впливу «пакетів» оптимізацій на метрики LCP_{p95} та INP_{p95} з точністю, достатньою для практичної інженерії продуктивності у промислових умовах. Це створює підґрунтя для переходу від переважно евристичного тюнінгу до кількісно обґрунтованої підтримки прийняття рішень, зокрема під час формування дорожніх карт оптимізацій, пріоритизації задач за критерієм «виграш/вартість» та координації робіт між командами у багатопроектних і монорепозіторних середовищах CI/CD.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розширення моделі на вищі порядки взаємодій, застосування ієрархічних та байєсівських підходів для підвищення переносимості параметрів між різними продуктами і маршрутами, а також розроблення спеціалізованих інструментів інтеграції запропонованої методики у програмні конвеєри. Окремий інтерес становить адаптація підходу до ширшого класу UX-метрик і використання отриманих результатів в освітніх курсах, орієнтованих на цифрові технології в науці, освіті та промисловості.

Список використаних джерел

1. Prus O., Maidaniuk V. Optimising web interface performance using Amdahl's law // Bulletin of Cherkasy State Technological University. – 2025. – Т. 30, № 2. – С. 88–96. – DOI: <https://doi.org/10.62660/bcstu/2.2025.88>. – URL: <https://bulletin-chstu.com.ua/uk/journals/tom-31-2-2025/optimizatsiya-produktivnosti-veb-interfeysiv-iz-vikoristannyam-zakonu-amdala>
2. Прус О. В., Майданюк В. П., Арсенюк І. Р. Аналіз інструментів управління багатопроектними середовищами: оптимізація розробки програмного забезпечення // Наукові праці ВНТУ. – 2024. – № 1. – С. 1–8. – URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/714/696>
3. Прус, О.В., Майданюк, В.П. Емпіричне оцінювання параметрів узагальненого закону Амдала у веб-інтерфейсах. Measuring and computing devices in technological processes, (3), 479–490. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-83-60> URL: <https://vottp.khmnu.edu.ua/index.php/vottp/article/view/649>
4. Mitton, L. (2023, November). Amdahl's law: understanding the basics. Retrieved from https://www.splunk.com/en_us/blog/learn/amdahls-law.html
5. Nair, A. M., CK, S., Sidharth, S., & KK, V. (2024, April). Dockerized application with web interface. International Journal of Scientific Research in Computer Science Engineering and Information Technology, 10(2), 412–419. <https://doi.org/10.32628/CSEIT243646>
6. Oh, S., Kwon, Y., & Lee, J. (2025). Optimizing real-time object detection in a multi-neural processing unit system. Sensors, 25(5), 1376. <https://doi.org/10.3390/s25051376>
7. Felani, R., Al-Azam, M. N., Adi, D. P., & Widodo, A. (2020, July). Optimizing virtual resources management using Docker on cloud applications. IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems, 14(3), 319. <https://doi.org/10.22146/ijccs.57565>

УДК 004.932.2
РЕЙДА М. О.,
РЕЙДА О. М.,
ВНТУ

АЛГОРИТМИ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ МАСШТАБУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

Анотація. В роботі проведено аналіз методів масштабування зображень на основі алгоритмів глибокого навчання моделей. Розглянуто моделі EDSR, ESPCN, FSRCNN, LapSRN.

Ключові слова: super-resolution, ResNet, EDSR, ESPCN, FSRCNN, LapSRN.

Вступ. Використання алгоритмів глибокого навчання для масштабування зображень є одним з найпопулярнішим та найкращим варіантом, коли стандартні методи масштабування не дають очікуваного результату. У процесі розробки сучасних систем комп'ютерного зору розробники використовують такі алгоритми для підвищення точності обчислень. Саме тому дослідження алгоритмів глибокого навчання для

масштабування зображень є актуальною темою для аналізу задля покращення результату роботи сучасних програмних де використовується обробка зображень недостатньої роздільної здатності.

Результати дослідження. Класичні методи масштабування зазвичай використовують математичні алгоритми для збільшення розміру зображення. Цей підхід передбачає розтягування існуючих пікселів на зображенні, що може призвести до пікселізації та втрати якості. Зображення може стати розмитим та спотвореним, що призведе до менш візуально привабливого кінцевого продукту.

З іншого боку, масштабування зі штучним інтелектом використовують передові алгоритми машинного навчання та глибокі нейронні мережі для аналізу зображення та створення нових пікселів, які відповідають навколишній області. Цей процес називається «super-resolution». Він включає навчання моделі машинного навчання на великому наборі даних високоякісних зображень, щоб навчитися створювати нові пікселі, які бездоганно вписуються в зображення.

Завдяки цьому масштабування зі штучним інтелектом можуть створювати зображення, які виглядають набагато природніше та візуально привабливіше, ніж класичні методи масштабування. Крім того, масштабування зі штучним інтелектом має перевагу в тому, що може виявляти та виправляти інші проблеми із зображенням, такі як зменшення шуму, підвищення різкості та покращення кольору. Це призводить до більших, візуально привабливіших та реалістичніших зображень. [1]

Залишкова мережа (ResNet) була вперше представлена в статті "Глибоке залишкове навчання для розпізнавання зображень". Основна ідея ResNet полягає у створенні "ярлика ідентичності", який пропускає один або декілька шарів. Поява ResNet або залишкових мереж, які складаються із залишкових блоків, полегшила завдання навчання дуже глибоких мереж. Перше, що ми помічаємо, це прямий зв'язок, який оминає кілька рівнів між ними. Ядром залишкових блоків є зв'язок, відомий як "пропускний зв'язок". Вихід шару вже не такий, як раніше, через цей пропускний зв'язок. Без цього зв'язку вхідні дані 'x' множаться на ваги шару, а потім додається член зсуву. Потім до цього доданка застосовується функція активації $f()$, і результатом є $H(x)$. Результат змінився після введення з'єднання з пропуском. Коли розміри входу і виходу відрізняються, що може статися при згортці та об'єднанні шарів, цей підхід, здається, має незначні проблеми. Коли розмірність $f(x)$ відрізняється від x , ми можемо вибрати один з двох підходів:

- для збільшення розміру з'єднання пропуску заповнюється додатковими нульовими записами;
- для узгодження розміру використовується проєкційний підхід, який передбачає додавання шарів 1×1 до вхідних даних. [2]

Сьогодні найпопулярнішими моделями є: EDSR, ESPCN, FSRCNN, LapSRN.

Для різних масштабів у методі EDSR потрібні різні моделі. Для порівняння, одна модель може реконструювати різні масштаби в моделі MDSR. Використовується архітектура в стилі ResNet без шарів пакетної нормалізації. Виявлено, що ці шари позбавляються гнучкості діапазону з мереж ознак, покращуючи продуктивність. Це дозволяє створювати більшу модель з кращою продуктивністю. Щоб протидіяти нестабільності, виявленій у великих моделях, використовується масштабування залишків з коефіцієнтом 0,1 у кожному блоці залишків, розміщуючи шари постійного масштабування після останніх згорткових шарів. Також шари активації ReLu не використовуються після блоків залишків. Архітектура спочатку використовується для коефіцієнта масштабування 2. Потім ці попередньо навчені ваги використовуються під час навчання для коефіцієнта масштабування 3 та 4. Це не тільки прискорює навчання, але й покращує продуктивність моделей. На зображенні нижче порівняно результат 4-кратного надроздільного збільшення, отриманий методом EDSR, методом бікубічної інтерполяції, та оригінальне зображення високої роздільної здатності (рис. 1).

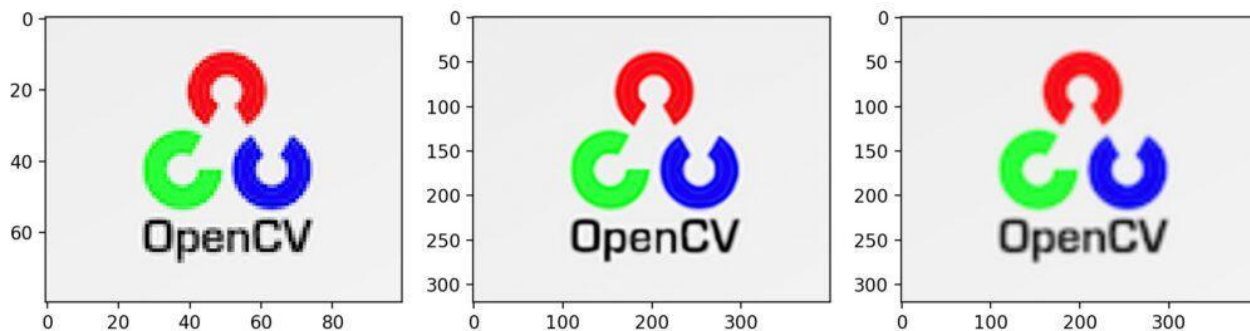


Рисунок 1 – Результат застосування моделі EDSR до зображення (зліва – оригінал, по центру - EDSR_x4, справа – стандартний метод масштабування)

У моделі ESPCN замість виконання надвисокої роздільної здатності після масштабування низької роздільної здатності за допомогою бікубічного фільтра, витягують карти ознак у самій низькій роздільній здатності та використовують складні фільтри масштабування для отримання результату. Шари масштабування розгортаються лише в кінці мережі. Це гарантує, що складні операції, що відбуваються в моделі, відбуваються на нижчих вимірах, що робить її швидкою, особливо порівняно з іншими методами. Базова структура ESPCN натхненна SRCNN. Замість використання звичайних шарів згортки використовуються шари субпіксельної згортки, які діють як шари деконволюції. Шар субпіксельної згортки використовується в останньому шарі для створення карти високої роздільної здатності. Поряд з цим, вони виявили, що функція активації Танха працює набагато краще, ніж стандартна функція ReLu. На зображенні нижче порівняно результат 3-кратного збільшення, отриманий методом ESPCN, методом бікубічної інтерполяції, та оригінальне зображення високої роздільної здатності (рис. 2).

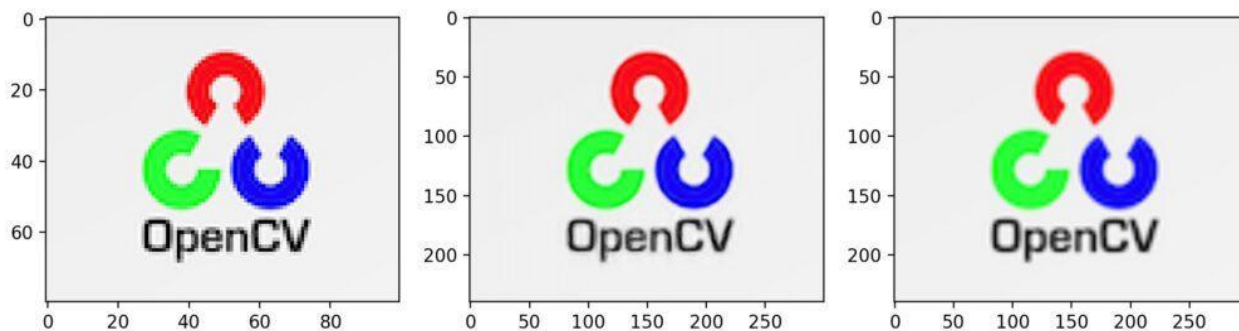


Рисунок 2 – Результат застосування моделі ESPCN до зображення(зліва – оригінал, по центру - ESPCN_x3, справа – стандартний метод масштабування)

Моделі FSRCNN та ESPCN мають дуже схожі концепції. Обидва вони мають свою базову структуру, натхненну SRCNN, і використовують шари масштабування в кінці для пришвидшення замість інтерполяції на ранній стадії. Крім того, вони навіть зменшують розмір вхідних ознак і використовують менші розміри фільтрів, перш ніж нарешті використовувати більше шарів відображення, що призводить до того, що модель стає ще меншою та швидшою. Архітектура починається зі згорткових шарів, при цьому розмір фільтра зменшується з 9 у SRCNN до 5. Шари зменшуються, оскільки сама вхідна роздільна здатність може бути величезною та займати багато часу. Використовується розмір фільтра 1×1 , що не збільшує обчислювальні витрати. Далі автори зосереджуються на зменшенні нелінійного відображення, яке відіграє невід'ємну роль в уповільненні моделі без шкоди для точності. Отже, вони використовують кілька фільтрів 3×3 . Наступний розділ розширення є протилежним розділу зменшення, перш ніж нарешті застосувати дезгорткові шари для підвищення дискретизації. Для функції активації було використано PReLU. На зображенні нижче порівняно результат 3-кратного надвисокого розділення, отриманий методом FSRCNN, методом бікубічної інтерполяції, та оригінальне зображення високої роздільної здатності (рис. 3).

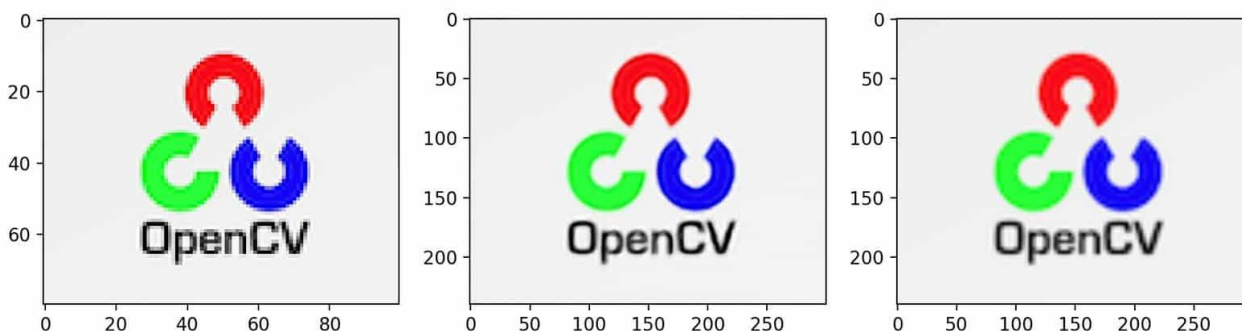


Рисунок 3 – Результат застосування моделі FSRCNN до зображення(зліва – оригінал, по центру - FSRCNN_x3, справа – стандартний метод масштабування)

Модель LapSRN пропонує золоту середину між контрастними стратегіями масштабування на початку та в кінці. Він пропонує плавне масштабування до кінця. Його назва базується на пірамідах Лапласа, а архітектура по суті схожа на піраміду, яка масштабує зображення з нижчою роздільною здатністю до кінця. Для швидкості

значною мірою покладаються на спільне використання параметрів; як і в моделях EDSR. Моделі складаються з двох гілок: вилучення ознак та гілка реконструкції зображення. Спільне використання параметрів відбувається між різними масштабами, тобто 4x використовує параметри з моделі 2x тощо. Це означає, що одна піраміда використовується для масштабування 2x, дві для 4x та три для 8x. Створення таких глибоких моделей означає, що вони можуть страждати від проблем зникнення градієнта. Тому вони пробують різні типи локальних пропускових з'єднань, такі як пропускі з'єднання з різними джерелами та з'єднання зі спільними джерелами. Втрати Шарбон'є використовуються для функції втрат моделі, а шари пакетної нормалізації не використовуються. На зображенні нижче порівняно результат 8-кратного надроздільного збільшення, отриманий методом LapSRN, методом бікубічної інтерполяції, та оригінальне зображення високої роздільної здатності (див. рис. 4). [3]

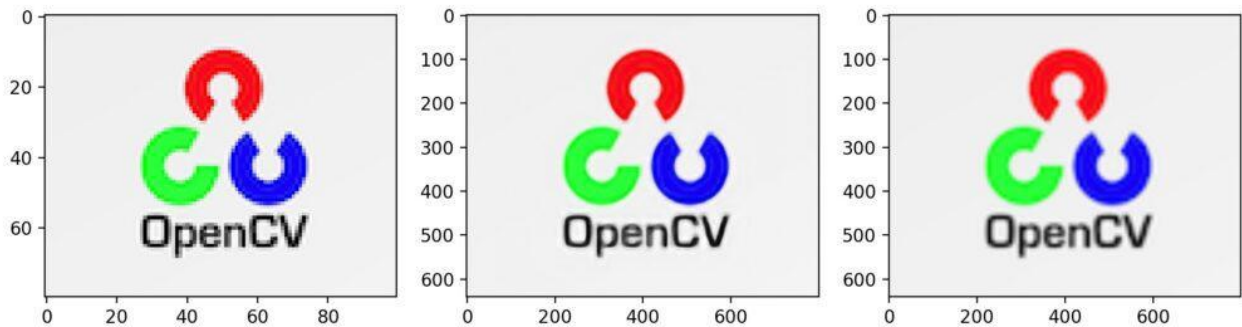


Рисунок 4 – Результат застосування моделі LapSRN до зображення (зліва – оригінал, по центру - LapSRN_x8, справа – стандартний метод масштабування)

Висновки. Проведено аналіз алгоритмів глибокого навчання для масштабування зображень, показано переваги новітніх методів у порівнянні зі стандартними методами масштабування, описано алгоритм застосування моделей. Приведено приклади застосування моделей до зображень та показано різницю в порівнянні зі стандартними методами.

Список використаної літератури

1. Discover the differences between classical and AI upscaling methods, their benefits, and applications in enhancing image quality. – URL: <https://unimatrixz.com/topics/ai-upscaler/upscaling-methods/> (дата звернення 15.11.2025)
2. ResNet – URL: <https://itwiki.dev/data-science/ml-reference/ml-glossary/resnet> (дата звернення 15.11.2025)
3. Super Resolution in OpenCV – <https://learnopencv.com/super-resolution-in-opencv/> (дата звернення 30.10.2024)

РИБАЧОК Я.А.
студент ВНТУ

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ АНОМАЛІЙ

Анотація. У статті проведено аналіз сучасних методів виявлення аномалій у мережевому трафіку. Розглянуто основні підходи до детекції — сигнатурні, статистичні та методи машинного навчання, визначено їх переваги та обмеження. Особливу увагу приділено гібридним системам, що поєднують кілька підходів для підвищення точності виявлення атак. Проаналізовано результати досліджень на відомих наборах даних (UNSW-NB15, CICIDS2017), зроблено висновки щодо ефективності методів та перспектив розвитку технологій.

Ключові слова: мережеві аномалії, кібербезпека, машинне навчання, аналіз трафіку, сигнатурні системи, статистичні методи, гібридні моделі.

Abstract. The article analyzes modern methods for detecting anomalies in network traffic. The main detection approaches — signature-based, statistical, and machine learning methods — are considered, and their advantages and limitations are identified. Special attention is given to hybrid systems that combine several approaches to improve attack detection accuracy. The research results based on the UNSW-NB15 and CICIDS2017 datasets are analyzed, and conclusions regarding the effectiveness and future prospects of such technologies are presented.

Keywords: network anomalies, cybersecurity, machine learning, traffic analysis, signature-based systems, statistical methods, hybrid models.

Вступ. Із розвитком цифрових технологій та зростанням кількості пристроїв, підключених до мережі, значно збільшується обсяг переданих даних і складність структури мережевого трафіку. Це створює сприятливі умови для появи аномальної активності — як результату технічних збоїв, так і цілеспрямованих кібератак.

Завдання виявлення таких аномалій є одним із ключових напрямів забезпечення кібербезпеки. Традиційні сигнатурні системи виявлення вторгнень мають низку обмежень — вони ефективні лише для відомих типів атак і не здатні виявляти нові або модифіковані загрози. Тому актуальним є аналіз сучасних методів детекції аномалій у мережевому трафіку з метою визначення їх переваг, недоліків та перспектив застосування.

Результати дослідження. Проблематика виявлення мережевих аномалій активно досліджується у наукових працях останніх років. У більшості підходів використовуються методи машинного навчання, які дозволяють аналізувати поведінку мережевих об'єктів та знаходити відхилення від нормальної активності.

Сигнатурні методи (наприклад, Snort, Suricata) забезпечують швидке виявлення відомих атак, проте вимагають регулярного оновлення баз правил. Статистичні методи ґрунтуються на аналізі відхилень показників трафіку від середніх значень, але є чутливими до зміни умов роботи мережі.

Алгоритми машинного навчання, такі як Decision Tree, Random Forest, SVM, а також нейронні мережі й методи кластеризації (k-Means, DBSCAN), демонструють високу ефективність при виявленні невідомих типів атак. Водночас вони потребують великих обсягів даних для навчання та значних обчислювальних ресурсів [1].

Останні дослідження акцентують увагу на гібридних підходах, що поєднують переваги кількох методів і дозволяють підвищити точність детекції.

Метою роботи є проведення порівняльного аналізу основних методів виявлення мережевих аномалій з урахуванням їх застосовності, ефективності та обмежень. Для досягнення поставленої мети передбачено класифікацію існуючих підходів до виявлення аномалій, визначення їхніх переваг та недоліків, проведення порівняння методів за критеріями точності, швидкодії та стійкості до змін у мережі, а також формулювання висновків щодо перспектив розвитку цього напрямку.

Методи виявлення мережевих аномалій поділяються на три основні групи: сигнатурні, статистичні та засновані на машинному навчанні.

Сигнатурні методи базуються на порівнянні поточного трафіку з відовими шаблонами атак. Вони ефективні при наявності актуальної бази сигнатур, але не здатні виявляти нові види загроз.

Статистичні методи аналізують відхилення мережевих показників, таких як обсяг трафіку, частота з'єднань або час відгуку, від нормального стану. Вони є універсальними, проте потребують точного визначення порогових значень і залишаються чутливими до змін у роботі мережі.

Методи машинного навчання формують модель нормальної поведінки на основі навчальних даних. Такі підходи здатні виявляти нові типи атак, але залежать від якості вибірки та потребують значних обчислювальних ресурсів.

За результатами аналізу найпоширеніших методів встановлено, що алгоритми Random Forest і Neural Network демонструють найвищу точність (понад 95%) на наборах даних UNSW-NB15 та CICIDS2017, проте мають більший час навчання. Статистичні методи, навпаки, забезпечують швидшу реакцію, але мають нижчу точність у випадках змінних умов трафіку.

Останнім часом особливу популярність отримали гібридні системи, які поєднують сигнатурний та поведінковий аналіз машинним навчанням, що дозволяє підвищити точність виявлення атак і зменшити кількість хибних спрацювань [2].

Висновки. Проведений аналіз показав, що універсального методу для виявлення мережевих аномалій не існує — кожен підхід має свої переваги й обмеження. Найбільш перспективними є комбіновані системи, які поєднують швидкість сигнатурного аналізу з адаптивністю машинного навчання.

Отримані результати можуть бути використані для подальшої розробки ефективних детекторів аномалій, орієнтованих на роботу в реальному часі та адаптованих до сучасних умов кіберзагроз.

Список використаних джерел

1. Outside the Closed World: On Using Machine Learning for Network Intrusion Detection [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5504793>.
2. A new hybrid approach for intrusion detection using machine learning methods [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/330867263_A_new_hybrid_approach_for_intrusion_detection_using_machine_learning_methods.

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

Анотація. У статті розглянуто актуальні проблеми забезпечення інформаційної безпеки в комп'ютерних мережах. Проведено аналіз сучасних типів загроз, особливостей розвитку мережевих технологій та обмежень традиційних методів виявлення вторгнень. Обґрунтовано необхідність використання інтелектуальних підходів на основі машинного навчання для виявлення аномалій у трафіку. Визначено основні напрями вдосконалення систем моніторингу безпеки.

Ключові слова: інформаційна безпека, комп'ютерні мережі, мережеві аномалії, машинне навчання, аналіз трафіку, системи виявлення вторгнень.

Abstract. The article considers the current problems of ensuring information security in computer networks. An analysis of modern types of threats, features of the development of network technologies and limitations of traditional intrusion detection methods is carried out. The need to use intelligent approaches based on machine learning to detect anomalies in traffic is substantiated. The main directions of improving security monitoring systems are identified.

Keywords: information security, computer networks, network anomalies, machine learning, traffic analysis, intrusion detection systems.

Вступ. У сучасному цифровому середовищі комп'ютерні мережі становлять основу інформаційної інфраструктури більшості організацій, забезпечуючи передачу, зберігання та обробку даних. Проте зі зростанням обсягів трафіку та підвищенням рівня взаємозв'язку між системами зростає ймовірність несанкціонованого втручання, витоку даних і деструктивних дій з боку зломисників. Порушення конфіденційності, цілісності чи доступності інформації може призвести до значних фінансових збитків або блокування критичних сервісів [1].

Результати дослідження. Проблема інформаційної безпеки ускладнюється стрімким розвитком технологій та появою нових типів атак. До основних категорій загроз належать шкідливе програмне забезпечення, фішинг, несанкціонований доступ, атаки типу «відмова в обслуговуванні» (DDoS), маніпулювання мережевими пакетами та витоки даних [2].

Зростання кількості підключених пристроїв — особливо IoT-систем, мобільних і хмарних сервісів — формує нові вектори атак і підвищує ризик компрометації мережевих компонентів. Впровадження технологій 5G/6G, контейнеризації та віртуалізації призводить до ускладнення контролю трафіку та меж безпеки між різними середовищами.

Класичні методи виявлення вторгнень базуються на сигнатурному аналізі або жорстко визначених правилах. В умовах динамічного розвитку кіберзагроз вони дедалі частіше виявляються неефективними. Зломисники застосовують техніки обфускації, шифрування та мутаційного коду, що дозволяє обходити сигнатурні системи.

Зростання швидкості обміну даними та кількості одночасних з'єднань створює додаткові виклики для систем моніторингу, які повинні забезпечувати виявлення атак у реальному часі при мінімальній затримці обробки. Серед типових проблем — висока кількість хибних спрацьовувань, низька адаптивність до нових типів загроз та обмежена масштабованість [3].

З огляду на обмеження традиційних засобів, ключовим напрямом розвитку систем безпеки є впровадження методів машинного навчання та штучного інтелекту. Такі системи здатні аналізувати багатовимірні залежності між параметрами трафіку, виявляти невідомі аномалії та адаптуватися до змін середовища.

Автоматизація процесів аналізу мінімізує вплив людського фактора, що особливо важливо для великих корпоративних мереж, де ручна обробка подій є неефективною [4]. Моделі глибокого навчання, зокрема автоенкодерів, класифікаторів на основі LSTM-мереж або ансамблевих методів, показують високу ефективність при виявленні нетипових патернів у мережевому трафіку.

Висновки. Проведений аналіз підтверджує, що забезпечення інформаційної безпеки в комп'ютерних мережах є однією з найважливіших задач сучасних IT-систем. Традиційні підходи не забезпечують належної ефективності в умовах динамічного розвитку загроз, тому актуальним є створення інтелектуальних систем виявлення аномалій, здатних працювати в реальному часі та мінімізувати кількість хибних спрацьовувань. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку методів підвищення точності, стійкості та адаптивності таких систем у реальних умовах функціонування мереж.

Список використаних джерел

1. Stallings, W. Network Security Essentials: Applications and Standards [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/network-security-essentials-applications-and-standards/P200000008719>.
2. Scarfone, K., Mell, P. Guide to Intrusion Detection and Prevention Systems (IDPS) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-94.pdf>.
3. Zhou, Y., Cheng, G., Jiang, S., Dai, M. Building an Efficient Intrusion Detection System Based on Feature Selection and Ensemble Classifier [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128619309237>.
4. Buczak, A. L., Guven, E. A Survey of Data Mining and Machine Learning Methods for Cyber Security Intrusion Detection [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7163040>.

РИМАР П.В.

Вінницький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МЕДИЦИНІ: НАПРЯМКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Анотація. В роботі наведено основні напрямки використання сучасних інформаційних технологій в медицині. Розглянуто сфери застосування та перспективи розвитку.

Abstract. The paper presents the main directions of using modern information technologies in medicine. The areas of application and development prospects are considered.

Вступ. З кожним роком збільшується використання інформаційних технологій в медичній галузі. Це пов'язано з диджиталізацією процесів та впровадженням нових рішень, що спрощують роботу медичних працівників. В першу чергу це стосується впровадження електронних медичних карток пацієнтів та електронних направлень до лікарів або на проведення обстежень. Також збільшується кількість розроблених програмних застосунків для здорового харчування, консультацій з лікарем, замовлення ліків тощо. Не в останню чергу також на впровадження інформаційних технологій в медицину вплинула пандемія COVID-19 та збройна агресія російської федерації проти України. Адже в таких умовах особливо важливо надавати пацієнтам якісне медичне забезпечення.

Основна частина. Щороку проходять заходи[1], на яких представники держави, IT-компаній та медичні фахівці обмінюють інформацією стосовно впровадження технічних рішень в сферу охорони здоров'я. Станом на сьогодні eHealth-система об'єднує в собі численні реєстри та сервіси, що в свою чергу робить медицину більш доступною та прозорою. Цифровізація медицини не зупиняється навіть попри воєнний стан в країні. Завдяки цифровим системам держава ефективно використовує ресурси та контролює надання послуг пацієнтам.

На сьогодні вже запущені такі системи та реєстри:

1. Електронна черга на ендопротезування.
2. Державний реєстр медичних виробів.
3. Електронна система щодо оцінювання повсякденного функціонування особи.
4. Державний реєстр медичних виробів та інше.

Прикладом цифрових технологій у медицині можуть бути мобільні застосунки, доступ до яких мають лікар та пацієнт, завдяки чому лікар може отримувати інформацію про стан пацієнта віддалено але своєчасно[2]. В свою чергу пацієнт може розраховувати на постійний нагляд та контакт із лікарем. Такі застосунки відрізняються від тих, що відомі широкому загалу людей для оздоровлення та покращення способу життя. Вони розробляються для окремих категорій людей, мають специфічний алгоритм дії та суттєво вищий ступінь безпеки.

До сфери застосування медичних застосунків можна віднести:

1. Спілкування між пацієнтом та лікарем, щоб уникнути зайвих відвідувань для вирішення термінових питань.
2. Лікарі можуть віддалено спостерігати за станом пацієнтів, які мають труднощі з пересуванням.
3. Допомогають контролювати використання ліків та витратних матеріалів.
4. Надсилають лікарю інформацію про зміни стану пацієнта.
5. Можуть застосовуватися для оптимізації споживання ліків, розраховують необхідну дозу ліків для кожного користувача індивідуально.

Цифровізація медицини приносить безліч переваг, включно з поліпшенням доступності та якості медичної допомоги, зниженням витрат і підвищенням ефективності роботи медичних установ. Однак вона також

стикається з низкою викликів, таких як необхідність захисту персональних даних пацієнтів, забезпечення кібербезпеки та навчання медичного персоналу роботі з новими технологіями. Крім того, важливо забезпечити рівний доступ до цифрових технологій для всіх верств населення, щоб уникнути цифрової нерівності[3].

На майбутнє медицини також впливають[4]:

Віртуальні консультації: новий рівень доступності. Цифрові платформи дозволяють пацієнтам отримувати медичні консультації без необхідності відвідування лікарень або клінік. Це особливо важливо для тих, хто живе у віддалених районах або має обмежену мобільність. Віртуальні консультації дозволяють зв'язатися з лікарем через відео зв'язок або телефон, що значно скорочує час очікування і покращує доступ до медичних послуг.

Основні переваги віртуальних консультацій:

1. Збільшення доступності медичної допомоги.
2. Скорочення часу на поїздки та очікування.
3. Швидше реагування на невідкладні випадки.

Перехід до дистанційних форм взаємодії з пацієнтами став особливо актуальним під час пандемії, коли особисті візити до медичних закладів були обмежені.

Телемедицина: ефективне управління хронічними захворюваннями. Телемедицина відкриває нові можливості для людей із хронічними захворюваннями. Використовуючи пристрої для моніторингу стану здоров'я в режимі реального часу, пацієнти можуть передавати дані своїм лікарям без необхідності регулярних візитів. Це дозволяє вчасно коригувати лікування і запобігати загостренням.

Приклади інструментів телемедицини:

1. Пристрої для вимірювання рівня цукру і тиску, підключені до Інтернету.
2. Програми для контролю прийому ліків.
3. Онлайн-платформи для ведення медичних записів та обміну даними з лікарями.

Такі технології допомагають поліпшити якість життя пацієнтів, дозволяючи їм контролювати свій стан і отримувати рекомендації дистанційно.

Штучний інтелект: новий рівень діагностики і лікування. Штучний інтелект (ШІ) вже демонструє потенціал для поліпшення медичної діагностики. Використовуючи алгоритми машинного навчання, ШІ може аналізувати медичні зображення, лабораторні аналізи і дані пацієнтів, виявляючи захворювання на ранніх стадіях з високою точністю.

Переваги ШІ в медицині:

1. Точніша діагностика складних захворювань.
2. Автоматизація аналізу даних, що знижує навантаження на лікарів.
3. Швидке прийняття рішень на основі даних.

ШІ також може використовуватися для розробки персоналізованих планів лікування на основі генетичних і клінічних даних кожного пацієнта, що робить лікування більш точним і ефективним.

Дистанційний моніторинг: безпека і комфорт. Дистанційний моніторинг здоров'я дозволяє лікарям отримувати інформацію про стан пацієнта в режимі реального часу. Це особливо важливо для літніх людей і пацієнтів із хронічними захворюваннями, які потребують постійного контролю.

Можливості дистанційного моніторингу:

1. Контроль за артеріальним тиском, рівнем кисню в крові та іншими важливими показниками.
2. Попередження про необхідність втручання при погіршенні стану.
3. Можливість своєчасної корекції лікування.

Такі технології знижують ризик госпіталізацій і підвищують безпеку пацієнтів, забезпечуючи постійне спостереження за їхнім станом.

Забезпечення безпеки даних: кіберзагрози і захист. Цифровізація охорони здоров'я також вимагає особливої уваги до питань кібербезпеки. Зростання обсягів цифрових даних про пацієнтів робить захист інформації критично важливим.

Ключові аспекти захисту даних:

1. Захист персональних даних пацієнтів від несанкціонованого доступу.
2. Відповідність міжнародним стандартам, таким як GDPR.
3. Регулярне оновлення систем безпеки для запобігання кібератакам.

Медичні установи повинні забезпечувати надійний захист персональних даних, щоб зберегти довіру пацієнтів і запобігти витоку конфіденційної інформації.

Майбутнє цифрової медицини: нові горизонти. Майбутнє медицини нерозривно пов'язане з подальшим розвитком цифрових технологій. Вже зараз розробляються нові рішення, які дозволять зробити лікування ще більш точним, ефективним і зручним для пацієнтів.

Основні напрямки майбутнього розвитку:

1. Віртуальна і доповнена реальність для навчання лікарів і проведення складних медичних операцій.
2. Широке використання генетичного аналізу для створення персоналізованих схем лікування.
3. Інтеграція штучного інтелекту в повсякденну клінічну практику.

Цифрова медицина продовжить розвиватися і інтегруватися в повсякденну практику лікарів, забезпечуючи нові рівні якості та доступності медичних послуг.

Висновок. Цифрові технології вже змінили і продовжують змінювати медичну галузь, пропонуючи нові можливості як для пацієнтів, так і для медичних працівників. Віртуальні консультації, телемедицина, штучний інтелект і дистанційний моніторинг – це лише початок більш масштабних змін, які допоможуть зробити охорону здоров'я більш ефективною, персоналізованою і безпечною. Впровадження цих технологій відіграє ключову роль у підвищенні якості медичних послуг і їх доступності для кожного пацієнта.

Список використаної літератури

1. Цифрова медицина в дії: як eHealth змінює життя українців. *Аптека онлайн*. URL: <https://www.apтека.ua/article/730852> (дата звернення: 17.11.2025).
2. Digital-лікування: як сучасні технології допомагають пацієнтам. *Takeda Pharmaceuticals: глобальна домашня сторінка*. URL: https://www.takeda.com/uk-ua/newsroom/2020/digital_treatment_how_modern_technology_helps_patients/ (дата звернення: 17.11.2025).
3. Вплив цифрових технологій на сучасну медицину – Євромед. *Євромед*. URL: <https://www.euromed-f.com/uk/news/vliyanie-tsifrovyyh-tehnologiy-na-sovremennuyu-meditsinu/> (дата звернення: 17.11.2025).
4. Як цифрові технології змінюють охорону здоров'я. *Video-Doc – це Онлайн платформа для дистанційного лікування*. URL: <https://video-doc.net/blog/kak-cifrovyte-tehnologii-menyayut-zdravooohranenie> (дата звернення: 17.11.2025).

РИШКОВА А.В.
КУ Сумська ЗОШ №24

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ АРТ-ТЕРАПІЇ В ПРОЦЕС НАВЧАННЯ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ В УКРАЇНІ В ПЕРІОД ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ

Анотація: Стаття присвячена дослідженню проблеми ефективного навчання іноземних мов у початковій школі в умовах воєнного стану, що супроводжується підвищенням рівнем стресу та тривожності у молодших школярів. Втрата звичної рутини та травматичні події негативно впливають на когнітивні функції та засвоєння навчального матеріалу, вимагаючи впровадження спеціальних педагогічних та психотерапевтичних підходів.

Використання цифрових інструментів (онлайн-дошки, інтерактивні вправи, віртуальні галереї) дозволяє успішно реалізовувати арт-терапевтичні завдання (малювання, створення історій, музичні вправи) навіть в умовах дистанційного навчання та повітряних тривог. Результати дослідження підтверджують, що така інтеграція не лише оптимізує засвоєння англомовного матеріалу, але й сприяє гармонізації емоційного стану учнів, що є критично важливим чинником у сучасних реаліях.

Ключові слова: інформаційно-комунікаційні технології, арт-терапія, англійська мова, початкова школа, воєнний стан, психологічна підтримка, молодші школярі, інтеграція.

Постановка проблеми. Незважаючи на високу соціальну значущість вивчення англійської мови як засобу комунікації та інтеграції, традиційні методики навчання в початковій школі часто виявляються неефективними. Це пов'язано з природними віковими особливостями молодших школярів, їхньою потребою в ігрових та емоційно насичених формах діяльності.

Ситуація значно ускладнюється в умовах повномасштабної військової агресії (воєнного стану) в Україні. Постійний стрес, тривога, порушення звичного навчального процесу та (часто) відсутність безпечного середовища негативно впливають на: когнітивні функції дітей (увага, пам'ять, концентрація); емоційний стан (деструктивні емоції, апатія, гіперактивність); навчальну мотивацію та здатність до засвоєння нового матеріалу.

Традиційні методи викладання стають не просто менш ефективними, а недостатніми для забезпечення якісного освітнього процесу в умовах психотравми. Виникає необхідність у пошуку та впровадженні

інноваційних педагогічних технологій, які б могли не лише забезпечити освітній результат (засвоєння англійської мови), але й одночасно виконувати психокорекційну та реабілітаційну функцію.

Проблема дослідження полягає в недостатній теоретичній розробці та практичному впровадженні інтегрованих методик (зокрема, арт-терапії), які дозволяють поєднати процес вивчення англійської мови з наданням ефективної психоемоційної підтримки молодшим школярам в умовах високого стресу та травматизації, спричинених воєнним станом в Україні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні питання впливу арт-терапії на дітей досліджують багато вчених-теоретиків та практиків (Н.А. Каншоністова, В.І. Кондрашин, Л.Ф. Обухова, Л.К. Одинченко, М.В. Плоткін, О.Я. Чебікіна та ін.). Заслужують на увагу роботи, присвячені організації реабілітаційної роботи через методи арт-терапії (Т.Д. Зінкевич-Євстігнеєва, А.І. Копитін, А.Р. Панова, О.Л. Холстова, І.А. Малишевська, Л.В. Шаповал та ін.).

Метою статті є теоретичне обґрунтування та практичне доведення ефективності методик, що поєднують арт-терапевтичні прийоми та інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) для підвищення мотивації та зниження рівня тривожності молодших школярів.

Виклад основного матеріалу. Сучасна освітня система в Україні функціонує в умовах воєнного стану, що створює виклики для психічного та емоційного здоров'я дітей. Підвищений рівень стресу, тривожності та невизначеності негативно впливає на когнітивні функції молодших школярів, що, у свою чергу, ускладнює засвоєння навчального матеріалу, зокрема іноземної мови. У цьому контексті важливість підтримки емоційного благополуччя стає першочерговим завданням педагогів.

Інтеграція арт-терапії в навчальний процес, зокрема на уроках англійської мови в початковій школі, відкриває нові горизонти. Арт-терапія виступає не лише як психокорекційний інструмент для вираження та опрацювання внутрішніх переживань через творчість, але й як ефективний педагогічний засіб. Вона допомагає: сформувати безпечне середовище для навчання, підвищити мотивацію та інтерес до мовного матеріалу (наприклад, через моделювання, створення арт-журналів та ігри на основі мистецтва), розвинути емоційну стійкість та самосвідомість — критично важливі якості в періоди кризи.

Творчість стає інструментом самоаналізу та соціальної адаптації, що сприяє формуванню цілісної особистості, здатної до адекватного сприйняття світу. Впровадження арт-терапії у вивчення англійської мови не просто підтримує мовний розвиток, а є стратегічною необхідністю, що відповідає сучасним потребам дітей в умовах військової агресії.

Арт-терапія визначається як спеціалізована форма психотерапії, що ґрунтується на використанні мистецтва та творчої діяльності (малювання, ліплення, музика, драма тощо) як основного засобу спілкування, діагностики та корекції [1]. Її сутність полягає у невербальному (або частково вербальному) вираженні та дослідженні внутрішнього психоемоційного світу особистості. Головна цінність методу полягає у можливості висловити глибокі почуття, страхи та травматичний досвід, які діти молодшого шкільного віку часто не здатні або не готові вербалізувати. Творчий процес виступає як безпечний "контейнер" для негативних емоцій, що сприяє їхній розрядці та зниженню рівня тривожності.

У педагогіці, арт-терапія набуває низки важливих функцій, особливо актуальних в умовах військового стану. Вона виконує корекційну функцію (стабілізація емоційної напруги), діагностичну (відображення прихованих конфліктів через творчий продукт), розвиваючу (стимулювання креативного мислення та уяви) та комунікативну (налагодження безпечної взаємодії). Для молодших школярів, чиє мислення є конкретним та образним, творча діяльність є провідною та найбільш природною формою самовираження та пізнання.

Арт-терапевтичні методики (наприклад, створення словникових колажів, моделювання просторових прийменників за допомогою ліплення або створення історії на основі малюнків) підсилюють мовленнєвий процес завдяки задіянню образної та емоційної пам'яті, що значно покращує запам'ятовування та відтворення мовного матеріалу. Мовлення відбувається у безпечному ігровому контексті, що сприяє подоланню мовного бар'єру.

У контексті воєнного часу, застосування арт-терапії має ґрунтуватися на таких ключових принципах: принцип безпеки (відсутність оцінок і критики), принцип ресурсності (фокус на сильних сторонах дитини та позитивному досвіді) та принцип "Тут і Зараз" (робота з актуальним емоційним станом). Таким чином, інтеграція арт-терапії не лише підтримує мовний розвиток учнів, але й є потужним засобом психосоціальної підтримки, що є стратегічною необхідністю для української початкової школи.

В умовах воєнного стану ефективне навчання англійської мови вимагає інтеграції психокорекційних інструментів. Для досягнення подвійної мети — засвоєння мовного матеріалу та психоемоційної стабілізації молодших школярів — пропонуємо комплекс взаємопов'язаних арт-терапевтичних методик.

Візуальна арт-терапія (малювання, колажування, аплікація) є базовою, оскільки вона найбільш доступна та ефективно поєднується з лексичними блоками. Її навчальна мета полягає у візуалізації та запам'ятовуванні нової лексики (наприклад, теми "Природа", "Сім'я") через формування асоціативних зв'язків "слово-образ" (наприклад, створення "Словникового колажу"). Психокорекційна мета — це безпечне вираження внутрішніх почуттів та тривоги, коли діти малюють "своє безпечне місце" або "свої емоції", підписуючи ключові елементи англійською мовою.

Доповненням є *моделювання та скульптура* (тактильна терапія), де робота з глиною, пластиліном чи іншими матеріалами сприяє заземленню та зниженню емоційного збудження. Навчальна мета полягає у візуалізації та закріпленні просторових прийменників (on, under, behind) або частин тіла через їх створення. Діти можуть створювати фігурки-символи ("мій страх", "моя радість") та називати їх англійською, що забезпечує вираження емоцій через дотик.

Музична активність та ритмотерапія використовуються для регулювання емоційного стану та покращення концентрації. Через вивчення пісень та рим (chants) тренується вимова та засвоюються граматичні структури. Психокорекційна функція реалізується через регулювання емоційного стану та створення власних коротких мелодій про переживання, використовуючи вивчені англійські фрази.

Для розвитку комунікативної компетенції застосовується *драматична терапія та рольові ігри*. Це дозволяє учням практикувати діалогічне та монологічне мовлення у змодельованих ситуаціях (наприклад, імprovізаційні міні-вистави), знімаючи мовний бар'єр. На психокорекційному рівні, програвання ролей допомагає дітям зменшити страх перед спілкуванням та тренує адаптивну поведінку.

Для індивідуальної рефлексії та розвитку письмових навичок використовується ведення *арт-журналу*. Це поєднання малюнків, колажів та коротких записів англійською мовою, що розвиває навички письма та читання і сприяє систематичній рефлексії над емоціями та враженнями тижня.

Нарешті, *групові арт-ігри та спілкування* (наприклад, гра "Вгадай, що це?", де один малює, а інші ставлять запитання англійською) забезпечують активне залучення до діалогу, формують почуття спільноти та взаємопідтримки, що є критично важливим для створення безпечного навчального середовища в умовах кризи.

У контексті травмоінформованої освіти в умовах воєнного стану, успішне впровадження арт-терапії в процес вивчення англійської мови залежить від чіткої організації та забезпечення відповідними ресурсами.

Інтерактивний підхід набуває особливого значення, оскільки він забезпечує активну участь дітей, сприяє їхньому психоемоційному розвантаженню та формує безпечне середовище для навчання, що є критичним для молодших школярів, які переживають стрес. Інтеграція арт-терапії має ґрунтуватися на таких комунікативних практиках:

- спільне створення об'єктів (колажів, макетів) є засобом розвитку навичок співпраці, мінімізує індивідуальну тривожність і переносить фокус з особистого стресу на спільну творчу мету;
- етап представлення робіт перед класом є ключовим для практикування монологічного та діалогічного мовлення англійською мовою. Обговорення має бути сфокусоване на описі процесу створення ("I used blue because...") та вираженні емоцій, що виникли під час роботи, встановлюючи зв'язок твору з вивченою лексикою;
- залучення до імprovізаційних ігор, які вимагають швидкого мовленнєвого реагування, допомагає зняти мовний бар'єр і підвищує адаптивність дітей до непередбачуваних ситуацій.

Успішна реалізація інтегрованої арт-терапії вимагає забезпечення доступності та різноманітності ресурсів, адаптованих до віку учнів та умов навчання (офлайн/онлайн):

- необхідна наявність паперу (різних текстур), фарб, олівців, фломастерів, глини/пластиліну та природних матеріалів. Ці матеріали забезпечують тактильну стимуляцію (заземлення), що є важливим для дітей у стані тривоги, і слугують основним засобом невербального вираження емоцій;
- підбірки пісень, аудіоказок та прості музичні інструменти використовуються для створення емоційного фону, підвищення мотивації та тренування аудіювання, музичний супровід сприяє зниженню емоційної напруги під час творчого процесу;
- адаптовані книги, оповідання та ілюстровані словники англійською мовою слугують джерелом натхнення для творчих проєктів та основою для арт-інтерпретацій сюжету та лексики;
- використання мультимедійного проєктора, інтерактивної дошки та аудіосистем є необхідним для демонстрації зразків, музичного супроводу та, за потреби, для роботи з цифровими арт-інструментами під час дистанційного навчання.

Отже, впровадження арт-терапії в процес навчання англійської мови є не лише інноваційним педагогічним підходом, а й стратегічною необхідністю, що відповідає сучасним викликам і забезпечує

формування цілісної особистості, здатної до адекватного сприйняття світу та взаємодії з ним навіть у кризових умовах.

Поєднання арт-терапевтичних прийомів та інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) для підвищення мотивації та зниження рівня тривожності молодших школярів ґрунтується на синергії ключових психолого-педагогічних та технологічних підходів. З погляду психології, арт-терапія використовує теорію катарсису та проєкції, дозволяючи дітям безпечно вивільняти та візуалізувати внутрішні переживання і тривоги, що особливо важливо в умовах військової агресії, коли вербалізація травми є ускладненою. Це забезпечує зниження рівня тривожності. Крім того, арт-діяльність розвиває емоційний інтелект та саморегуляцію, що відповідає особистісно-орієнтованому підходу, підвищуючи відчуття самоцінності та контролю над ситуацією. З боку педагогіки, впровадження ІКТ забезпечує безперервність освітнього процесу через концепцію змішаного навчання, адаптуючи арт-терапевтичні заняття до дистанційного формату. Підвищення мотивації забезпечується відповідно до теорії самодетермінації, оскільки цифрові інструменти (онлайн-дошки, інтерактивні додатки) надають школярам автономію у виборі засобів та підвищують їхню компетентність у використанні сучасних технологій. ІКТ перетворюють арт-терапевтичні завдання на елемент гейміфікації (цифрова арт-терапія), роблячи їх природно привабливими для молодших школярів. Таким чином, ІКТ виступають як потужний каталізатор для реалізації терапевтичних механізмів, забезпечуючи їхню інтерактивність та високу мотиваційну привабливість, що є критичним для забезпечення як психоемоційної підтримки, так і ефективного засвоєння англійської мови.

Список використаних джерел

1. Ващук Г.І. Використання арт-технологій на уроках англійської мови. Кам'янець-Подільський НВК №16. 2016. С. 5
2. Використання арт-технологій у навчанні англійської мови в середній школі. URL: <http://lektsii.com/1-143516.html> (дата звернення: 12.11.2025).
3. Вознесенська О., Мова Л. Арт-терапія в роботі практичного психолога : Використання арттехнологій в освіті. К.: Шк. світ, 2007. 120 с.
4. Вознесенська О.Л. Особливості арт-терапії як методу. *Психолог*. 2005. № 39 С. 5-9.
5. Газолишин В.А. Арт-терапія: Мистецтво бачити. Херсон. 2007. 75 с.
6. Кравчина, Т. В. Арт-технології на заняттях з англійської мови. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*: Серія: Педагогіка. Соціальна робота / гол. ред. І.В. Козубовська. Ужгород: Видавництво УжНУ "Говерла", 2016. Вип. 1 (38). С. 161-164.
7. Тарарина О. В. Практикум з арт-терапії. *Шкатулка майстра*. Київ: ФЛП Тарарина, 2016. 218 с.
8. Титаренко О. І. Використання арт-терапії в психолого-педагогічному супроводі освітнього процесу. *Електронний збірник наукових праць Запорізького обласного інституту післядипломної педагогічної освіти*. URL: http://virtkafedra.ucoz.ua/el_gurnal/pages/vyp6/tytarenko.pdf (дата звернення: 12.11.2025).

РОБОТЬКО Д. О
ВНТУ

КОНЦЕПЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЗНАННЯМИ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВА

Анотація: у роботі розглянуто основні положення концепції управління знаннями для сучасного підприємства. Визначено роль знань як стратегічного ресурсу, окреслено організаційні, технологічні та методологічні складові системи управління знаннями. Запропоновано напрями вдосконалення програмного забезпечення корпоративних та освітніх інформаційних систем через впровадження інтелектуальних технологій, онтологічного моделювання та хмарних сервісів.

Ключові слова: управління знаннями; корпоративні інформаційні системи; програмне забезпечення; інтелектуальні технології; онтологічне моделювання; цифрова трансформація.

Вступ. Сучасні тенденції розвитку економіки ґрунтуються на інтенсивному використанні інтелектуальних ресурсів, які дедалі частіше розглядаються як основне джерело створення доданої вартості. Знання та компетенції персоналу стають вирішальним чинником успішності бізнес-процесів, впровадження інновацій та ефективності управлінських рішень. В умовах цифрової трансформації підприємства стикаються з необхідністю не лише накопичення інформації, а й організації її раціонального використання, що вимагає створення цілісної системи управління знаннями.

Метою роботи є обґрунтування концепції управління знаннями для підприємства та визначення напрямів удосконалення методів і засобів програмного забезпечення корпоративних та освітніх інформаційних систем управління знаннями.

Результати дослідження. Управління знаннями— це системний процес виявлення, створення, накопичення, розповсюдження та використання знань для досягнення стратегічних цілей підприємства. Основна ідея полягає у перетворенні неструктурованої інформації та досвіду працівників на структуровані знання, доступні для повторного використання у процесах прийняття рішень, навчання та розвитку організації[1].

Концепція управління знаннями охоплює як явні знання (задокументовані у звітах, базах даних, регламентах), так і неявні знання, які зберігаються у вигляді досвіду, інтуїції, навичок і творчих підходів працівників. Завданням системи є забезпечення безперервного обміну цими знаннями, їх формалізація та інтеграція в організаційну культуру.

Розроблення ефективної концепції управління знаннями передбачає гармонійне поєднання організаційних, технологічних та методологічних аспектів, кожен з яких відіграє важливу роль у формуванні цілісної системи накопичення, поширення та використання знань.

Організаційна складова зосереджується на створенні сприятливого середовища, у якому стимулюється культура обміну знаннями та безперервного навчання. Вона охоплює розроблення мотиваційних механізмів, які заохочують працівників до саморозвитку, підвищення кваліфікації та активної участі у спільному генеруванні знань. Важливим є налагодження ефективної комунікації між підрозділами підприємства, забезпечення прозорості процесів і підтримка ініціатив співробітників. На практиці це реалізується через корпоративні портали, внутрішні бази знань, спільноти експертів і навчальні онлайн-платформи, які слугують засобами накопичення та обміну досвідом.

Технологічна складова концепції ґрунтується на використанні сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, що забезпечують технічну підтримку всіх процесів управління знаннями. Центральним елементом є система управління знаннями – комплексне програмне рішення, яке виконує функції збирання, структурування, пошуку, збереження та спільного використання інформації у межах корпоративного середовища. Її функціональні модулі включають репозиторії документів, експертні системи, інтелектуальні пошукові механізми, інструменти аналітики та засоби візуалізації, що сприяють підвищенню доступності та ефективності роботи з даними.

Методологічна складова визначає теоретичні засади, принципи та методи організації процесів управління знаннями. Вона охоплює етапи ідентифікації, формалізації, моделювання та оцінки результативності використання знань у діяльності підприємства. У межах цього підходу застосовуються онтологічні моделі, графові структури, таксономії знань і методи семантичного аналізу, що забезпечують узгодженість, структурованість і багаторазове використання інформації. Такий методологічний базис формує підґрунтя для створення адаптивних і динамічних систем управління знаннями, здатних підтримувати стратегічні цілі організації та сприяти її інноваційному розвитку.

З розвитком технологій штучного інтелекту та машинного навчання системи управління знаннями набувають інтелектуальних властивостей. Вдосконалення програмного забезпечення полягає у впровадженні наступних рішень.

Вдосконалення програмного забезпечення систем управління знаннями передбачає широке впровадження інтелектуальних технологій, спрямованих на підвищення ефективності оброблення, структурування та використання інформації в межах корпоративного середовища. Одним із ключових напрямів розвитку є застосування **інтелектуального аналізу знань**, який забезпечує автоматичне вилучення релевантної інформації з неструктурованих джерел, таких як документи, електронна пошта, форуми, внутрішні звіти чи бази даних. Завдяки методам машинного навчання та обробки природної мови стає можливим не лише систематизувати отримані знання, а й здійснювати їх класифікацію, фільтрацію та семантичну обробку, що суттєво підвищує точність інформаційного пошуку і сприяє формуванню контекстно залежних знань.

Важливою складовою сучасних систем управління знаннями є **онтологічне моделювання**[2], яке дозволяє створювати формалізовані структури предметних областей і описувати взаємозв'язки між поняттями. Такий підхід підвищує узгодженість даних, забезпечує можливість багаторазового використання знань у різних бізнес-процесах і сприяє розвитку семантичного пошуку, який оперує не лише ключовими словами, а й смисловими зв'язками між елементами інформаційного простору підприємства.

Ще одним напрямом є **інтеграція систем управління знаннями з хмарними сервісами**, що відкриває нові можливості для підвищення масштабованості, надійності та мобільності програмних рішень. Хмарна інфраструктура забезпечує стійкість до відмов систем, спрощує адміністрування, а також надає користувачам

постійний доступ до корпоративних знань незалежно від місця їх перебування чи типу пристрою. Це особливо актуально для організацій з розгалуженою структурою або віддаленими командами.

Окремої уваги заслуговують **засоби візуалізації знань**, які забезпечують зручне представлення великих масивів інформації у наочній та інтерактивній формі. Використання когнітивних карт, графових моделей, візуальних панелей (дашбордів) дає змогу користувачам швидко орієнтуватися у складних структурах знань, відстежувати взаємозв'язки між об'єктами, а також підвищує якість аналітичного сприйняття інформації та ефективність прийняття рішень.

Важливим аспектом розвитку корпоративних систем управління знаннями є **інтеграція з адаптивними навчальними платформами**. Поєднання механізмів управління знаннями з освітніми технологіями дозволяє створювати персоналізовані траєкторії професійного розвитку працівників, автоматично добирати навчальні матеріали відповідно до їхніх компетенцій і посадових обов'язків. Це сприяє безперервному навчанню, підвищенню кваліфікації персоналу та зміцненню інтелектуального потенціалу підприємства.

У сукупності зазначені напрями формують сучасну архітектуру програмних засобів управління знаннями, яка забезпечує не лише ефективне накопичення та використання знань, а й інтеграцію аналітичних, освітніх і комунікаційних процесів у межах єдиного корпоративного інформаційного простору.

Реалізація концепції управління знаннями забезпечує для підприємства низку важливих переваг, що безпосередньо впливають на ефективність його функціонування. Насамперед така система дає змогу істотно скоротити час, необхідний для пошуку релевантної інформації та ухвалення управлінських рішень, що підвищує оперативність реагування на зміни зовнішнього середовища. Вона також сприяє збереженню та відтворенню експертних знань, мінімізуючи їх втрати у разі кадрової плинності чи організаційних змін.

Крім того, впровадження системи управління знаннями позитивно позначається на рівні внутрішньої комунікації та якості колективної взаємодії, оскільки працівники отримують доступ до спільних джерел інформації, набувають можливості обміну досвідом і спільного вирішення завдань. Це, у свою чергу, стимулює розвиток інноваційних проєктів і сприяє формуванню відкритої, орієнтованої на розвиток корпоративної культури.

Важливою складовою є також створення стійкої бази знань [3] для безперервного навчання персоналу, яка забезпечує можливість професійного саморозвитку, підвищення кваліфікації та накопичення колективного інтелекту підприємства. У підсумку комплексне впровадження системи управління знаннями формує підґрунтя для перетворення підприємства на інтелектуально орієнтовану організацію, здатну швидко адаптуватися до ринкових викликів, оптимізувати внутрішні процеси та забезпечувати сталий інноваційний розвиток.

Висновки. Управління знаннями виступає ключовим елементом сучасного корпоративного управління та цифрової трансформації підприємств. Запропонована концепція передбачає інтеграцію організаційних, технологічних і методологічних підходів, що дозволяють ефективно формувати, накопичувати й використовувати знання як стратегічний ресурс. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення математичних моделей та інтелектуальних алгоритмів, які підвищують ефективність функціонування програмних засобів систем управління знаннями та їх інтеграцію в корпоративні інформаційні інфраструктури.

Список використаних джерел

1. Роботько Д. О., Коваленко О. О. Метод оцінювання ефективності управління знаннями за допомогою сучасних інформаційних систем. Вісник ВПІ. 2025. № 3. С. 147–152.
2. Ontological Model. ScienceDirect. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/ontological-model>.
3. База знань. Вікіпедія. Електронний ресурс. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/База_знань.

РОГІЗНИЙ А.І.

Лозівська філія Харківського автомобільно-дорожнього фахового коледжу

ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО РЕСУРСУ НА ОСНОВІ MOODLE

Анотація. У статті досліджується проблема проєктування структури електронного інформаційного ресурсу на основі безкоштовної, відкритої системи управління навчанням «Moodle», яка є платформою для електронного навчання.

Ключові слова. Інформація, ресурс, інформаційні ресурси, дистанційне навчання, Мудл, Moodle.

Постановка проблеми. Система управління навчанням «Moodle» використовується багатьма навчальними закладами в Україні та за її межами. Один із принципів роботи цієї системи – це доступ тільки для

zareєстрованих користувачів. Тобто, маючи безліч прикладів використання цієї системи, вільний доступ до інструкцій по роботі із цим програмним забезпеченням, проектування структури інформаційної системи потребує індивідуального підходу і лягає на плечі користувача. Щоб розглянути аналоги треба отримати доступ до іншого закладу на рівні викладача (автора курсу) чи адміністратора – звідси це викликає певні організаційні проблеми.

Результати аналізу наукових публікацій свідчать про те, що система управління навчальним контентом Moodle дозволяє реалізувати модульну організацію навчального процесу за вимогами Болонської декларації, реалізувати повноцінне науково-методичне забезпечення дисциплін, структурувати навчальний матеріал, інтеграцію вишів в європейську науково-освітню спільноту, створити вебпростір для електронних форм навчання, створити центр дистанційної освіти, забезпечити оперативний контроль навчального процесу [1]. Розробниками платформи «Moodle», іншими авторами методичних посібників рекомендується «Створення курсів у форматі структури» [2]. Немає обмежень в модернізації та оптимізації структури інформаційних ресурсів.

Метою статті є розробка та обґрунтування структури інформаційного ресурсу на прикладі Лозівської філії ХАДФК.

Виклад основного матеріалу. У цій роботі розглянуто створення інформаційного ресурсу на етапі проектування структури курсів. Курс – це предмет або освітній компонент, який може вивчатися один семестр, один навчальний рік або більше. Один курс вивчає одна група, або декілька груп. Також цей курс у різних групах може вивчатися в різних семестрах. Деякі курси ведуть більше ніж один викладач у різних групах або навіть в одній групі.

Вихідні дані для проектування:

- в коледжі вивчається 4 напрямки за 6 освітньо-професійними програмами;
- термін навчання від 1-го року 10 місяців до 3-х років 10 місяців, залежно від бази вступу 9 класів, 11 класів чи кваліфікованого робітника (КР) та обраної освітньо-професійної програми;
- кількість здобувачів освіти: 732, кількість груп: 28;
- кількість викладачів, в т.ч. сумісників: 51;
- кількість предметів та освітніх компонентів 167.

Проект №1. Без створення структури. Викладачі (автори курсів), у Moodle через меню: Адміністрування – керування сайтом – курси – додати/редагувати курси, створюють свої курси, в назві вказують назву курсу та групи в яких вони викладають. Адміністратор Moodle – впорядковує курси за алфавітом. Викладачі або адміністратор через меню: Адміністрування – керування сайтом – користувачі – зареєстровані користувачі, приєднують здобувачів освіти до відповідних курсів. Після вищевказаних дій викладачі та здобувачі освіти в меню: Мої курси, бачитимуть тільки свої курси, тобто де вони викладають чи є слухачами. Можна викладати матеріали на курс та приступати до навчального процесу.

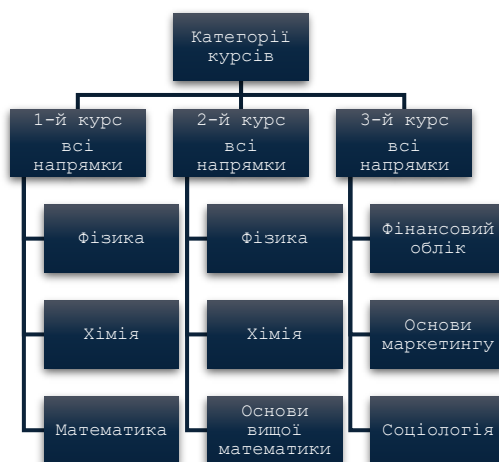


Рисунок 1. Структура курсів за роками навчання.

Проект №2. Створення ієрархічної структури за роками навчання. Адміністратор Moodle через меню: Адміністрування – керування сайтом – курси – додати/редагувати курси – створити категорію (category) / створити підкатегорію (subcategory), створює ієрархічну структуру, приклад наведено на рисунку 1. Викладачі у відповідних підкатегоріях створюють курси, які викладають. Якщо курс вивчається два роки, створюється

відповідно два курси в різних підкатегоріях. Після переходу на новий навчальний рік авторам курсів чи адміністратору треба від'єднати всіх слухачів курсів і доєднати знову у відповідності до року навчання.

Проект №3. Створення ієрархічної структури за напрямками підготовки. Адміністратор Moodle створює ієрархічну структуру згідно рисунку 2. Викладачі у відповідних підкатегоріях створюють курси, які викладають. У цьому проекті матеріали чи курси неодноразово дублюються. Слухачі приєднуються тільки до курсу відповідної групи та року навчання. На наступний навчальний рік необхідно від'єднати всіх слухачів курсів і доєднати знову у відповідності до року навчання. Курси для груп одного року навчання але різних баз вступу також створюються окремо. Коли набрано кілька груп (група до 30 здобувачів освіти) на однакову освітньо-професійну програму та на основі однакової бази вступу – також створюється кількість однойменних курсів у відповідності до кількості створених груп і розміщуються в одну підкатегорію. Завдяки такому підходу забезпечується індивідуальність в організації освітнього процесу для викладачів – можливість викладати свої матеріали, які відрізняються від матеріалів іншого викладача аналогічної освітньої компоненти чи предмета. Для здобувачів освіти в аналогічних групах забезпечується гнучкість навчального процесу – не співпадають розклади пар та практичного навчання і т.ін.

У Лозівській філії ХАДФК створено структуру інформаційного ресурсу по проекті №3, де було прийняте рішення не об'єднувати в одну підкатегорію курси на основі різної бази вступу, тобто вважати ці курси за 2 напрямки. Також було створено підкатегорію безпосередньо для курсу, тобто викладач заходить у однойменну з його курсом категорію і створює курс. У такій структурі зручно проводити перевірки наявності курсів за умови розміщення курсів-аналогів різних викладачів та/або споріднених груп здобувачів освіти.

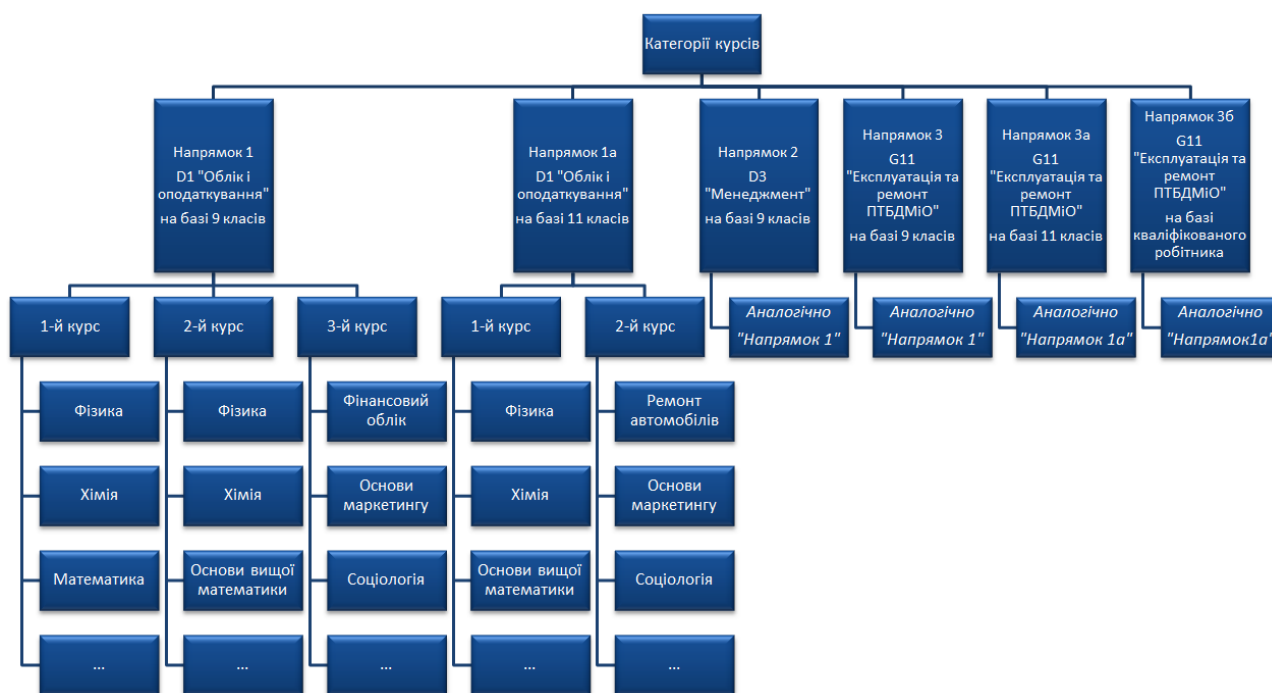


Рисунок 2. Структура курсів за напрямками підготовки.

Висновки. Переваги та недоліки різних структур інформаційного ресурсу зведено в таблицю 1. Інформаційний ресурс для дистанційного та змішаного навчання за проектом №3 «Ієрархічна структура за напрямками підготовки» успішно використовується у Лозівській філії Харківського автомобільно-дорожнього фахового коледжу з 2019 року. Із аналізу таблиці 1 зрозуміло, що недоліки пов'язані з адмініструванням інформаційного ресурсу, і практично не впливають на якість навчального процесу. Незважаючи на переваги і недоліки всі три проекти інформаційного ресурсу придатні до використання при дистанційному та змішаному навчанні.

Таблиця 1. Переваги та недоліки структур інформаційного ресурсу

Проект	Переваги	Недоліки
№1. Без створення структури	- гнучкість структури, яка виражена у відсутності обмежень творчого підходу авторів курсів.	- статистика результатів навчання зведена не по групах здобувачів освіти, а по всіх слухачах курсу (при змішаному навчанні не актуально).

№2. Створення ієрархічної структури за роками навчання.	- відповідність електронного ресурсу фактичним курсам (навчальній програмі); - розподіл на рівні структури по роках навчання.	- статистики результатів навчання зведена не по групах здобувачів освіти, а по всіх слухачах курсу; - щорічне адміністрування щодо приєднання/від'єднання слухачів курсів.
№3. Створення ієрархічної структури за напрямками підготовки	- зручність у використанні викладачами при створенні курсів; - зручність у використанні при перевірках адміністрацією коледжу; - доступ до статистики результатів навчання по групах здобувачів освіти.	- наявність дублів курсів, збільшує необхідний для роботи дисковий простір; - щорічне адміністрування щодо приєднання/від'єднання слухачів курсів.

Список використаних джерел

1. Moodle: наукова стаття // HOSTPRO). – [режим доступу: <https://hostpro.ua/blog/ua/what-is-the-moodle-platform/#moodle-dlya-vnz>].
2. Система електронного навчання ВНЗ на базі MOODLE: Методичний посібник / Ю. В. Триус, І. В. Герасименко, В. М. Франчук // За ред. Ю. В. Триуса. – Черкаси. – 220 с.

РОМАНЮК О. В.,

к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення
Вінницького національного технічного університету,

БУРБЕЛО С. М.

к.т.н., викладач кафедри електротехніки та електроніки
Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова,

ГОЛОВАЧЬОВ М. О.,

студент факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (гр.ІПП-24м)
Вінницького національного технічного університету

ВИКОРИСТАННЯ БІБЛІОТЕКИ LOMBOK ПРИ СТВОРЕННІ JAVA-ЗАСТОСУНКІВ НА ПЛАТФОРМІ SPRING FRAMEWORK

Анотація: У роботі проаналізовано застосування бібліотеки Lombok під час розробки на Java у зв'язі зі Spring Framework. Показано, як зменшення шаблонного коду через анотації Lombok узгоджується з інверсією керування та ін'єкцією залежностей Spring, а також як це впливає на супровідність, читабельність і продуктивність процесу розробки.

Ключові слова: Java, Spring Framework, Lombok, POJO, DTO.

Abstract: The paper analyzes the use of the Lombok library in Java development in conjunction with the Spring Framework. It shows how the reduction of boilerplate code through Lombok annotations is consistent with Spring's inversion of control and dependency injection, and how this affects the maintainability, readability, and performance of the development process.

Keywords: Java, Spring Framework, Lombok, POJO, DTO.

Вступ. Сучасні корпоративні системи на платформі Java зазвичай характеризуються значним обсягом бойлерплейт-коду, що не додає предметної цінності та ускладнює огляд змін. Spring Framework, який фактично є галузевим стандартом для серверної розробки на Java, реалізує інверсію керування та ін'єкцію залежностей, знижуючи зв'язність і підвищуючи тестованість. Водночас зберігається потреба подальшої раціоналізації типових конструкцій рівня POJO, передавальних об'єктів і службових компонентів. Бібліотека Lombok пропонує анотаційно орієнтований підхід до генерування геттерів/сеттерів, конструкторів, toString, equals/hashCode та будівників на етапі компіляції, спираючись на стандартний механізм обробки анотацій. Таке впровадження впливає не лише на синтаксичну форму коду, а й на практики рецензування, стратегії рефакторингу та методи виявлення дефектів. Метою роботи є окреслити місце Lombok у типовому Spring-стеку. Об'єктом дослідження є процеси розробки програмного забезпечення на платформі Spring Framework з використанням бібліотеки Lombok. Процесом дослідження постають методи та засоби використання бібліотеки Lombok у процесах розробки програмного забезпечення на платформі Spring Framework.

Використання бібліотеки Lombok у процесі розробки програмного забезпечення на платформі Spring Framework. У Spring ядром архітектури є контейнер інверсії керування, який керує життєвим циклом компонентів і їхніми залежностями. Spring забезпечує повну підтримку конфігурації на основі анотацій,

оперуючи метаданими в самому класі компонента, використовуючи анотації до відповідного класу, методу або оголошення поля [1].

Lombok – Java-бібліотека, яка побудована на основі використання анотацій для генерування фрагментів коду в класах. Бібліотека швидко здобула популярність завдяки своїй здатності значно зменшити обсяг шаблонного коду, який розробникам доводилося писати, тим самим оптимізуючи процес розробки та роблячи код Java більш лаконічним та простим у підтримці [2]. На рівні компіляції Lombok використовує стандартну «pluggable» обробку анотацій JSR-269, що універсально інтегрується в Java-ланцюжок збирання. Таким чином, Lombok не змінює JVM або рантайм-семантику Spring, а лише додає вихідний або байткод під час компіляції, зменшуючи обсяг шаблонного коду у вихідних файлах.

Базові можливості Lombok. Головна ідея — генерувати шаблонні фрагменти коду через анотації. Одними з найпростіших сценаріїв є генерація гетерів та сетерів. Дозволяє анотувати будь-яке поле за допомогою `@Getter` та/або `@Setter`, щоб lombok автоматично генерував геттер/сеттер за замовчуванням. Геттер за замовчуванням просто повертає поле та називається `getFoo`, якщо поле називається `foo` [3].

Для порівняння розмірів вихідного класу, спроєкуємо сутність `User` без засобів бібліотеки Lombok та з ними. Сутність буде мати 6 полів та такі елементи: гетери, сетери, порожній конструктор класу, конструктор класу зі всіма аргументами, перевизначені методи `equals` та `hashCode`, а також `toString`.

На рисунку 1 зображено приклад класу `User` без використання можливостей бібліотеки Lombok.

```
1 package com.company.springsandbox;
2
3 import java.util.Objects;
4
5 public class User { 2 usages
6     private String firstName; 7 usages
7     private String lastName; 7 usages
8     private int age; 7 usages
9     private String email; 7 usages
10    private String password; 7 usages
11    private String phone; 7 usages
12
13    public String getFirstName() { no usages
14        return firstName;
15    }
16
17    public void setFirstName(String firstName) { no usages
18        this.firstName = firstName;
19    }
20
21    @Override public int hashCode() {
22        return Objects.hash(firstName, lastName, age, email, password, pl
23    }
24
25    @Override public String toString() {
26        return "User{" +
27            "firstName='" + firstName + '\'' +
28            ", lastName='" + lastName + '\'' +
29            ", age=" + age +
30            ", email='" + email + '\'' +
31            ", password='" + password + '\'' +
32            ", phone='" + phone + '\'' +
33            '}';
34    }
35 }
```

Рисунок 1 – Приклад класу `User` без використання можливостей бібліотеки Lombok

Як видно з рис. 1, цей клас займає 99 стрічок коду, що вже значно ускладнює навігацію по ньому, враховуючи, що було реалізовано лише базовий функціонал без будь-якої складної логіки.

Тепер давайте створимо клас з такими ж полями і функціоналом, але вже за допомогою анотацій Lombok. На рисунку 2 зображено приклад класу `User` з використанням можливостей бібліотеки Lombok.

У прикладі, наведеному на рис. 2, видно, що цей клас містить у собі весь функціонал свого попередника, проте тепер він не має такої надмірної кількості шаблонного коду і став у 4 рази меншим, що значно підвищило його читабельність для розробників.

Lombok та інверсія залежностей у Spring Framework. Інверсія керування у Spring передбачає, що створенням і життєвим циклом об'єктів керує контейнер бінів, а не користувацький код. Залежності передаються компонентам через ін'єкцію, що зменшує зв'язність і підвищує тестованість. Lombok доповнює цю модель, усуваючи шаблонний код у класах, які контейнер піднімає як біни або обробляє як прості об'єкти. Анотація `@RequiredArgsConstructor` дозволяє природно поєднати конструкторну ін'єкцію Spring із фінальними полями, не пишучи конструктор вручну. Такий підхід робить залежності явними, фіксує інваріанти класу та спрощує перевірку в unit-тестах.

На рисунку 3 зображено приклад реалізації інверсії залежностей за допомогою бібліотеки Lombok.

```
1 package com.company.springsandbox;
2
3 import lombok.AllArgsConstructor;
4 import lombok.EqualsAndHashCode;
5 import lombok.Getter;
6 import lombok.NoArgsConstructor;
7 import lombok.Setter;
8 import lombok.ToString;
9
10 import java.util.Objects;
11
12 @NoArgsConstructor
13 @AllArgsConstructor
14 @Getter
15 @Setter
16 @ToString
17 @EqualsAndHashCode
18 public class User {
19     private String firstName;
20     private String lastName;
21     private int age;
22     private String email;
23     private String password;
24     private String phone;
25 }
```

Рисунок 2 – Приклад класу User з використанням можливостей бібліотеки Lombok

```
@RestController
@RequiredArgsConstructor
public class ControllerExample {
    private final ServiceA serviceA;
    private final ServiceB serviceB;
    private final ServiceC serviceC;
    private final ServiceD serviceD;
}
```

Рисунок 3 – Приклад реалізації інверсії залежностей за допомогою бібліотеки Lombok

Без засобів цієї бібліотеки необхідно було б вручну створити конструктор класу зі всіма необхідними залежностями в якості вхідних параметрів. Часто під час розробки помилково можна забути додати ту чи іншу залежність до аргументів конструктора, отримавши помилку `NullPointerException` при спробі взаємодіяти з цією залежністю.

Застереження й межі доречності. JPA-сутності. Автогенеровані `equals/hashCode` за всіма полями можуть спричинити некоректну поведінку проксі та колекцій. Безпечніше визначати їх лише за сталими бізнес-ключами або ідентифікаторами та уникати `@Data` на сутностях. Конструктори для JPA можна оголошувати як `@NoArgsConstructor(access = PROTECTED)` і окремий явний конструктор для інваріантів. `@Builder` на сутностях

бажано застосовувати обережно, оскільки він може обходити інваріанти та методи, краще використовувати DTO/команди + мапінг.

Серіалізація та валідація. У поєднанні з Jackson важливо слідкувати за видимістю полів і геттерів. Lombok генерує «публічні» аксесори за замовчуванням. За потреби рівні доступу слід задавати явно.

Рефлексія та логування. Анотації типу `@Slf4j` і `@FieldNameConstants` змінюють контракт класу на етапі компіляції. Під час рефлексії та генерації документації варто перевіряти, чи інструменти «бачать» згенеровані члени.

Прозорість коду. Lombok зменшує обсяг, але приховує реалізацію. У командах із підвищеними вимогами до коду-рев'ю доцільно встановити локальні стандарти, що визначають, де дозволено `@Data`, як формалізувати `equals/hashCode`, у яких модулях прийнятний `@Builder`.

Висновок. Розглянуто можливості використання бібліотеки Lombok у процесі розробки програмного забезпечення на платформі Spring Framework. Lombok виступає інструментом, що робить патерн інверсії керування у Spring практичнішим, залежності тут декларуються коротко, а доменна логіка залишається в центрі уваги. Також значно скорочується кількість шаблонного коду в класах, що спрощує навігацію ними та підвищує читабельність і здатність до підтримки й розширення.

Список використаних джерел

1. Annotation-based Container Configuration [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.spring.io/spring-framework/reference/core/beans/annotation-config.html>.
2. What is Lombok and Why Should We Use It? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://medium.com/@shanakaprince/what-is-lombok-and-why-should-we-use-it-4b1357248d62>.
3. @Getter and @Setter [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://projectlombok.org/features/GetterSetter>.

РОМАНЮК О. В.,

к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення
Вінницького національного технічного університету,

НАКОНЕЧНИЙ В. В.,

студент факультету інформаційних технологій та комп'ютерної
інженерії (гр. ЗПІ-226)

Вінницького національного технічного університету

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Анотація: Висвітлено особливості реалізації баз даних для обробки даних у реальному часі, що є ключовим елементом сучасних бізнес-процесів у контексті розвитку IoT, AI та великих обсягів даних

Ключові слова: бази даних, потокова обробка, IoT, реальний час

Abstract: The article explores the specifics of implementing databases for real-time data processing, a critical component of modern business processes in the context of IoT, AI, and big data development.

Keywords: databases, stream processing, IoT, real-time

Вступ. Обробка даних у реальному часі (real-time data processing) стає ключовим елементом сучасних бізнес-процесів, особливо в еру IoT, AI та великих обсягів даних. За даними аналітиків, ринок реального часу аналітики, що фокусується на миттєвій обробці поточкових даних, оцінювався у 25 млрд доларів [1] США у 2023 році і прогнозується зростання до 193,71 млрд доларів до 2032 року з середньорічним темпом зростання (CAGR) 25,60%. Ця динаміка підкреслює актуальність теми: компанії, які впроваджують бази даних реального часу, отримують конкурентні переваги через швидке прийняття рішень, зменшення затримок та оптимізацію операцій. Ця тенденція підкріплюється експоненціальним зростанням обсягів даних: у 2025 році світ генеруватиме 181 зетабайт даних, що на 23.13% більше порівняно з попереднім роком, з щоденним створенням 2.5 квінтільйонів байтів. Значна частина цього обсягу – близько 30% [2] глобальної datasphere – становитиме дані реального часу, згенеровані IoT-пристроями, соціальними мережами та AI-додатками. Кількість підключених IoT-пристроїв перевищить 19.8 млрд до кінця 2025 року, генеруючи понад 79.4 зетабайт даних. Ринок AI в IoT оцінюється у 60.71 млрд доларів у 2025 році та прогнозується досягти 168.69 млрд доларів до 2030 року з CAGR 22.7%, що підкреслює інтеграцію реального часу обробки з інтелектуальними системами.

Результати дослідження. Реалізація баз даних для обробки даних у реальному часі передбачає створення систем, які здатні збирати, зберігати та аналізувати інформацію миттєво, без значних затримок, що є критично важливим для сфер, де швидкість прийняття рішень визначає успіх, таких як фінансовий трейдинг,

моніторинг IoT-пристроїв чи персоналізований маркетинг. Наприклад, у фінансовому секторі, як у випадку з біржовими платформами на кшталт New York Stock Exchange, обробка в реальному часі дозволяє реагувати на ринкові коливання за мікросекунди, запобігаючи втратам у мільйони доларів. Ці бази даних, на відміну від традиційних, оптимізовані для роботи з високошвидкісними потоками даних [3], де латентність запитів повинна становити мілісекунди або навіть мікросекунди, забезпечуючи безперервний потік інформації, наприклад, системи можуть обробляти до мільйонів подій на секунду з латентністю менше 1 мс. Ключовою особливістю є використання in-memory зберігання, яке дозволяє тримати дані в оперативній пам'яті для блискавичного доступу, комбінуючи це з механізмами персистентності, щоб уникнути втрат при збоях, як це реалізовано в системах на кшталт Redis чи Apache Ignite. Redis, наприклад, застосовується компанією Twitter (тепер X) [4] для реального часу кешування та обробки мільйонів твітів на хвилину, забезпечуючи швидкий доступ до актуальних даних без перевантаження основної бази. Крім того, такі бази підтримують автоматичне індексування, що прискорює пошукові операції без ручного втручання, дозволяючи обробляти великі обсяги даних у реальному часі з мінімальними ресурсами – це включає динамічне створення індексів на основі патернів запитів, що оптимізує продуктивність для складних аналітичних задач.

Однією з основних особливостей реалізації є інтеграція з інструментами для обробки поточкових даних, такими як Apache Kafka чи Flink, які забезпечують захоплення змін (Change Data Capture) і синхронізацію між операційними та аналітичними системами. Це дозволяє базам даних не просто зберігати статичну інформацію, а динамічно збагачувати потоки даними з зовнішніх джерел, наприклад, додаючи геолокацію чи історичний контекст до вхідних подій, що робить аналіз більш глибоким і точним. У процесі реалізації акцент робиться на гібридних архітектурах, що поєднують OLTP для транзакцій і OLAP для аналітики, забезпечуючи неінтерферуючі запити, коли аналітичні операції не впливають на продуктивність основних процесів. Це вимагає ретельного планування керування пам'яттю та стратегій очищення даних, щоб уникнути перевантаження, зберігаючи при цьому історичні записи для подальшого аналізу тенденцій.

Масштабованість є ще однією критичною особливістю, де бази даних для реального часу повинні горизонтально розширюватися, розподіляючи навантаження між вузлами кластера без втрати швидкості. Це досягається завдяки хмарним рішенням, таким як AWS Kinesis чи Google Cloud Pub/Sub [5], які дозволяють обробляти мільйони подій на секунду, адаптуючись до пікових навантажень – наприклад, Uber використовує Kinesis для реального часу трекінгу поїздок, обробляючи мільярди подій щодня з автоматичним масштабуванням під час пікових годин. Реалізація також включає механізми забезпечення надійності, як-от реплікацію даних і автоматичне відновлення після збоїв, що гарантує безперервну доступність – у розподілених системах це часто реалізується через quorum-based реплікацію, де дані дублюються на кількох вузлах для забезпечення консистентності за моделлю CAP-теорема [6]. Однак, виклики виникають у балансуванні між швидкістю та точністю, де надмірна оптимізація може призвести до втрат даних, тому найкращі практики рекомендують тестування на латентність і використання гібридних моделей з SQL та NoSQL для гнучкості [7]. Серед ключових викликів у 2025 році – забезпечення якості даних у реальному часі, де шум чи дублікати можуть спотворювати аналітику, а також інтеграція з legacy-системами, що вимагає спеціальних адаптерів; рішення включають впровадження data validation на рівні ingestion та використання інструментів на кшталт Debezium [8] для CDC. Крім того, з ростом AI-інтеграції, бази даних повинні підтримувати вбудовані ML-моделі для реального часу прогнозування, як у випадку з системами на кшталт RisingWave [9], що поєднують SQL-запити з машинним навчанням для динамічного аналізу.

Нарешті, впровадження таких баз даних вимагає врахування безпеки та відповідності стандартам, як-от GDPR чи HIPAA [10], з вбудованими механізмами шифрування та контролю доступу в реальному часі. Це не тільки захищає чутливу інформацію, але й інтегрується з AI для автоматизованого виявлення аномалій, посилюючи загальну ефективність системи – наприклад, у охороні здоров'я, як у випадку з AI-powered wearables [11], реальний час бази дозволяють моніторити пацієнтів у реальному часі, виявляючи аномалії в даних з носимих пристроїв за секунди. У цілому, особливості реалізації фокусуються на створенні екосистеми, де дані перетворюються на actionable insights миттєво, сприяючи інноваціям у бізнесі та технологіях, з акцентом на стійкість до збоїв і адаптивність до майбутніх тенденцій, таких як edge computing для розподіленої обробки ближче до джерел даних.

Висновки. Реалізація баз даних для обробки даних у реальному часі є стратегічно важливою для сучасних організацій, які прагнуть залишатися конкурентоспроможними в умовах швидкозростаючого обсягу даних та високих вимог до швидкості прийняття рішень. Такі системи, завдяки використанню in-memory технологій, інтеграції з поточковими платформами на кшталт Apache Kafka чи AWS Kinesis, а також гібридним архітектурам, що поєднують OLTP і OLAP, забезпечують миттєву обробку мільйонів подій на секунду з

мінімальною латентністю. Реальні приклади, як-от використання Redis компанією Twitter для обробки твітів чи Kinesis в Uber для трекінгу поїздки, демонструють, як ці бази даних трансформують операційні процеси, підвищуючи ефективність і дозволяючи персоналізацію в масштабах сотень мільйонів користувачів.

Список використаних джерел

1. Real-Time Data Integration Statistics. URL: <https://finance.yahoo.com/news/real-time-analytics-market-size-140000456.html?guccounter=1>
2. Unlocking Zettabytes of Value: Business Success in the Age of Information Explosion. URL: <https://onedata.ai/insights/200-zettabytes-of-data-by-2025>
3. What Is a Real-Time Database. URL: <https://hazelcast.com/foundations/software-architecture/real-time-database>
4. Twitter Tech Stack. URL: <https://itexus.com/twitter-tech-stack-powering-real-time-social-networking-at-scale>
5. Kinesis (AWS) vs. PubSub (GCP) and how they stand near Kafka. URL: <https://medium.com/analytics-vidhya/kinesis-aws-vs-pubsub-gcp-and-how-they-stand-near-kafka-c55a309598>
6. The CAP Theorem With Apache Cassandra® and MongoDB. URL: <https://www.instaclustr.com/blog/cassandra-vs-mongodb>
7. Event-Driven Architectures and Databases: Can SQL Keep Up?. URL: <https://www.rapydo.io/blog/event-driven-architectures-and-databases-can-sql-keep-up>
8. 13 Best Change Data Capture (CDC) Tools for 2025. URL: <https://blog.skyvia.com/best-cdc-tools>
9. RisingWave. URL: <https://risingwave.com/blog/real-time-traffic-prediction-ml-risingwave-demo>
10. GDPR, HIPAA, and PCI DSS. URL: <https://www.protegrity.com/solutions/compliance-controls>
11. Anomaly Detection Framework for Wearables Data. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8840097>

РОМАНЮК¹ О.Н.

ПАВЛОВ¹ С.В.

МАЙДАНЮК¹ В.П.

ТИТОВА² Н.П.

РОМАНЮК² С.О.

¹Вінницький національний технічний університет

²Національний університет «Одеська політехніка»

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОГАРНІТУР У ПРОТЕЗУВАННІ КІНЦІВОК

Анотація: проаналізовано можливості неінвазивних та інвазивних BCI-систем, особливості зчитування нейронної активності та методи її обробки із застосуванням алгоритмів машинного й глибокого навчання. Висвітлено роль сенсорно-моторної інтеграції, проблему створення природного тактильного зворотного зв'язку, а також інженерні та реабілітаційні аспекти роботи з роботизованими протезами..

Ключові слова: нейрогарнітура, інтерфейс мозок-комп'ютер, протезування кінцівок, сенсорно-моторна інтеграція, інвазивні нейроінтерфейси.

Використання нейрогарнітур [1-7] у протезуванні кінцівок перетворюється на один із напрямів сучасної медичної інженерії. Це поле поєднує нейрофізіологічні принципи, знання з біомеханіки, досягнення електроніки та можливості штучного інтелекту. Головна мета таких систем полягає у створенні максимально природного взаємозв'язку між користувачем і роботизованою кінцівкою, коли керування відбувається не через натискання кнопок чи зовнішні датчики, а безпосередньо через нейронні сигнали головного мозку або периферичної нервової системи. Саме тому нейрогарнітури, інтегровані в інтерфейси мозок-комп'ютер, відкривають перед пацієнтами можливість повернути втрачену функціональність і відчуття контролю над рухами, що особливо важливо для людей з ампутаціями або вадами розвитку.

Сучасні системи BCI суттєво різняться за рівнем інвазивності, точністю та можливостями. Найдоступнішим варіантом залишаються неінвазивні EEG-гарнітури. Такі пристрої не потребують хірургічного втручання, тому їх активно застосовують як для клінічних досліджень, так і для початкового навчання користувачів керуванню протезом. EEG-технології дозволяють розпізнавати патерни моторної уяви — коли людина не рухає рукою фізично, але уявляє цей рух. У відповідь на такі наміри мозок змінює μ - та β -ритми кори, які сучасні алгоритми машинного навчання здатні аналізувати й класифікувати [1]. Це дає можливість відібрати ті сигнали, які найточніше відповідають бажаним рухам, і перетворити їх на керуючі команди для роботизованого протеза.

Неінвазивні системи часто характеризуються нижчою роздільною здатністю та більшою залежністю від шумів, однак їхньою безперечною перевагою є високий рівень безпеки, дешевизна та зручність використання.

Саме тому цей клас пристроїв став основою для створення доступних протезів, орієнтованих на широке коло користувачів.

Дослідження показують, що сучасні моделі EEG-BCI здатні до адаптації під індивідуальні особливості мозкової активності, що суттєво підвищує точність і стабільність роботи протеза [2].

Зовсім інший рівень функціональності демонструють інвазивні нейроінтерфейси. Електроди, імплантовані у моторну кору, забезпечують можливість реєструвати спайкову активність окремих нейронів або невеликих їх груп. Це дає змогу інтерпретувати сигнали мозку з дуже високою точністю та швидкістю. Сучасні дослідження підтверджують, що інвазивні BCI дозволяють виконувати від десятка до кількох десятків різних рухів, включно з тонкими маніпуляціями, які раніше здавалися недосяжними — наприклад, індивідуальне керування фалангами пальців, утримання крихких об'єктів або виконання швидких переходів між руховими командами [3]. Завдяки цьому роботизовані протези поступово наближаються до природних можливостей людської руки.

Надзвичайно перспективним напрямом розвитку є впровадження тактильного зворотного зв'язку. Ідеться не лише про виконання рухів, а й про створення можливості «відчувати» предмети.

Сучасні протези вже оснащують сенсорами тиску, вібрації, температури та деформації. Після обробки сигнали передаються до кори головного мозку або периферичних нервів користувача, забезпечуючи наближене до реального відчуття дотику.

Експерименти показали, що використання тактильного фідбеку дозволяє підвищити точність маніпуляцій на 40–60%, скоротити час реакції й зменшити втому користувача [4]. Наявність природного сенсорного циклу також сприяє тому, що пацієнт швидше «приймає» протез як частину власного тіла, а рівень фантомних болів зменшується через отримання мозком коректних сенсорних сигналів.

Програмні рішення відіграють не меншу роль, ніж апаратні. Обробка мозкових сигналів — це складна задача, що вимагає фільтрації шумів, виявлення інформативних характеристик, адаптації під поточний стан користувача та роботи в режимі реального часу. Для цього застосовують різноманітні математичні методи: спектральний аналіз, хвилькові перетворення, метод головних компонент, незалежний компонентний аналіз та адаптивні фільтри. Проте найбільшу ефективність демонструють глибокі нейронні мережі: згорткові CNN моделі добре працюють із просторовими ознаками, рекурентні мережі LSTM та GRU аналізують часові залежності, а трансформерні архітектури дозволяють моделювати складні зв'язки в даних. Їх застосування робить розпізнавання команд більш точним навіть тоді, коли сигнали нестабільні або значною мірою зашумлені [2].

Інженерна частина створення кіберкінцівок включає використання легких матеріалів, оптимізацію кінематики, мінімізацію маси та розробку компактних приводів. Використання титанових сплавів, композитів, карбону та полімерів дозволяє зменшити навантаження на користувача, забезпечити комфорт і надійність. Не менш важливим є питання енергоспоживання: сучасні акумулятори дають змогу протезам працювати тривалий час у автономному режимі, а нові енергозберігальні алгоритми дають змогу отримати більше часу роботи без підзарядки. Деякі розробники уже впроваджують системи рекуперації мікроенергії під час руху, що частково компенсує витрати заряду.

Окрему увагу в протезуванні приділяють реабілітаційним технологіям. Інтерфейси мозок-комп'ютер поєднують із віртуальною реальністю, щоб створити умови для безпечного тренування моторики. Пацієнт може навчатися керувати протезом у віртуальному середовищі, де всі помилки не мають фізичних наслідків. Дослідження демонструють, що така форма реабілітації активізує пластичність мозку, а тривале використання BCI може частково відновлювати порушені рухові функції навіть у випадках тяжких травм спинного мозку [1].

Завдяки сучасним біонічним кінцівкам люди з інвалідністю отримують можливість повертатися до професійної діяльності, займатися складними ремісничими чи технічними роботами, а також підвищувати рівень соціальної інтеграції. Разом з тим постають нові виклики, пов'язані з етикою, приватністю нейронних даних, можливими ризиками неправильного трактування сигналів або технічними збоями. Обговорюється питання прав користувача, юридичної відповідальності та стандартів безпеки.

Науковці працюють над нанорозмірними електродами, нейроморфними процесорами, які імітують роботу біологічних нейронних мереж, технологіями бездротової передачі мозкових сигналів і інтеграцією штучного інтелекту безпосередньо в імплантовані структури. У найближчі десятиліття очікується поява високофункціональних інтегрованих систем, де межа між живими тканинами та штучними компонентами буде ставати дедалі менш помітною.

Список використаних джерел

1. Luo, Y., Liu, H., Li, Z., & Zhu, Y. (2023). Advances in non-invasive brain–computer interfaces for upper-limb prosthetic control: A systematic review. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1123450.

2. Yao, L., Sheng, X., Mrachacz-Kersting, N., Zhu, X., & Farina, D. (2021). Sensory-motor augmentation using non-invasive brain-computer interfaces for prosthetic control. *Nature Biomedical Engineering*, 5, 1224–1238.
3. Willett, F. R., Avansino, D. T., Hochberg, L. R., Henderson, J. M., & Shenoy, K. V. (2021). High-performance brain-to-text communication via handwriting decoding. *Nature*, 593(7858), 249–254.
4. D'Anna, E., Petrini, F. M., Artoni, F., Popovic, I., Mazzoni, A., Valle, G., ... & Raspopovic, S. (2021). A closed-loop sensory-motor neural prosthesis for real-time control of robotic limbs. *Science Robotics*, 6(54), eabf7652.
5. Романюк О. Н., Павлов С. В. Розробки імплантованих нейроінтерфейсів. Збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту. – 2025»: Збірник тез. [Електронне видання] – Вінниця: ВНТУ. – 2025.- С. 403-405.
6. Романюк О. Н., Павлов С. В., Майданюк В. П., Тітова Н. В., Романюк С. О. Використання нейрогарнітур для діагностування захворювань. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції з оптико-електронних інформаційних технологій "ФОТОНІКА – ODS 2025", Вінниця, 3 с. 2025.
7. Майданюк В. П., Романюк О. Н. Неінвазивний нейроінтерфейс Користувач-Комп'ютер. Матеріали ЛПІ Всеукраїнської науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (2024), м. Вінниця, 24—27 бер. 2025 р.

РОМАНЮК О.Н.
ГАНДРИБІДА В. В.

Вінницький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ CUDA У МЕДИЧНІЙ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Анотація: технологія CUDA, що реалізує загальнозживані обчислення на графічних процесорах, відкриває можливості масового паралелізму для прискорення важливих етапів медичної візуалізації. Проаналізовано сучасні підходи до використання CUDA для томографічної реконструкції, обробки та сегментації зображень, інтерактивного об'ємного рендерингу й побудови моделей штучного інтелекту. Показано, що перенесення обчислювальних ядер на GPU дозволяє скоротити час обробки, забезпечити інтерактивну 3D-візуалізацію та підтримати роботу 3D/4D нейромереж.

Ключові слова: CUDA, медична візуалізація, томографічна реконструкція, об'ємний рендеринг, GPU, штучний інтелект.

Стрімке збільшення кількості томографічних даних (КТ, МРТ, ПЕТ), які необхідно опрацьовувати протягом короткого часу між обстеженням і постановкою діагнозу, актуалізує потребу у високопродуктивних обчисленнях. Традиційні процесорні архітектури далеко не завжди спроможні забезпечити необхідну швидкість для об'ємної реконструкції, рендерингу та розумного аналізу медичних зображень. Використання платформи CUDA, яка дозволяє реалізовувати паралельні обчислення на графічних процесорах, відкриває можливість істотно прискорити основні етапи медичної візуалізації. У роботі узагальнено підходи до застосування CUDA для реконструкції томограм, інтелектуальної обробки даних, сегментації, об'ємного рендерингу та побудови моделей штучного інтелекту. Показано, що перенесення обчислювальних ядер на GPU дає змогу зменшити час обробки з годин до секунд, забезпечити плавну 3D-візуалізацію та підтримати роботу складних нейромереж. Окреслено технічні бар'єри впровадження таких рішень у клінічну практику та можливі напрями подальшого розвитку.

Медична візуалізація сьогодні є одним із важливих джерел діагностичної інформації. Сучасні томографи генерують тривимірні та навіть чотирирівні набори даних із сотень зрізів, які потрібно не лише зберегти, а й оперативно обробити та надати лікарю у зручній для аналізу формі. Оскільки в типовій клінічній практиці проміжок часу між отриманням даних і формуванням висновку є обмеженим, обчислювальна продуктивність стає важливим фактором. Послідовні CPU-реалізації нерідко виявляються недостатньо швидкими, особливо коли йдеться про ітеративну реконструкцію або складну фільтрацію зображень, не кажучи вже про алгоритми штучного інтелекту [2]. Це природно спрямовує розробників до використання масово-паралельних архітектур, де графічні процесори виконують роль повноцінних обчислювальних модулів.

Запропонована компанією NVIDIA технологія CUDA [1-8] фактично стала стандартом де-факто у сфері GPGPU для медичної візуалізації. На відміну від класичної графічної конвеєрної моделі, вона дає змогу формувати власні паралельні ядра й контролювати розподіл даних між пам'яттю хоста та GPU. Для медичних задач це особливо актуально, адже більшість операцій над вокселями повторюються за однаковим шаблоном, що ідеально узгоджується з паралельною обробкою. У багатьох випадках кожен елемент об'єму може бути

оброблений у власному потоці, а загальна швидкість залежить насамперед від ефективності роботи з пам'яттю та внутрішньої архітектури графічного процесора [3].

Одним із перших напрямів використання CUDA стала томографічна реконструкція. Аналітичні методи, такі як зворотне фільтроване перетворення Фур'є, швидко працюють на CPU, але мають обмеження при роботі з неповними або зашумленими даними. Ітеративні підходи (ART, SART, MLEM) дозволяють підвищити якість реконструкції та зменшити променеве навантаження, проте вимагають багаторазового повторення операцій проєкції та зворотної проєкції, що на центральному процесорі є доволі затратним. GPU-системи кардинально змінюють ситуацію: обчислення розподіляються між тисячами паралельних потоків, що забезпечує суттєве прискорення та робить реконструкцію великих 3D-об'ємів цілком придатною для клінічного використання [1].

Широко застосовується CUDA й у задачах обробки та аналізу медичних зображень. Різноманітні операції фільтрації - від лінійних згорток до складних нелінійних методів - обмежуються типовими обчисленнями над матрицями пікселів або вокселів. У двовимірному випадку такі завдання часто виконуються на CPU без критичних затримок, тоді як у тривимірному просторі обсяг даних зростає у десятки разів, роблячи звичні методи неприйнятно повільними. Багато досліджень демонструють, що перенесення цієї роботи на GPU дозволяє скоротити час виконання у кілька, а іноді й у десятки разів, зберігаючи високу точність [4].

Значну роль CUDA відіграє і в сегментації та реєстрації зображень. Методи виділення органів, пухлин, судин чи функціональних структур часто передбачають багаторазове повторення однотипних операцій: обчислення локальних характеристик, оновлення маски, мінімізація певного функціоналу. Деформівна реєстрація, яка застосовується для зіставлення зображень різних обстежень або модальностей (КТ-MPT), також залежить від швидкого обчислення метрик схожості на великому наборі вокселів. Це робить GPU-реалізації надзвичайно доцільними, особливо в контексті аналізу великих колекцій MPT-гологоловного мозку та задач радіоміки [7].

У сучасних системах медичної візуалізації важливе місце посідає об'ємний рендеринг. Методи прямого рендерингу об'ємів і трасування променів дозволяють лікарю бачити внутрішню структуру органів без попереднього формування полігональних моделей. Проте для цього необхідно для кожного пікселя визначити шлях променя через тривимірний об'єм, що потребує обробки сотень або тисяч вибірок. Для CPU це стає істотним навантаженням, тоді як GPU ідеально підходить для виконання таких операцій у реальному часі. CUDA-орієнтовані реалізації об'ємного рендерингу забезпечують інтерактивне керування моделлю та підтримують VR/AR-режими [6].

Застосування технології CUDA є визначальним і для штучного інтелекту [5] в медичній сфері. Тривимірні згорткові мережі, трансформерні архітектури та комбіновані моделі потребують значних обчислювальних ресурсів, тому GPU є стандартною платформою для їх навчання та інференсу. Використання CUDA та спеціалізованих бібліотек забезпечує прийнятний час обробки великих наборів медичних даних і дозволяє створювати рішення, орієнтовані на підтримку лікаря під час прийняття рішень.

Інтеграція CUDA в клінічні інформаційні комплекси має свої труднощі. Необхідно оновлювати апаратне забезпечення, адаптувати ПЗ до стандартів PACS та RIS, враховувати вимоги щодо захисту персональних даних та забезпечувати надійність обчислень. Окремою проблемою є дефіцит спеціалістів, які водночас добре розуміють медичні дані та володіють інструментами паралельного програмування.

Подальший розвиток напрямку пов'язують із розробкою бібліотек високого рівня, адаптованих спеціально під медичні задачі, та створенням модульних компонентів, що можуть інтегруватися у клінічні системи без суттєвих витрат на оптимізацію. Важливим є також оцінювання реального клінічного ефекту від упровадження GPU-рішень - скорочення часу діагностики, зменшення променевого навантаження та підвищення точності інтерпретації. У цьому контексті CUDA слід розглядати не просто як засіб прискорення, а як технологію, що розширює можливості персоналізованої медицини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Després P., Jia X. A review of GPU-based medical image reconstruction // *Physica Medica*. – 2017. – Vol. 42. – P. 76–92.
2. Eklund A., Dufort P., Forsberg D., LaConte S. M. Medical image processing on the GPU: past, present and future // *Medical Image Analysis*. – 2013. – Vol. 17, No. 8. – P. 1073–1094.
3. Kalaiselvi T., Sriramakrishnan P., Somasundaram K. Survey of using GPU CUDA programming model in medical image analysis // *Informatics in Medicine Unlocked*. – 2017. – Vol. 9. – P. 133–144.
4. Shi L., Kehtarnavaz N., Kwon H. et al. A survey of GPU-based medical image computing techniques // *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*. – 2012. – Vol. 2, No. 3. – P. 188–206.

5. Danaei K. A., Ahmadi M., Zadeh M. M. et al. GPU-accelerated artificial intelligence applications in cancer diagnosis, imaging and treatment planning // Asian Pacific Journal of Cancer Prevention. – 2024.
6. An K., Kim J., Lee S. et al. 3D real-time parallel volume rendering using NVIDIA CUDA for medical imaging // Proceedings of the International Conference on Signal Processing. – 2013.
7. Kirimtat A., Talo M., Yildirim O. et al. GPU-based parallel processing techniques for enhanced medical image analysis of brain MRIs // Sensors. – 2024. – Vol. 24, No. 5. – P. 1591.
8. Форостяний А. Б., Романюк О. Н. Використання відеокарт для неграфічних застосунків. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів Інженерія програмного забезпечення і передові інформаційні технології (Soft Tech-2024), Київ, 21-23 травня 2024 р. Київ, 2024. С. 151-154.

РОМАНЮК О.Н.
ЗАБОЛОТНИЙ О. І.

Вінницький національний технічний університет, Україна

ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ГЕНОМНИХ ДАНИХ В МЕДИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Анотація: Використання біоінформатичних методів підвищує ефективність досліджень, прискорює обробку даних та покращує точність знаходження мутацій. Проаналізовано використання технологій біоінформатики у медичних закладах.

Ключові слова: геномні дані, DeepSEA, DeepVariant, BioBERT.

У сучасній біоінформатиці, яка поєднується з алгоритмами машинного та глибокого навчання, зручно аналізувати великі біологічні дані, наприклад геноміку [1], транскриптоміку [2] (повне вивчення РНК) та протеоміку [3] – науку про білки. Такі алгоритми є важливими для знаходження генетичних маркерів захворювань.

Використання згорткових нейронних мереж, рекурентних мереж і трансформерів надає точний результат обробки послідовностей.

Система DeepSEA [4] – це програма з штучним інтелектом, яка передбачає, як зміни в ДНК впливають на роботу клітин. Вона здатна до аналізу найменших змін у генетичних ланцюгах і формує висновок про вплив змін на важливі процеси – прикріплення білків до ДНК, відкритість структури ДНК. Програма аналізує дані різних типів клітин, тому враховуються впливи мутацій на мозок, печінку, серце. Користувачі сервісу можуть завантажити дані у форматах VCF, BED або FASTA, далі DeepSEA зробить аналіз і дасть прогноз про вплив кожного генетичного варіанта. Результати містять імовірності мутацій, що допомагає дослідникам швидко виявити шкідливі ділянки.

Система DeepVariant [6] – інструмент глибокого навчання від компанії Google, що використовується для точного виявлення змін у ДНК людини. Він самостійно визначає, де в геномі [7] – наборі генетичної інформації організму, відбулась заміна, вставка чи видалення фрагмента. Для цієї мети DeepVariant перетворює дані у зображення, котрі уже розглядає штучний інтелект, подібно до того, як людина дивиться на картинку. Цей інструмент працює з різними платформами секвенування [8] (методу визначення точних послідовностей ДНК чи РНК), самостійно класифікує варіанти даних за типом і формує зручні фахівцям файли результатів. Такі кроки забезпечують результати, котрі рівні роботі генетика. Систему часто залучають для виявлення спадкових недуг, добору медикаментів та формуванню реєстрів про генетичні риси мешканців певного краю.

Також вагому роль відіграє AlphaFold [9] – штучний інтелект від DeepMind, який вірогідно пророкує просторову структуру білків, покладаючись на їхню амінокислотну послідовність. Це дає змогу глибше вивчати зміни у білках, спричинені мутаціями, що посилює розуміння біологічних процесів. Система оперує мережами нейронів, натренованими на дослідних структурах для точного моделювання протеїну у просторі, замінюючи нездійсненні чи занадто вартісні лабораторні способи.

Мовна модель BioBERT [10], натренована на біомедичних даних, у разі покращує аналіз літератури. Вона добре розпізнає біомедичні терміни, виражає зв'язки між сутностями та відповідями на запитання, що дає змогу швидко виявляти нові зв'язки між генами, хворобами та іншими біологічними поняттями. Модель розроблена на основі BERT [11] (мовна система компанії Google для роботи з текстом), але натренована на спеціальних біомедичних словах для розуміння контексту наукових текстів. Її особливість – адаптованість до медичних текстів, що дає їй можливість ефективно працювати з вузькою тематикою. BioBERT легко додається у системи аналізу наукових публікацій, клінічних звітів і баз даних, що використовується для створення інтелектуальних систем у медицині, автоматичному аналізі літератури та побудови баз знань.

Розглянуто технологію CRISPR-Cas9 [12] – інструмент для редагування геному, з яким стало можливо точно змінювати генетичний код. Система допомагає вирізати пошкоджені чи небажані фрагменти ДНК і замінювати на здорові. Технологія створена на основі природного захисту бактерій від вірусів. Практичним застосуванням є точкові зміни у генах, що відповідають спадковим захворюванням: серповидноклітинній анемії, муковісцидозу або деяким формам раку. Активно використовується в дослідженні клітин, моделюванні хвороб та створенню нових підходів лікування. Система є простою, ефективною та низьковартісною, що зробило її популярним інструментом біотехнологій.

Next Generation Sequencing [13] – технологія паралельного секвенування [8] (сканування), яка швидко та точно визначає послідовність генів у ДНК чи РНК. Її відмінністю від традиційного методу секвенування Сенгера [14] є здатність до одночасного аналізу мільйонів фрагментів ДНК, що знижує вартість і час досліджень. Технологія складається з трьох етапів: підготовки бібліотеки, секвенування та аналізу опрацьованих даних. Система адаптивна для різних типів зразків та експериментальних задач. Використовується у дослідженнях хвороб, аналізу ракових пухлин та виявленні невідомих захворювань.

У сучасній медицині біоінформатика є провідним інструментом для аналізу геномних даних, вона забезпечує точність, швидкість та масштабованість розвідок. Машинне навчання легко обробляє великі обсяги відомостей, що вже використовується у діагностиці, прогнозуванні та лікуванні захворювань.

Засоби DeepSEA, DeepVariant, AlphaFold, BioBERT та CRISPR-Cas9 активно залучаються у генетиці, онкології, фармацевтиці та індивідуалізованій медицині. Вони самостійно знаходять мутації, моделюють білки, аналізують медичні тексти та точно змінюють геном. Технологія Next Generation Sequencing швидко надає точні послідовності ДНК і РНК.

Список використаної літератури

- [1] “Геноміка.” Вікіпедія. Дата звернення: 9 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Геноміка>
- [2] K. Ahern, K. Rajagopal та T. Tan. “8.05: Транскриптоміка.” Біохімія безкоштовно для всіх, LibreTexts. Дата звернення: 9 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: [https://ukrayinska.libretexts.org/Біологія/Біохімія/Книга%3ABіохіміябезкоштовнодлявсіх\(Ahern,RajagopaltaTan\)/08%3AОсновніприйоми/8.05%3АТранскриптоміка](https://ukrayinska.libretexts.org/Біологія/Біохімія/Книга%3ABіохіміябезкоштовнодлявсіх(Ahern,RajagopaltaTan)/08%3AОсновніприйоми/8.05%3АТранскриптоміка)
- [3] “Протеоміка.” Вікіпедія. Дата звернення: 9 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Протеоміка>
- [4] “DeepSEA.” HumanBase, Flatiron Institute. Дата звернення: 11 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://humanbase.flatironinstitute.org/deepsea>
- [5] “Гістони.” Вікіпедія. Дата звернення: 11 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Гістони>
- [6] “Геном.” Вікіпедія. Дата звернення: 11 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Геном>
- [7] “Learning DeepVariant’s Hidden Powers.” Google DeepVariant Blog. Дата звернення: 11 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://google.github.io/deepvariant/posts/2024-10-22-learning-deepvariants-hidden-powers/>
- [8] “Секвенування.” Вікіпедія. Дата звернення: 12 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Секвенування>
- [9] “AlphaFold.” DeepMind. Дата звернення: 11 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://alphafold.com/>
- [10] D. Lee, J. Yoon, S. Kim та J. Kang. “BioBERT: a pre-trained biomedical language representation model for biomedical text mining.” Bioinformatics, т. 36, № 4, с. 1234–1240, 2020. Дата звернення: 11 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://academic.oup.com/bioinformatics/article/36/4/1234/5566506>
- [11] “BERT (language model).” Wikipedia. Дата звернення: 12 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: [https://en.wikipedia.org/wiki/BERT_\(language_model\)](https://en.wikipedia.org/wiki/BERT_(language_model))
- [12] “Генна терапія та редагування геному (CRISPR): Новітні горизонти медицини.” Biogentech. Дата звернення: 11 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://biogentech.com.ua/blog/post/genna-terapiya-ta-redaguvannya-genomu-crispr-novitni-gorizonti-medicini>
- [13] “Next-generation sequencing (NGS).” Illumina. Дата звернення: 12 листоп. 2025. [Онлайн]. [14] Доступно: <https://www.illumina.com/science/technology/next-generation-sequencing.html>
- “Метод секвенування за Сенгером.” Studfile. Дата звернення: 12 листоп. 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://studfile.net/preview/11329746/page:11/>

РОМАНЮК¹ О.Н.
МАЙДАНЮК¹ В.П.
НЕЧИПОРУК¹ М.Л.

КОМБІНОВАНІ МЕТОДИ ШИФРУВАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Анотація. Розглянуто комбіновані методи шифрування графічних зображень, що поєднують хаотичні системи, класичні блокові шифри, перетворення у просторі частот та ДНК-кодування для підвищення криптостійкості. Показано, що комбіновані методи дозволяють отримати високу ентропію, низьку кореляцію між сусідніми пікселями та стійкість до атак типу, що робить їх перспективними для застосування в телемедицині, Інтернеті речей та супутникових системах спостереження.

Ключові слова: шифрування зображень, хаотичні системи, комбіновані методи, блокові шифри, хвилькові перетворення, ДНК-кодування, стеганографія.

Комбіновані методи шифрування [1-15] графічних зображень формуються як відповідь на обмеження класичних криптографічних алгоритмів під час роботи з даними великого обсягу й високої надмірності. На відміну від тексту, зображення характеризуються сильною кореляцією між сусідніми пікселями, складною структурою просторових частот і значним обсягом даних, що ускладнює безпосереднє застосування лише стандартних шифрів типу AES або DES [1; 2]. Найкращі результати з точки зору безпеки й продуктивності забезпечують саме гібридні (комбіновані) схеми, де поєднуються хаотичні карти, блокові та потокові шифри, перетворення у частотній області, ДНК-кодування та стеганографічні підходи [2; 3].

Базова ідея комбінованих методів полягає у розділенні процесу шифрування на кілька взаємозалежних етапів, кожен з яких реалізується іншою криптографічною технологією. Типова двоетапна схема включає: (1) хаотичне позиційне перемішування пікселів (confusion), (2) інтенсивнісний перетворювальний етап (diffusion), де значення пікселів змінюються за допомогою псевдовипадкових послідовностей або блокових шифрів [1; 2]. Хаотичні системи - логістичне відображення, карта Генона, Лоренц, Чуа- та інші гіперхаотичні моделі - забезпечують генерацію псевдовипадкових ключових потоків, чутливих до початкових умов, що ускладнює відновлення вихідного зображення без точного знання параметрів системи [2; 4]. Блокові шифри (передусім AES та його спрощені/модифіковані варіанти) додають формальну криптографічну стійкість і добре вивчену структуру раундів [3; 8]. У гібридних схемах етап хаотичного перемішування руйнує локальні кореляції, а AES-подібний етап остаточно згладжує статистичні характеристики зображення та збільшує ентропію криптограми.

Окремий напрям становлять комбіновані методи, що працюють у трансформованих просторах - насамперед у хвильковому (вейвлет-) базисі. Попереднє застосування дискретного хвилькового перетворення (DWT) або піднятого вейвлет-перетворення дозволяє розкласти зображення на низькочастотні (апроксимаційні) та високочастотні (деталізуючі) піддіапазони [5; 6; 9]. Така декомпозиція дає змогу адаптивно застосовувати різні стратегії шифрування: низькочастотні компоненти, які несуть основну енергію зображення, можуть шифруватися більш «важким» блоковим шифром, тоді як високочастотні деталі - легшими хаотичними або поточковими алгоритмами [5; 9]. У низці робіт запропоновано реальні алгоритми, в яких об'єднано комбінований хаотичний ключовий потік із оптимізованим lifting-вейвлет-перетворенням, що забезпечує придатність для реального часу завдяки зменшенню обчислювальної складності [6].

Ще один потужний різновид комбінованих підходів - інтеграція хаотичних систем із біоінспірованими методами, зокрема з ДНК-кодуванням. У таких схемах пікселі зображення відображаються у ДНК-рядки за певними правилами кодування (A, T, C, G), після чого до цих рядків застосовуються логічні операції, перестановки та додаткові хаотичні перетворення [4; 10]. Використання багатовимірних (наприклад, 4D) гіперхаотичних карт у поєднанні з ДНК-кодуванням дозволяє суттєво збільшити простір ключів, забезпечити сильну дифузю та зменшити кореляцію між каналами кольорового зображення [4]. Такі гібридні хаос-ДНК підходи продемонстрували високу стійкість до статистичних атак, а також хороші показники NPCR та UACI, якими оцінюють чутливість криптосистеми до малих змін у відкритому зображенні [4; 9].

Важливу нішу займають комбіновані методи, де об'єднуються хаотичне шифрування та класична стеганографія. У цьому випадку зображення спочатку шифрується за допомогою хаотико-криптографічної схеми (зокрема, з використанням кількох хаотичних карт), а потім отримана криптограма вбудовується в інше «покривне» зображення або відеопотік за стеганографічним алгоритмом [3; 7]. Подвійний захист полягає у тому, що зломиснику необхідно не лише зламати криптосистему, а й взагалі виявити факт передавання секретних даних. Роботи, у яких комбінуються множинні хаотичні карти, хвилькові перетворення та стеганографія, демонструють підвищену стійкість до атак з аналізом гістограм, кореляцій та відомого відкритого тексту [3; 7].

Останні дослідження приділяють значну увагу порівнянню продуктивності гібридних схем із чисто хаотичними або чисто блоковими алгоритмами. Показано, що добре спроектовані комбіновані методи з використанням кількох джерел псевдовипадковості (наприклад, 3D/4D хаотичних систем, DWT-декомпозиції та модифікованого AES) здатні забезпечити близьку до ідеальної рівномірність гістограм, високу ентропію (близько 7,99 біт для 8-бітних зображень), низьку кореляцію сусідніх пікселів та стійкість до перебору ключів завдяки надвеликим ключовим просторам [3; 8; 9; 10]. При цьому зберігається прийнятний час шифрування/розшифрування для застосувань у реальному часі, таких як потокове відео або телемедичні системи передавання діагностичних зображень [3; 5].

Перспективними напрямками розвитку комбінованих методів шифрування зображень є інтеграція з апаратними прискорювачами для досягнення надмалих затримок, використання адаптивних схем, що змінюють структуру алгоритму залежно від типу вхідного зображення або рівня загрози, а також поєднання з методами захищеного машинного навчання та федеративного аналізу даних [2; 8]. Кмбіновані схеми зберігають статус одного з найдинамічніших напрямів сучасної візуальної криптографії, оскільки поєднують високу гнучкість, адаптивність і здатність враховувати специфіку графічних даних.

Список використаних джерел

1. Zia U., Zia A. Survey on image encryption techniques using chaotic systems // International Journal of Information Security. – 2022. – (online first). [ACM Digital Library+1](#)
2. Zhang B., Liu L. Chaos-Based Image Encryption: Review, Application, and Challenges // Mathematics. – 2023. – Vol. 11, No. 11. – Art. 2585. – DOI: 10.3390/math11112585. [MDPI](#)
3. Chaudhary N., Bansal A., Yadav A. et al. Secure Image Encryption Using Chaotic, Hybrid Chaotic and Block Cipher Techniques // Sensors. – 2022. – Vol. 22, No. 12. – Art. 8044. [PMC](#)
4. Arthi G., Thanikaiselvan V., Amirtharajan R. 4D Hyperchaotic Map and DNA Encoding Combined Image Encryption for Secure Communication // Multimedia Tools and Applications. – 2022. – Vol. 81. – P. 15859–15878. [ACM Digital Library+1](#)
5. Rehman M. U., Rehman A., Rehman S. et al. Efficient and Secure Image Encryption Using Key Substitution Process with Discrete Wavelet Transform // Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences. – 2023. (in press). [ScienceDirect](#)
6. Mao N., та ін. Real-time Image Encryption Algorithm Based on Combined Chaotic Map and Optimized Lifting Wavelet // Journal of Real-Time Image Processing. – 2023. [ACM Digital Library](#)
7. Hemadhri A., Madhumitha J. Combined Image Encryption and Steganography Technique for Enhanced Security Using Multiple Chaotic Maps // Computers & Electrical Engineering. – 2023. [ScienceDirect+1](#)
8. Alexan W., et al. A Secure and Efficient Image Encryption Scheme Based on an Improved Chaotic System // Scientific Reports. – 2025. [Nature](#)
9. Meng L. An Improved Image Encryption Algorithm Based on Chaotic Mapping and Discrete Wavelet Transform Domain // International Journal of Network Security. – 2020. – Vol. 22, No. 1. – P. 155–160. [ijns.jalaxy.com.tw](#)
10. A New Chaotic Image Encryption Algorithm Based on a Modified Version of the AES Algorithm // (preprint / journal article). – 2024
11. Романюк О.Н., Майданюк В.П., Нечипорук М.Л. Особливості шифрування графічних зображень. Романюк Олександр Никифорович. Інформаційні технології в освіті та науці: Збірник наукових праць IV міжнародної науково-практичної конференції (Запоріжжя Мелітополь, 20 травня 2025 р., МДПУ імені Богдана Хмельницького). Випуск 14. Запоріжжя: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2025. 533-538.
12. Лужецький В.,А., Романюк О.Н., Нечипорук М. Л. Методи на основі глибокого навчання для прискореного шифрування графічних зображень. Автоматизація та біомедичні і комп'ютерні технології: тези доповідей Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції. (Дніпро, 26 березня 2025 р.) / ДВНЗ «ПДТУ».– Дніпро: ПДТУ, 2025.– С.113-116.
13. Нечипорук М.Л., Лужецький В.А., Романюк О. Н., Майданюк В. П. Засоби для шифрування графічних зображень. Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій /Матеріали XXV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 17-18 квітня 2025 р. - Одеса,Видавництво ОНТУ, 2025 р.-С. 47-49.
14. Романюк О.Н. Нечипорук М.Л. Адаптивні алгоритми шифрування графічних зображень. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. – Черкаси, 2025. – С. 47-48.
15. Нечипорук М.Л., Романюк О.Н. Лужецький В.А. Особливості квантового шифрування графічних зображень. Матеріали XVIII Всеукраїнської науково практичної WEB конференції аспірантів, студентів та

РОМАНЮК О. Н.
МЕЛЬНИК А. В.
РОМАНЮК О. В.
БАБІЙ Б. В.
БОБКО О. Л.

Вінницький національний технічний університет

АНАЛІЗ ЧАСОВИХ ЗАТРАТ ФОРМУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА РІЗНИМИ МЕТОДАМИ

Анотація: наведено порівняльний аналіз часу формування графічних сцен за різними методами освітлення та згладжування — Ламберта, Гуро, Фонга, Блінна-Фонга та Кука-Торренса. Розглянуто особливості їх обчислювальної складності, якості візуалізації та придатність для систем реального часу. Показано, що вибір методу має базуватись на балансі між швидкодією, апаратними ресурсами та вимогами до реалістичності зображення.

Ключові слова: рендеринг, зафарбовування, модель Ламберта, метод Гуро, метод Фонга, модель Блінна-Фонга, модель Кука-Торренса

Порівняння часу формування графічних сцен [1-8] за різними методами освітлення та згладжування є одним із важливих питань сучасної комп'ютерної графіки, оскільки від цього залежить не лише якість відтворення зображення, а й ефективність роботи програмного та апаратного забезпечення. Методи освітлення, такі як моделі [1] Ламберта, Гуро, Фонга, Блінна-Фонга та Кука-Торренса, відрізняються рівнем обчислювальної складності, точністю інтерполяції освітлення та вимогами до апаратних ресурсів. Сучасні дослідження демонструють, що вибір оптимального методу має вирішальне значення для забезпечення реалістичності сцен при мінімальних витратах часу рендерингу.

Метод Ламберта [1] є класичним підходом, який використовується для розрахунку дифузного освітлення. У його основі лежить принцип залежності яскравості поверхні від кута між нормаллю до неї та напрямом падаючого променя світла. Такий підхід характеризується низькою обчислювальною складністю, адже освітлення розраховується один раз для всього полігону, що робить його надзвичайно швидким у виконанні. Однак основним недоліком методу є спрощення передачі форми об'єктів, адже відсутність інтерполяції інтенсивності призводить до ефекту «плоских граней». За експериментальними даними, середній час формування сцени з тисячею полігонів за моделлю Ламберта становить близько 1–2 мс, що робить її ефективною для систем з обмеженими обчислювальними можливостями [2].

Метод Гуро [1, 5, 6], запропонований для усунення недоліків моделі Ламберта, використовує інтерполяцію яскравості між вершинами полігонів. Інтенсивність освітлення обчислюється для кожної вершини з урахуванням положення джерел світла, після чого виконується лінійна інтерполяція значень всередині полігону. У результаті поверхні набувають плавного переходу яскравості, що візуально створює ефект округлості та глибини. Однак при використанні Гуро виникають певні втрати дзеркальних відблисків, оскільки вони інтерполюються разом із базовою яскравістю. За вимірюваннями, проведеними в середовищі OpenGL, середній час рендерингу сцени з тисячею полігонів для цього методу становить 3–5 мс, що вдвічі або втричі більше, ніж у моделі Ламберта [1]. Незважаючи на це, метод Гуро залишається ефективним компромісом між швидкодією та якістю.

Метод Фонга [1-8], який є подальшим розвитком ідеї інтерполяції, застосовує інтерполяцію не яскравості, а нормалей у вершинах полігонів. Для кожного пікселя обчислюється освітлення, враховуючи дифузну, дзеркальну та фонову складові. Такий підхід забезпечує точнішу передачу світлотіньових переходів, реалістичні блиски та плавне відображення кривизни поверхні. Недоліком методу є суттєве зростання обчислювальних витрат, адже для кожного пікселя виконується розрахунок освітлення, що потребує більшої кількості операцій. Залежно від складності сцени, час рендерингу може становити від 7 до 10 мс, а при великій кількості джерел світла — до 15 мс [4]. Тому метод Фонга доцільно застосовувати для офлайн-візуалізації або високоякісного рендерингу, де швидкість не є критичною.

Модель Блінна-Фонга [1-5] є оптимізованою модифікацією класичного методу Фонга. Вона спрощує розрахунок дзеркальної складової, замінюючи обчислення кута між напрямом спостереження та відбитим променем на піввектор, що розташований між напрямом на джерело світла і напрямом на спостерігача. Це

зменшує кількість операцій, необхідних для розрахунку, і дозволяє прискорити процес рендерингу на 15–25 % без помітної втрати якості зображення. У сучасних графічних рушіях цей метод використовується найчастіше, оскільки забезпечує баланс між точністю та швидкістю. Згідно з дослідженнями Романюка О. Н. [1], застосування моделі Блінна-Фонга на GPU з архітектурою RTX забезпечує до 120 кадрів за секунду при відтворенні сцен середньої складності.

Метод Кука-Торренса [6] належить до фізично обґрунтованих моделей освітлення, які враховують мікрофасетну структуру поверхні. У цій моделі комбінуються дифузна і дзеркальна компоненти, модифіковані коефіцієнтами геометричного затінення та дзеркального розсіювання. Завдяки цьому забезпечується високий рівень реалізму зображення, однак витрати часу на обчислення істотно зростають. За результатами моделювання у середовищі Unity HDRP, середній час формування сцени з тисячею полігонів становить від 15 до 20 мс, що робить метод менш придатним для інтерактивних систем, але ідеальним для кінематографічних візуалізацій [5].

Вибір методу формування освітлення залежить від контексту використання. Для інтерактивних додатків, ігор або навчальних симуляторів доцільно застосовувати методи Гуро або Блінна-Фонга, оскільки вони забезпечують достатній рівень реалістичності при невеликому навантаженні на апаратну частину. Для задач наукової візуалізації, архітектурного рендерингу або кінематографії, де важливе точне відтворення світла, віддають перевагу методам Фонга або Кука-Торренса.

Важливим аспектом є також апаратна реалізація. Завдяки розвитку графічних процесорів [3] останніх поколінь, зокрема NVIDIA RTX, AMD RDNA і Intel Arc, обчислення освітлення можуть виконуватись паралельно для тисяч пікселів. Це суттєво зменшує різницю у швидкодії між простими та складними моделями освітлення. За даними [4], застосування шейдерних програм на базі GLSL дозволяє реалізувати метод Фонга з продуктивністю, порівнянню з Гуро на старших GPU покоління Pascal, що відкриває нові можливості для навчальних і наукових проєктів. Разом з тим для мобільних і вбудованих систем питання оптимізації залишається актуальним, тому в таких випадках перевага віддається спрощеним моделям.

Сучасні тенденції у комп'ютерній графіці передбачають використання гібридних або адаптивних систем освітлення. Наприклад, у середовищах Unity HDRP або Unreal Engine 5 використовується динамічне перемикавання між моделями Фонга, Блінна-Фонга та Кука-Торренса залежно від складності сцени й потужності графічного адаптера. Це дає змогу забезпечити стабільну частоту кадрів без втрати візуальної якості.

Таким чином, аналіз показує, що збільшення точності освітлення та згладжування поверхонь безпосередньо веде до зростання часу формування графічної сцени. Метод Ламберта забезпечує мінімальний час обробки, але низьку якість. Метод Гуро покращує плавність відтворення при помірних обчислювальних витратах. Метод Фонга дає найреалістичніше освітлення, але потребує значних ресурсів. Модель Блінна-Фонга забезпечує оптимальний баланс, тоді як Кук-Торренс використовується для максимальної точності в науковій та кінематографічній графіці. Подальший розвиток технологій трасування променів і штучного інтелекту дозволить створювати адаптивні рендерингові системи, що автоматично обиратимуть оптимальний метод освітлення залежно від умов і ресурсів системи [6; 7].

Список використаних джерел

- [1] Романюк О. Н., Романюк О. В., Чехместрук Р. Ю. Комп'ютерна графіка: електронний навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2023.
- [2] Romanyuk O. N., Zavalniuk Y., Snigur A., Romanyuk O. V., Titova N., Maidaniuk V. The Development of Physically Correct Reflectance Model Based on Logarithm Function. 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2023, 21-23 September 2023. 2023. Pp. 483–487.
- [3] Романюк О.Н., Черняк О.І., Майданюк В.П., Дембіцький О.О. Реалізація зафарбовування в GPU. Технологія-2025: матеріали міжн. наук.-практ. конф. 23 травня. 2025 р., м. Київ. / укладач Є. І. Зубцов – Київ : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2025. – С. 216-217.
- [4] Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering. CRC Press, 2021.
- [5] Blinn J. F. Models of light reflection for computer synthesized pictures. SIGGRAPH, 1919.
- [6] Cook R. L., Torrance K. E. A reflectance model for computer graphics. ACM Transactions on Graphics, 2020.
- [7] Foley J., van Dam A., Feiner S., Hughes J. Computer Graphics: Principles and Practice. Addison-Wesley, 2020.
- [8] Romanyuk O. N., Romanyuk O. V., Chekhmestruk R., Mykhaylov P., Maidaniuk V., Korobeinikova T. The Concept and Means of Adaptive Shading. 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2022, 26-28 September 2022. 2022. pp. 33-38.

РОМАНЮК¹ О.Н.,
МАЙДАНЮК¹ В.П.,
МЕЛЬНИК¹ А.В.

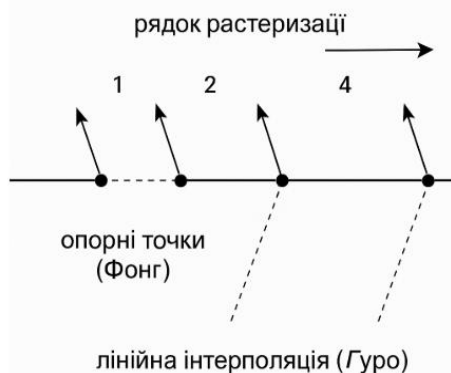
КОМБІНУВАННЯ МЕТОДІВ ГУРО ТА ФОНГА ПРИ ФОРМУВАННІ ТРИВИМІРНИХ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Анотація: розглянуто комбінування методів освітлення й затінення поверхонь – класичного затінення Гуро та затінення Фонга – як інтегрованого підходу до підвищення якості візуалізації тривимірних об'єктів. Проаналізовано теоретичні основи кожного методу, їх переваги та обмеження, а також запропоновано гібридну стратегію використання затінення Гуро для базового швидкого обчислення кольору з подальшим підключенням затінення Фонга на критичних ділянках, наприклад з інтенсивними бликами або складною геометрією, з метою оптимізації балансу між продуктивністю та якістю.

Ключові слова: затінення поверхні, затінення Гуро, затінення Фонга, інтерактивна графіка, шейдери, нормалі поверхні, апаратне прискорення, блики, продуктивність, візуальна якість

Сучасна тривимірна графіка висуває високі вимоги до якості та продуктивності відтворення поверхонь та освітлення [1-6]. Метод Гуро передбачає обчислення інтенсивності світла у вершинах полігону і подальшу лінійну інтерполяцію цих значень усередині полігону. Метод Фонга [2-6] натомість передбачає інтерполяцію нормальних векторів у межах полігону і обчислення освітлення вже на рівні кожного пікселя. Обидва методи мають свої переваги та недоліки. Гуро забезпечує високу продуктивність, тоді як Фонг дає більш якісні бликові ефекти та гладкі поверхні, але потребує значно більшої обчислювальної потужності. Комбінований підхід дозволяє оптимально поєднати їхні переваги, використовуючи Гуро для загального затінення сцени, а Фонга – для ділянок, де критично важлива деталізація та правильне відображення бликів.

Комбінований підхід (рис. 1), у якому вздовж кожного растрезаційного рядка або фрагментного тракту визначаються опорні пікселі з точним розрахунком освітлення за Фонгом, а проміжні значення відновлюються інтерполяцією інтенсивностей за Гуро, дає керований компроміс між якістю й продуктивністю.



Ідея полягає в тому, щоб виконувати ресурсоємні обчислення лише в тих точках, де зміна яскравості зумовлена швидкою варіацією нормалі або наявністю бликової складової, а на ділянках плавної поведінки сигналу покладатися на лінійну інтерполяцію кольорів. Для кожного полігону під час растрезації будуватиметься множина опорних пікселів на рядку з кроком, що динамічно залежить від локальної кривизни освітленості. Кривизну доцільно оцінювати не геометрично, а фотометрично, наприклад за приростом дифузної та бликової компонент між сусідніми кандидатами опорної точки і попереднім опорним пікселем. Якщо прогнозований приріст яскравості перевищує поріг, що задає допустиму похибку, поточний піксель фіксується як опорний і для нього запускається повний обчислювальний шлях Фонга з інтерполяцією нормалі, нормуванням, оцінкою дифузної та бликової частин і тонуванням матеріалу. Якщо ж зміна яскравості нижча за поріг, крок збільшується і проміжні пікселі між двома опорними отримують значення через інтерполяцію інтенсивностей у стилі Гуро. Така схема мінімізує кількість виконаних ресурсоємних операцій, зокрема нормалізації вектора та степеневого піднесення у бликовому члені, і водночас зберігає точність там, де проста інтерполяція кольору традиційно дає невірний результат, наприклад на вузьких спекулярних плямах або на ребрах зі змінною кривизною.

Алгоритм роботи на рівні рядка доцільно описати як цикл зі збільшуваним кроком. На вході маємо відсортовані за x пікселі покриття полігону, інтерпольовані по вершинах атрибуту, зокрема нормалі у вершинах,

координати освітлення та параметри матеріалу. Перший піксель рядка позначається як опорний і для нього виконується повний розрахунок за Фонгом з інтерпольованою нормаллю. Далі крок початково дорівнює одиниці й збільшується, поки оцінка похибки не перевищить порогового значення. Оцінка може будуватися двома взаємодоповнювальними способами. Перший спосіб використовує фотометричну якість: швидко обчислюється простий предиктор яскравості в кінцевій точці кроку за Гуро, після чого проводиться контрольний повний розрахунок Фонга в тій самій точці, і порівнюється різниця двох значень. Якщо різниця нижча за поріг, проміжні пікселі між двома опорними отримують інтенсивності лінійною інтерполяцією кольорів; якщо вища, крок ділиться навпіл, і перевірка повторюється до виконання критерію або досягнення мінімального кроку.

Другий спосіб простий і унікає дубльованих обчислень: замість контрольного перерахунку застосовується аналітичний предиктор варіації освітленості, який використовує похідні інтерпольованих нормалей по x , наближено оцінює зміну косинуса між нормаллю та напрямком до джерела і зміну косинуса між відбитим вектором та напрямком на спостерігача. Такий предиктор дозволяє завчасно класифікувати ділянки як гладкі або потенційно блисківі і зменшувати або збільшувати крок без повного перерахунку. На практиці комбінують обидва підходи, використовуючи предиктор для первинного вибору кроку і рідкісну перевірку реальним розрахунком у вузьких зонах ризику.

Критерії вибору опорних точок можна адаптувати до матеріалу. Для матових поверхонь поріг помилки збільшують і дозволяють крупніші інтервали, оскільки дифузна складова змінюється повільно. Для глянцевиx і металевих матеріалів поріг зменшують, а предиктор акцентують на блисківій складовій, оскільки там похибка інтерполяції кольорів призводить до втрати блисків або їх зсуву. Придатним інваріантним евристичним показником є величина, пропорційна добутку оцінки кривизни нормалі та локального показника блиску, який задається силою блисківій складової і показником ступеня. Чим більший цей показник, тим меншим має бути крок і тим частіше слід розмішувати опорні пікселі з повним розрахунком.

У реалізації на сучасному графічному процесорі алгоритм органічно вкладається у фрагментний шейдер без розриву конвеєра. Дві стратегії є практичними. Перша, суто растеризаційна, використовує маску опорних пікселів, яка генерується в геометричному або мозаїчному шейдері на основі предиктора варіації, а у фрагментному шейдері гілка з повним шляхом Фонга виконується тоді, коли маска дорівнює одиниці. Для пікселів без маски обчислюється лише лінійна інтерполяція кольору між найближчими опорними, що досягається завдяки збереженню кольору у двох останніх опорних пікселях у буфері або через невеликий одновимірний кеш уздовж рядка, організований за допомогою спільної пам'яті групи ниток. Друга стратегія спирається на подвійний прохід. На першому проході шейдер маркує і обчислює опорні пікселі за Фонгом і записує їх значення у допоміжну текстуру з прапорцями. На другому проході легкий шейдер відновлює кольори для немаркованих пікселів, інтерполюючи значення між найближчими опорними по x . Другий підхід простіший для налагодження, підтримує адаптивні кроки, але додає один фреймбуферний прохід; перший більш ефективний з погляду пропускнув здатності, зате потребує акуратного групування пікселів і векторизації умовних гілок, щоб уникати дивергенції.

Питання згладжування меж між режимами вирішується введенням м'якої зони змішування. На невеликому інтервалі поблизу опорного пікселя виконується обчислення і за Фонгом, і за Гуро, а фінальний колір отримується плавним змішуванням з ваговою функцією, що залежить від відстані до опорної точки. Це прибирає видимі стрибки на переходах навіть при різких змінах кроку. Додатково рекомендується вмикати мультисемплінг для вузьких блисків і використовувати корекцію гамми під час інтерполяції, оскільки лінійна інтерполяція у нелінійному колірному просторі знижує контрасти.

Складність алгоритму в середньому лінійна відносно кількості пікселів, але з меншим коефіцієнтом перед n порівняно з повним Фонгом. Практично корисно оцінювати частку опорних пікселів. На матових сценах ця частка може бути однозначно малою, що наближає витрати до Гуро, у той час як на глянцевиx кадрах зі складними відбиттями вона росте, але залишається помірною завдяки локальності блисків. Внутрішня модель керування кроком має включати верхню і нижню межі, щоб уникати як надто великих інтервалів у разі грубих предикторів, так і надмірно дрібних кроків у патологічних зонах, де все одно краще тимчасово перейти на суцільний Фонг.

Взаємодія з нормал мепами та паралакс МЕПом потребує окремої уваги. Оскільки нормалі з текстури здатні сильно змінюватися між сусідніми пікселями, предиктор слід розраховувати у текстурному просторі з урахуванням градієнтів вибірки, які доступні у фрагментному шейдері. Якщо оцінений градієнт нормалі перевищує поріг, крок примусово зменшується або ділянка переводиться в режим суцільного Фонга. Для паралакс методів важливо, що геометричний зсув текстурних координат при великих кутах огляду ускладнює інтерполяцію кольору; у таких випадках обмежують довжину інтервалів або вмикають локальне двопрхідне

відновлення з лінійною інтерполяцією не кольору, а параметрів матеріалу, після чого виконується спрощений локальний перерахунок.

З погляду якості зображення доцільно аналізувати три типи похибок. Перша, фазова, проявляється як зсув положення блиску відносно істинного максимуму при надто великих інтервалах; її мінімізують зменшенням кроку у зонах малої різниці кутів між відбитим вектором і напрямком на спостерігача. Друга, амплітудна, є недооцінкою пікової яскравості при лінійній інтерполяції кольору; її контролюють предиктором на основі експоненти блиску, що швидко сигналізує про потенційний провал. Третя, структурна, з'являється на межах полігонів і у місцях зміни топології покриття; її згладжують окремою постпроцедурою, наприклад коротким одноітераційним фільтром по рядку з вагою, що нульова на опорних точках і позитивна на проміжних.

Для інтеграції в ігровий рушій рекомендується на рівні налаштувань сцени виставляти профілі якості. Профіль економний збільшує пороги похибок, використовує лише предиктор без контрольних перерахунків і обмежує частку опорних пікселів зверху. Профіль збалансований тримає помірні пороги і вмикає перевірки у зонах, позначених картами блиску або кривизни. Профіль пріоритет якості зменшує пороги, вводить м'які зони змішування більшої ширини і допускає локальні ділянки суцільного Фонга. В усіх профілях потрібен телеметричний збір статистики, зокрема середньої довжини інтервалів, частки опорних точок, питомих витрат на піксель і частоти кадрів, щоб адаптація працювала саморегульовано.

Таким чином, гібрид уздовж рядка, де опорні пікселі рахуються за Фонгом, а проміжні заповнюються за Гуро, формує практичний, локально адаптивний компроміс. Він відтворює блиски з правильною формою і положенням там, де це важливо, і водночас знижує загальну вартість рендерингу за рахунок дешевої інтерполяції у переважній частині пікселів. На відміну від грубих схем перемикавання на рівні цілих об'єктів або полігонів, варіант по рядку працює у найдрібнішому просторі, що підвищує стабільність візуального результату при русі камери і світла. Для матеріалів з високим блиском, тонкими відблисками і вираженою мікрогеометрією така стратегія особливо вигідна; для матових поверхонь вона непомітно збігається з Гуро і забезпечує максимально можливий приріст продуктивності. Якщо потрібно, я можу додати компактну референсну реалізацію фрагментного шейдера з предиктором і маскою опорних пікселів у вигляді зручного для вставки коду.

Список використаної літератури

1. Романюк О. Н., Ляшенко Ю. Л., Гончарук О. П., «Метод розпаралелення процедури зафарбовування в системах комп'ютерної графіки», Наукові праці ДонНТУ, Вип. 11 (164), 2010, с. 129-132.
2. Romanyuk O. N., Lyashenko Y. L., Melnik A. V., Goncharuk A. P., "Effective Models for the Specular Color Constituent Computing", Journal of Computer Science and Engineering, vol. 2, no. 2, pp. 25-29, 2010. O. Romanyuk, Y. Zavalniuk, "Deep learning-based determination of optimal triangles number of graphic object's polygonal model", CEUR-WS Proceedings, 2023.
3. Romanyuk O., Lytvynenko V., Zavalniuk Y. "Modified cosine-quadratic reflectance model," Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska (IAPGOS), 14(1), 2025.
4. Romanyuk O., Zavalniuk Y., Pavlov S., Chekhmestruk R., Bondarenko Z., Koval T., Kalizhanova A., Iskakova A. "New surface reflectance model with the combination of two cubic functions usage," IAPGOS, 13(3): 101–106, 2023. DOI: 10.35784/iapg.5327.
5. Romanyuk O., Zavalniuk Y., Romanyuk O., Snigur A., Titova N., Maidaniuk V. "The Development of Physically Correct Reflectance Model Based on Logarithm Function," 2023 13th Int. Conf. on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), pp. 483–487, 2023.
6. Romanyuk O., Romanyuk O., Dudnyk O., Snigur A., Reyda O., Romanyuk S. "Global Lighting Based on Functionally Defined Surfaces and Voxels in Real Time Using a GPU," 2021 11th Int. Conf. on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), pp. 153–158, 2021.

РОМАНЮК О.Н.

МЕЛЬНИК А.В.

РОМАНЮК О.В.

Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИ СПРОЩЕННЯ РЕНДЕРИНГУ ФОНГА

Анотація. Розглянуто напрямки спрощення методу Фонга для задач рендерингу у реальному часі. Проаналізовано основні джерела обчислювальної складності класичної моделі, визначено напрямки оптимізації

Ключові слова: метод Фонга, Блін-Фонг, рендеринг, спрощення обчислень, освітлення, нормалі, specular-модель.

Метод Фонга [1-9], запропонований ще у 1970-х роках, став класичною основою для моделювання локального освітлення в комп'ютерній графіці. Його популярність пояснюється тим, що він забезпечує плавні переходи освітленості, правдоподібні відблиски та збереження відчуття кривизни поверхні навіть у разі використання моделей з невеликою кількістю полігонів [1]. Однак базова формула Фонга досить ресурсомістка, оскільки потребує детального обчислення нормалей у фрагментному шейдері, нормалізації векторів та піднесення значень до високого степеня. У сучасних системах, особливо мобільних, це стає помітним обмеженням, що й зумовлює активний пошук підходів до спрощення моделі.

Класична модель Фонга складається з трьох компонент: фонові (ambient), дифузної (Lambert) та дзеркальної (specular). Дзеркальна складова є найбільш затратною, оскільки потребує обчислення вектора відбиття R . Її класична формула має вигляд:

$$R = 2 (N \cdot L) N - L,$$

де N – нормаль поверхні, L – напрям до джерела світла.

Далі обчислюється інтенсивність відблиску:

$$I_{\text{spec}} = (R \cdot V)^n,$$

де V – напрям на камеру, n – показник блиску. З погляду обчислень саме піднесення до степеня є найбільш складною операцією [2].

Одним із найбільш ефективних напрямів оптимізації стало використання моделі Бліна-Фонга, яка уникнула потреби обчислювати вектор відбиття. Замість R застосовується так званий half-vector – нормалізована сума напрямку на світло та напрямку на спостерігача:

$$H = \text{normalize}(L + V).$$

Дзеркальна компонента у цьому разі визначається спрощеною формулою:

$$I_{\text{spec}} = (N \cdot H)^n.$$

Ця заміна суттєво зменшує кількість обчислень в шейдері й стала стандартним рішенням у графічних рушіях до впровадження фізично коректного рендерингу (PBR) [3].

Іншим способом прискорення є перехід від обчислювальних операцій до табличних. Зокрема, значення степеня для дзеркальної компоненти можна попередньо зберігати у вигляді одновимірної текстури (Lookup Table). При цьому система замість обчислення складних степеневих функцій виконує лише звернення до текстури, що значно спрощує рендеринг у реальному часі. Такий підхід активно застосовується у платформно обмежених системах (мобільні GPU, VR-пристрої, low-end-графіка) [4].

Важливою частиною оптимізації є робота з нормаллями. У класичному методі Фонга кожна нормаль повинна бути нормалізована у фрагментному шейдері, що включає операцію обчислення квадратного кореня. Щоб зменшити навантаження, застосовують такі підходи:

1. Швидка апроксимація нормалізації (fast inverse square root).
2. Нормалізація у вершинному шейдері з подальшою інтерполяцією майже нормалізованих нормалей.
3. Компресія нормалей у 2D-координати (октаедральне або сферичне кодування).

Завдяки цьому знижується кількість операцій з плаваючою комою та скорочується використання пропускну здатності пам'яті [5].

Суттєвою проблемою класичної моделі є залежність складності від кількості джерел світла. Кожне світло вимагає обчислення своїх дифузних та дзеркальних компонент. Щоб уникнути цього, запропоновані такі методи спрощення:

обмеження кількості «активних» світел; попереднє згортання кількох джерел у карти освітлення; – використання сферичних гармонік для складного оточуючого освітлення; – застосування кубічних карт для відображення довкілля.

Такі методи дозволяють зберегти візуальну якість без необхідності виконувати класичний Фонг для кожного світла окремо [6].

Цікавою є також адаптація спрощеного Фонга для стилізованого рендерингу. У таких випадках замість точних обчислень дзеркальної компоненти використовуються порогові або сегментовані функції. Хоча результат є менш фізично точним, він часто виглядає природно та візуально привабливо для мультяшних, анімаційних і VR-сцен.

У контексті сучасних графічних систем метод Фонга розглядається як попередник фізично обґрунтованих BRDF-моделей (GGX, Beckmann). Проте для систем з обмеженими ресурсами він досі залишається актуальним завдяки можливості масштабування складності. Сучасні реалізації поєднують класичні ідеї Фонга з адаптивними шейдерами: використанням LUT-множників, оптимізованих нормалей,

мінімалістичних моделей освітлення та алгоритмів раннього відсіювання фрагментів. Це дає змогу отримати добрий баланс між швидкодією та якістю відображення у реальному часі [7].

Узагальнюючи, спрощення методу Фонга охоплює:

- редукцію складних векторних операцій;
- заміну степеневих залежностей табличними або поліноміальними;
- оптимізацію нормалей та їх подання;
- зменшення кількості освітлювальних розрахунків;
- адаптацію моделі під архітектуру GPU різних поколінь.

У таблиці наведено характеристику основних методів спрощення

Метод	Суть спрощення	Ефект
Модель Блін–Фонга	Використання half-vector замість R	Значне прискорення specular
Lookip-таблиці (LUT)	Заміна степеневих функцій текстурою	Швидке вибирання значень
Апроксимація нормалей	Замість точного normalize — швидкі алгоритми	Менше операцій з плаваючою комою
Компресія нормалей	Заміна 3D нормалей на 2D кодування	Менше пам'яті, краща швидкодія
Обмеження світел	Менше обчислень для кожного джерела	Підвищення FPS
Стилізовані освітлювальні моделі	Toon/threshold для specular	Для low-poly та NPR-сцен

Метод Фонга зберігає актуальність і широко застосовується в ігровій індустрії, AR/VR, мобільній графіці та навчальних системах рендерингу.

Список використаної літератури

1. Pharr M., Jakob W., Humphreys G. *Physically Based Rendering: From Theory to Implementation*. 4th ed. MIT Press, 2023.
2. Shirley P., Ashikhmin M., Marschner S. *Fundamentals of Computer Graphics*. 5th ed. CRC Press, 2021.
3. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. *Real-Time Rendering*. 4th ed. CRC Press, 2021.
4. McGuire M., Mara M. Efficient GPU Techniques for Real-Time Rendering. *Journal of Computer Graphics Techniques*, 2022.
5. Evans A., Lake A. Normal Encoding for Real-Time Shading. *ACM SIGGRAPH Courses*, 2023.
6. Keller A., Wald I. Global and Local Illumination in Real-Time Graphics. *Computer Graphics Forum*, 2024.
7. Романюк О. Н., Романюк О. В., Чехмestрук Р. Ю. *Комп'ютерна графіка : навчальний посібник*. — Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2022. — 141 с.
8. Романюк О. Н., Кателініков Д. І., Косовець О. П. *Веб-дизайн і комп'ютерна графіка : навчальний посібник*. — Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2007. — 142 с.
9. Романюк О. Н. «Програмно-апаратна реалізація рендерингу ...» // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, 2007, №2, с.72-75. old-pratsi.op.edu.ua

РОМАНЮК О.Н.,
МАЙДАНЮК В.П.,
НЕЧИПОРУК М.Л.,
БАБІЙ Б.В.

Вінницький національний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ КОДУВАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Анотація: Розглянуто сучасні напрями розвитку методів кодування графічних зображень, зокрема перехід від класичних алгоритмів JPEG і вейвлет-перетворень до навчено-визначених моделей, заснованих на глибинних нейронних мережах. Проаналізовано концепції «кодування для машин» і гібридних підходів, які поєднують оптимізацію для людського сприйняття та автоматичного аналізу. Показано, що нові методи формують основу для інтелектуального стиснення зображень.

Ключові слова: кодування зображень, глибинне навчання, нейронні мережі, кодування для машин, стиснення даних, штучний інтелект.

Кодування графічних зображень сьогодні перебуває на етапі глибокої трансформації, що обумовлена стрімким розвитком штучного інтелекту, розширенням сфер використання цифрових зображень, появою технологій інтернету речей і хмарних сервісів. Класичні методи, зокрема дискретне косинусне перетворення (DCT) і вейвлет-кодування, які лежали в основі JPEG та JPEG2000, мали значні досягнення, але поступово

вичерпали свій потенціал. Їхні головні недоліки — фіксованість структури перетворень, слабка адаптивність до складних статистичних властивостей даних і орієнтація виключно на сприйняття людиною. В умовах, коли обсяг візуальних даних зростає експоненційно, а значна частина цих даних обробляється не людиною, а машиною, виникає потреба в принципово нових методах кодування, що враховують семантичну інформацію, контекст і цільове застосування [1].

Одним із найперспективніших напрямів є навчено-визначене кодування, яке базується на використанні глибинних нейронних мереж. Цей підхід передбачає заміну традиційних блоків перетворення, квантування та ентропійного кодування на єдину енд-ту-енд модель, яка навчається оптимізувати весь процес стискання і відновлення зображень. На відміну від фіксованих алгоритмів, нейромережа самостійно виявляє корисні закономірності у даних і формує латентне представлення, що мінімізує втрати інформації. Як показують дослідження Huang та Wu [1], такі моделі перевершують традиційні схеми за показниками ефективності при низьких бітрейтах. У роботі Jamil і співавторів [3] наведено систематичний аналіз автоенкодерів, варіаційних автоенкодерів та генеративних мереж для кодування, які оптимізуються за критерієм балансу між спотворенням і розміром файлу. Сучасні методи також враховують додаткові фактори, як-от продуктивність подальшого машинного аналізу, що формує нову концепцію “rate–task optimization”.

Окремим напрямом розвитку є кодування для машин. Традиційно зображення кодувалися з орієнтацією на візуальне сприйняття людиною, проте сьогодні дедалі частіше кінцевим споживачем інформації виступає штучна система — алгоритм розпізнавання, сегментації чи класифікації. Концепція, описана у працях Li та колег [2], передбачає створення універсального потоку даних, який може бути декодований як людиною, так і машиною, або ж спеціалізованих форматів для автоматичного аналізу. MPEG VCM (Video Coding for Machines) та JPEG AI є прикладами нових стандартів, які розвивають ці підходи. Як зазначають Duan і співавтори [4], таке кодування дозволяє суттєво зменшити обсяг переданої інформації, оскільки зображення не потрібно повністю декодувати для виконання аналітичних завдань. Наприклад, система може витягувати необхідні ознаки без повного відтворення текстури або кольору, що знижує навантаження на канали зв'язку та обчислювальні ресурси.

Важливою тенденцією є розвиток нових структур представлення зображень. Замість жорстко визначених перетворень, таких як DCT чи вейвлети, використовуються латентні простори, які формуються у процесі навчання нейронної мережі. Liu та колеги [6] запропонували поєднання згорткових мереж і трансформерів для глибокого кодування, що дає змогу зберігати як локальні, так і глобальні ознаки зображення. Генеративні моделі, зокрема дифузійні мережі та GAN, здатні відновлювати дрібні деталі навіть при значному стисканні, коли передаються лише семантичні представлення або контурна інформація. Це забезпечує ефективне відтворення складних сцен при мінімальному обсязі даних.

Сучасні дослідження також спрямовані на кодування в умовах обмежених ресурсів. Зростання кількості мобільних пристроїв, дронів і систем інтернету речей потребує енергоефективних методів із низькою затримкою. Стандарт JPEG XS забезпечує стиснення у реальному часі без значних втрат якості, що робить його придатним для медичних, промислових і відеоконференційних систем. Як зазначає Huang у своїй роботі [5], такі технології дозволяють впроваджувати адаптивні алгоритми розподілу бітів, що надають перевагу важливим регіонам — обличчям, об'єктам чи зонам руху — водночас зменшуючи роздільну здатність малозначущих ділянок. Таким чином, досягається баланс між ефективністю та інформативністю.

Ще одним важливим аспектом є захист конфіденційності. У роботі Li та співавторів [2] наголошується, що нові кодери можуть виконувати часткове шифрування або обмежене відновлення даних, запобігаючи розпізнаванню особи чи приватних об'єктів, залишаючи при цьому можливість аналітичної обробки. Такі методи особливо важливі у медичній сфері, де потрібно забезпечити анонімність пацієнтів, і водночас надати можливість аналізу структурних даних. Крім того, зображення дедалі частіше містять метадані, водяні знаки та інші засоби контролю автентичності, які також вимагають оптимізованого кодування.

Для реалізації сучасних методів кодування графічних зображень використовуються спеціалізовані апаратні засоби, орієнтовані на прискорення нейронних обчислень і паралельну обробку даних. Найчастіше це графічні процесори (GPU) компаній NVIDIA, AMD і Intel, які забезпечують масову паралельність і оптимізовані бібліотеки для реалізації автоенкодерів, трансформерів і генеративних мереж. У промислових системах застосовуються також тензорні процесори (TPU), створені компанією Google для прискорення моделей машинного навчання, і нейромережеві прискорювачі (NPU), що інтегруються в мобільні платформи Qualcomm Snapdragon, Apple Neural Engine або Huawei Ascend. Для енергоефективних систем на рівні пристроїв інтернету речей використовують FPGA-плати, які дозволяють реалізувати оптимізовані конвеєри кодування з низьким енергоспоживанням і мінімальною затримкою. У високопродуктивних середовищах (сервери, хмарні сервіси, дата-центри) поширені багатопроесорні вузли з підтримкою апаратного прискорення квантування, векторизації

та змішаних обчислень з плаваючою точкою. Також активно впроваджуються спеціальні ASIC-чипи, розроблені для апаратної реалізації кодеків JPEG XS, JPEG AI і MPEG VCM, що забезпечують швидке стиснення у реальному часі. Комбінація GPU, TPU, FPGA та ASIC дозволяє досягти оптимального балансу між точністю, швидкодією та енергетичною ефективністю при виконанні складних алгоритмів кодування зображень.

Головними викликами залишаються висока обчислювальна складність і питання стандартизації. Глибинні моделі вимагають значних обчислювальних ресурсів, тому активно досліджуються шляхи зменшення їхньої складності, зокрема за рахунок оптимізації ваг, квантування параметрів і використання апаратних прискорювачів. Перспективним напрямом є поєднання глибинного навчання з класичними перетвореннями — гібридні методи, які дозволяють одночасно зберегти швидкодію і підвищити якість. Duan та Huang [4] підкреслюють, що майбутнє належить системам спільної оптимізації, де процеси кодування та розпізнавання інтегруються у єдину архітектуру.

Таким чином, сучасне кодування графічних зображень розвивається у напрямі глибокої інтелектуалізації. Воно стає не просто технікою зменшення обсягу даних, а частиною системного підходу до аналізу, зберігання і передавання візуальної інформації. Нові стандарти JPEG AI і MPEG VCM формують основу для ери машинно-орієнтованого стиснення, де головною метою є не лише економія пам'яті, а й забезпечення сумісності з аналітичними процесами штучного інтелекту. Це відкриває широкі перспективи для застосування в медицині, промисловості, транспорті, кібербезпеці та віртуальній реальності, роблячи кодування ключовим елементом цифрової екосистеми [1–6].

Список використаних джерел

- [1] Huang C.-H., Wu J.-L. Unveiling the Future of Human and Machine Coding: A Survey of End-to-End Learned Image Compression. *Entropy*. Vol. 26, No. 5, 2024. DOI: 10.3390/e26050357.
- [2] Li H., Zhang X., Wang S., Wang S., Pan J. Human-Machine Collaborative Image and Video Compression: A Survey. *APSIPA Transactions on Signal and Information Processing*. Vol. 13, e502, 2024. DOI: 10.1017/ATSIP.2024.52.
- [3] Jamil S., Piran M. J., Rahman M. U. Learning-Driven Lossy Image Compression: A Comprehensive Survey. *arXiv preprint*, arXiv:2201.09240, 2022.
- [4] Duan L., Liu J., Yang W., Huang T., Gao W. Video Coding for Machines: A Paradigm of Collaborative Compression and Intelligent Analytics. *IEEE Transactions on Image Processing*. Vol. 29, pp. 8680–8695, 2020. DOI: 10.1109/TIP.2020.3016485.
- [5] Huang C.-H., Wu J.-L. A Survey of End-to-End Learned Image Compression. *PubMed*, 2024. PMID: 38785606.
- [6] Liu J., Sun H., Katto J. Learned Image Compression with Mixed Transformer-CNN Architectures. *Proceedings of ICIP 2023*. IEEE, 2023. DOI: 10.1109/ICIP2023.10368721.

РОМАНЮК¹ О. Н.
ПОЙДА² С. А.
РОМАНЮК¹ О. В.
КОВАЛЬОВА³ Ю. А.
КУЦИН С. О.

¹Вінницький національний технічний університет

²КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти»

³Smart Alpaca LLC (USA)

РОЛЬ КОНКУРСУ З КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ТА ВЕБ-ДИЗАЙНУ У ФОРМУВАННІ ТВОРЧОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ КУЛЬТУРИ МОЛОДІ

Анотація Конкурс з комп'ютерної графіки та веб-дизайну у Вінницькому національному технічному університеті є важливим чинником розвитку творчого потенціалу, технічних навичок і естетичного мислення молоді. Захід поєднує навчання, самореалізацію та змагальність, сприяючи формуванню професійної культури та відповідального ставлення до результатів творчої діяльності. Його проведення підсилює інтерес до IT-спеціальностей і стимулює підготовку конкурентоспроможних фахівців.

Ключові слова: конкурс, комп'ютерна графіка, веб-дизайн

Конкурс з комп'ютерної графіки та веб-дизайну [1-6], який проводиться у Вінницькому національному технічному університеті, є важливою подією у виховному та освітньому процесі сучасної молоді. Це середовище, де поєднуються творчість, технологічна майстерність, інноваційність і командна взаємодія. Проведення такого заходу має не лише практичну, а й виховну мету - сприяє формуванню мислення майбутніх фахівців, які здатні гармонійно інтегрувати художнє бачення з інженерними підходами. Конкурс допомагає учасникам розкрити свій потенціал, навчитися візуалізувати ідеї, створювати проекти, що поєднують естетику й функціональність.

Участь у цьому заході стимулює розвиток ключових компетентностей, визначених сучасними освітніми стандартами - комунікаційних, інформаційно-цифрових, креативних і підприємницьких. Виконуючи конкурсні завдання, молодь опановує програмні інструменти, такі як Adobe Photoshop, Figma, Blender, HTML, CSS, JavaScript, і водночас розвиває аналітичне мислення, уміння планувати, орієнтуватися на потреби користувачів та дотримуватись принципів доступності. Конкурс є практичною лабораторією сучасного дизайну, у якій поєднано технічні знання, мистецьке бачення, елементи маркетингу та психології сприйняття/

Його виховний потенціал проявляється у кількох напрямках. По-перше, змагання сприяє становленню моральних і професійних цінностей - прагненню до розвитку, чесної конкуренції та самореалізації. Студенти навчаються конструктивно сприймати критику, аналізувати результати, вдосконалювати свої проекти, що формує відповідальність, наполегливість і працелюбність. По-друге, колективна робота над конкурсними роботами виховує командний дух, толерантність, уміння домовлятися та ефективно співпрацювати.

Значною перевагою конкурсу є його відкритість для різних рівнів освіти - від учнів до студентів університетів. Така взаємодія створює профорієнтаційне середовище, допомагає виявляти обдарованих молодих людей, знайомити їх з технологічними досягненнями та атмосферою університетського життя. Захід виступає своєрідним містком між загальною й вищою освітою, забезпечуючи безперервність у формуванні компетенцій майбутніх фахівців [3].

Поряд із технічними навичками конкурс сприяє розвитку естетичного сприйняття. Учасники навчаються поєднувати кольори, форму, композицію, працювати з простором і типографікою, що сприяє формуванню художнього мислення. Гармонійне поєднання технологічних засобів із естетичним баченням є важливим чинником підготовки сучасного дизайнера.

Окрім освітньої складової, конкурс має соціальне спрямування. Він популяризує академічну доброчесність, культуру оригінальності та поваги до інтелектуальної власності. Кожен учасник зобов'язаний створювати власні твори, дотримуючись правил авторського права, що виховує відповідальність і чесність у творчій діяльності.

Важливим аспектом є і розвиток соціальної активності. Підготовка до участі передбачає відвідування майстер-класів, вебінарів, воркшопів, що сприяє налагодженню контактів між молодими дизайнерами, обміну досвідом і залученню до професійної спільноти. Це створює мотивацію до подальшої творчості, участі у міжнародних конкурсах, розвитку власних проєктів і стартапів [5].

У професійному сенсі конкурс є платформою для практичного навчання. Його учасники здобувають реальні навички, створюють перші портфоліо, опановують роботу в команді. Багато з них у майбутньому стають фахівцями у сфері UI/UX-дизайну, веб-розробки чи цифрового маркетингу. Для університету це - свідчення результативності освітнього процесу й підготовки фахівців, здатних до самостійної реалізації знань.

Водночас конкурс сприяє формуванню гуманістичних цінностей. Часто його тематика стосується важливих соціальних питань - екології, інклюзії, збереження культурної спадщини, цифрової безпеки. Завдяки цьому молодь навчається використовувати графічні засоби для донесення важливих ідей, формує громадянську позицію та усвідомлення соціальної відповідальності.

Отже, конкурс з комп'ютерної графіки та веб-дизайну у Вінницькому національному технічному університеті - це не лише творче змагання, а комплексна освітньо-виховна ініціатива. Вона поєднує технологічний розвиток, художню культуру й моральні принципи, формуючи покоління молодих фахівців, здатних мислити креативно, діяти відповідально й творити інноваційне майбутнє [1-5].

Список літератури

1. Романюк О. Н., Кательніков Д. І., Косовець О. П. Веб-дизайн і комп'ютерна графіка : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2007. – 103 с.
2. Комп'ютерна графіка : навчальний посібник / Романюк О.Н. Романюк О.В., Чехмestрук Р. Ю. – Вінниця : ВНТУ
3. Романюк О.Н. , Мазур В.В. Роль конкурсів з веб-дизайну для студентів України. Інформаційні технології в освіті та науці: Збірник наукових праць IV міжнародної науково-практичної конференції (Запоріжжя Мелітополь, 20 травня 2025 р., МДПУ імені Богдана Хмельницького). Випуск 14. Запоріжжя: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2025. 378-381.
4. Романюк О.Н., Романюк О.В. Роль міжнародних конкурсів з комп'ютерної графіки для вдосконалення навичок у цифровому мистецтві. Професійна мистецька освіта : науково-методичні аспекти: матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції. 26-27.02 2025. К.: Міленіум, 2025 р. с.48-54.
5. Романюк О.Н., Пойда С.А., Бойко О.П., Величко Н.П., Коробейнікова Т.І. Особливості викладання комп'ютерної графіки. Intellektuelles Kapital - die Grundlage für innovative Entwicklung: Technik, Informatik,

Sicherheit, Verkehr, Physik und Mathematik, Biologie und Ökologie, Landwirtschaft. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft». Buch 6. Teil 4. 2021. pp.43-59

6. Організація та проведення міжнародного конкурсу з веб-дизайну та комп'ютерної графіки [Текст] / О. Н. Романюк, В. В. Войтко, С. А. Пойда, М. С. Ніколаєнко // Збірник доповідей міжнародної науково-технічної конференції «Комп'ютерна графіка та розпізнавання зображень». – 2019. – С. 130-132.

РУДЕНКО А.А.,
студент
АКСАК Н. Г.,
проф. каф. КІТС ХНУРЕ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АГЕНТ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТУ ДОСТАВКИ

Анотація: У тезі проаналізовано ключові виклики сучасної міської логістики, зокрема проблеми «останньої милі». Розглянуто архітектуру та принципи роботи інтелектуального агента, здатного до динамічної оптимізації маршрутів доставки в умовах постійно змінного міського середовища. Основний акцент зроблено на застосуванні методів машинного навчання, зокрема навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning), для аналізу даних у реальному часі (трафік, погодні умови, нові замовлення) та автономного прийняття рішень з метою мінімізації витрат, часу доставки та екологічного впливу транспортних операцій. Описано інтеграцію інтелектуального агента з системами великих даних і хмарними платформами, а також окреслено перспективи розвитку мультіагентних логістичних систем.

Ключові слова: інтелектуальний агент, оптимізація маршрутів, логістика, остання миля, машинне навчання, навчання з підкріпленням, задача комівояжера (VRP), динамічне планування, аналітика даних, мультіагентні системи.

Ефективність міської логістики, зокрема процесу доставки «останньої милі», є одним із визначальних чинників конкурентоспроможності у сферах e-commerce, ритейлу та сервісів on-demand. Стрімке зростання обсягів онлайн-торгівлі та кур'єрських послуг призводить до підвищення транспортного навантаження, збільшення витрат і погіршення екологічних показників. Це створює потребу у впровадженні гнучких, адаптивних систем управління транспортом, здатних ефективно реагувати на постійні зміни в міському середовищі. Традиційні статичні методи планування маршрутів, що базуються на класичній задачі комівояжера (Vehicle Routing Problem, VRP), виявляються недостатньо ефективними, оскільки не враховують динамічних чинників — заторів, погодних умов, змін у попиті чи появи термінових замовлень [1].

Основою запропонованого підходу є інтелектуальний агент — автономна програмна сутність, яка сприймає оточення, аналізуючи різноманітні дані (про трафік, погоду, замовлення, транспортний стан), та діє проактивно для досягнення визначеної мети — мінімізації часу доставки, витрат палива та підвищення точності виконання часових вікон. На відміну від традиційних централізованих систем, агент працює у моделі динамічної оптимізації [2], що дозволяє йому коригувати маршрут у реальному часі при зміні дорожніх умов або появи нових замовлень. Такий підхід забезпечує високу гнучкість та адаптивність, що є критично важливим для роботи в щільних міських середовищах із високим рівнем транспортної турбулентності.

Ключовим технологічним компонентом системи виступає машинне навчання, а саме — навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning, RL). У цій парадигмі агент розвиває оптимальну політику дій на основі симуляцій або історичних логістичних даних. Використовуючи алгоритми Q-learning, Deep Q-Networks (DQN) чи Actor-Critic моделі, агент навчається оцінювати довгострокову винагороду для кожного можливого рішення, балансуючи між короткостроковою ефективністю та глобальною оптимальністю. Це дозволяє системі враховувати фактори ризику, сезонність, зміни попиту й навіть людський фактор у поведінці кур'єрів. Додатково використовуються нейронні мережі для прогнозування заторів і часових затримок [3], що підвищує точність планування на 20–30% порівняно з класичними моделями VRP.

Ефективність агента значною мірою залежить від якісної інтеграції джерел даних. У практичних реалізаціях використовуються GPS-дані транспортних засобів, дані систем моніторингу трафіку (наприклад, через API Google Maps, Waze або TomTom), прогнози погодних умов, а також часові вікна доставки, задані клієнтами. Завдяки використанню аналітики великих даних (Big Data) та методів Data Mining система здатна виявляти закономірності в міському русі, прогнозувати «вузькі місця» на дорогах і перебудовувати маршрути ще до виникнення затримок [4]. У перспективних рішеннях також застосовується прогнозне моделювання попиту, що дозволяє оптимізувати не лише маршрути, а й планування завантаження складів чи розташування пунктів видачі замовлень.

З технічного боку архітектура інтелектуальної системи доставки базується на мікросервісному підході, що забезпечує масштабованість та надійність. Обробка великих масивів даних і тренування моделей машинного навчання виконуються у хмарному середовищі (AWS, Azure, Google Cloud), тоді як полегшені агенти працюють на периферійних пристроях — мобільних терміналах кур'єрів, навігаційних системах автомобілів або вбудованих IoT-модулях. Така розподілена архітектура мінімізує затримки передачі даних і дозволяє приймати рішення локально навіть при відсутності постійного зв'язку з сервером [5].

Впровадження інтелектуальних агентів у практику провідних компаній, таких як UPS, FedEx, DHL та Amazon Logistics, показало, що динамічна маршрутизація може скоротити загальний пробіг транспорту на 15–30%, зменшити споживання палива на 10–25% і підвищити точність доставки у визначені часові вікна на понад 20% [6]. Окрім економічного ефекту, такі рішення сприяють зниженню викидів CO₂, що є важливим аспектом сталого розвитку міських екосистем.

Подальший розвиток цього напрямку пов'язаний із створенням мультиагентних систем, у яких кілька агентів (кур'єрів, транспортних вузлів або складів) взаємодіють і координують свої дії, обмінюючись інформацією для досягнення глобальної оптимізації мережі доставки. Такі системи відкривають можливості для побудови самоорганізованих логістичних мереж, де рішення приймаються колективно, а не централізовано. Серед актуальних викликів залишаються проблеми «холодного старту» (навчання агентів за відсутності попередніх даних), забезпечення інтерпретованості моделей штучного інтелекту (Explainable AI), а також захисту персональних і транспортних даних у кіберпросторі.

Висновки. Інтелектуальні агенти з використанням навчання з підкріпленням підвищують ефективність міської логістики, забезпечуючи динамічну оптимізацію маршрутів у реальному часі. Інтеграція з великими даними та хмарними сервісами підвищує адаптивність системи, а результати впровадження підтверджують її економічну й екологічну доцільність. Подальші дослідження варто спрямувати на розвиток мультиагентних систем і підвищення безпеки моделей ШІ.

Список використаних джерел

1. Bosona, T. (2020). Urban Freight Last Mile Logistics—Challenges and Opportunities to Improve Sustainability: A Literature Review URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/21/8769>
2. Mohamed, A., Fri, M., Benmoussa, O., Rouky, R. (2025). A Deep Reinforcement Learning Framework for Last-Mile Delivery with Public Transport and Traffic-Aware Integration: A Case Study in Casablanca. URL: <https://www.mdpi.com/2412-3811/10/5/112>
3. Kadyrov, S., Azamov, A., Abdumajitov, Y., Turan, T. (2025). Deep reinforcement learning for dynamic vehicle routing with demand and traffic uncertainty. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214716025000272?via%3Dihub>
4. Sani Shuaibu., Sharif Mahmoud, A., Rahil Sheltami T. (2025). A Review of Last-Mile Delivery Optimization: Strategies, Technologies, Drone Integration, and Future Trends. URL: <https://www.mdpi.com/2504-446X/9/3/158>
5. Aslan Yıldız, Ö., Sarıççek, I., Yazıcı, A. (2025). A Reinforcement Learning-Based Solution for the Capacitated Electric Vehicle Routing Problem from the Last-Mile Delivery Perspective URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/3/1068>
6. Viu, M., Alvarez-Palau, E. (2020). The Impact of E-Commerce-Related Last-Mile Logistics on Cities: A Systematic Literature Review. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/16/6492>

РУДЕНКО М.І.

РОПАЛО Г.М.

ВСП ЗГФК НУ «Запорізька політехніка»

РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТІ

Анотація: стаття розглядає роль інформаційних технологій у сучасній освіті, їх вплив на методику навчання, організацію освітнього процесу та формування нових технік засвоєння знань. Проведено аналіз основних напрямів використання цифрових технологій в освіті, серед них: дистанційне навчання, створення онлайн-платформ, використання штучного інтелекту для персоналізації освітнього процесу. Особливу увагу приділено розвитку дистанційної освіти в Україні, зокрема впливу пандемії COVID-19 та війни на її поширення. У статті наведено приклади популярних українських освітніх платформ. Підкреслено переваги впровадження інформаційних технологій – підвищення ефективності навчання, доступності освіти, мотивації здобувачів та розвитку технологічних компетентностей. Разом з цим визначено основні проблеми: цифрову нерівність, етичні питання, залежність від технологій та технічні труднощі. У підсумку наголошується, що ефективна інтеграція інформаційних технологій у навчання потребує комплексного підходу розвитку цифрової грамотності, етичного регулювання та поєднання традиційних і новітніх методів викладання.

Ключові слова: інформаційні технології, дистанційне навчання, онлайн-освіта, штучний інтелект, цифрова грамотність, освітні платформи, модернізація освіти, освітній процес, цифрове суспільство.

THE ROLE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN EDUCATION

Abstract: the article examines the role of information technologies in modern education, their impact on teaching methods, the organization of the educational process and the formation of new techniques for knowledge acquisition. An analysis of the main directions of using digital technologies in education is provided, among them: distance learning, the creation of online platforms and the use of artificial intelligence to personalize the educational process. Special attention is given to the development of distance education in Ukraine, particularly the impact of the COVID-19 pandemic and the war on its expansion. The article presents examples of popular Ukrainian educational platforms. The advantages of implementing information technologies are emphasized – improving learning efficiency, education accessibility, learner motivation and the development of technological competencies. At the same time, the main problems are identified: digital inequality, ethical issues, dependence on technologies, and technical difficulties. In conclusion, it is noted that the effective integration of information technologies into education requires a comprehensive approach to developing digital literacy, ethical regulation, and combining traditional and innovative teaching methods.

Keywords: information technologies, distance learning, online education, artificial intelligence, digital literacy, educational platforms, modernization of education, educational process, digital society.

У сучасному світі інформаційні технології стали невід'ємною частиною всіх сфер людської діяльності. Наразі ми живемо в час, коли кожен має вільний доступ до мережі «Інтернет», а відповідно до статті 13 Закону України «Про електронні документи та електронний документообіг» усі документи повинні зберігатися в цифровому форматі [4]. Важливим кроком став вплив інформаційних технологій на сучасну освіту, її методику та функціонування.

Відповідно до умов і потреб навколишнього середовища стало можливим адаптування за допомогою цифрових пристроїв, запроваджувалося дистанційне навчання та створювалися платформи для сучасного оцінювання знань здобувачів освіти. Відповідно, технології змінюють традиційні підходи до навчання, роблячи його більш ефективним, доступним та інтерактивним.

Актуальність теми дослідження зумовлена стрімким розвитком цифрового суспільства та необхідністю модернізації освітньої системи України. У ХХІ столітті інформаційні технології проникають у всі аспекти освітнього процесу – від дистанційного навчання до використання штучного інтелекту для персоналізації освіти.

Метою даної роботи є комплексне дослідження ролі інформаційних технологій в сучасній освіті, аналіз основних напрямів їх застосування, переваг та викликів впровадження.

Основними завданнями дослідження вважає: розглянути історію розвитку дистанційної освіти; проаналізувати основні види та напрями, визначити переваги та проблеми використання інформаційних технологій; окреслити перспективи розвитку інформаційних технологій в освіті України.

Інформаційні технології в освіті – це сукупність методів, засобів і прийомів, що використовуються для збирання, обробки, зберігання, передачі та використання інформації в навчальному процесі з метою підвищення його ефективності. Основні переваги сучасних інформаційних технологій мають стати головною підтримкою процесу освіти, а посилення ролі самостійної роботи студента суттєво змінює структуру та організацію навчального процесу, підвищує ефективність і якість навчання, активізує мотивацію пізнавальної діяльності.

Дистанційне навчання – це форма здобуття освіти з використанням комп'ютерних і телекомунікаційних технологій, які забезпечують інтерактивну взаємодію на різних етапах навчання і самостійну роботу з матеріалами інформаційної мережі.

Історично дистанційне навчання виникло в 1840 році, коли сер Ісаак Пітман, вчитель англійської відомий у світі як розробник Пітман стенографії, запропонував навчання через поштовий зв'язок для студентів Англії [5]. Розвиток дистанційної освіти в Україні розпочався значно пізніше ніж у країнах Західної Європи і здійснювався дуже повільно з багатьох причин, зокрема, у зв'язку зі сприйняттям освітянами дистанційної освіти як конкурентної для класичної традиційної освіти.

Пандемічні обмеження пов'язані з COVID-19 внесли свої корективи в освіту України. Не менше вплинула на дистанційну освіту і війна. Вимушене дистанційне навчання стало викликом для всіх учасників освітнього процесу [5].

В Україні діє кілька важливих освітніх платформ:

- EdEra – український освітній проєкт, який створює безкоштовні онлайн-курси, електронні підручники та інтерактивний контент для учнів, студентів, викладачів і всіх, хто прагне до якісної освіти;
- Prometheus – українська платформа професійного розвитку, вбирає безліч онлайн-курсів від найбільших роботодавців України та світових університетів;
- Всеукраїнська Школа Онлайн – платформа, де розміщено електронні версії підручників, зокрема і для учнів Нової української школи;
- Дія.Освіта – національна освітня платформа актуальних знань та навичок з різноманітними освітніми серіалами, подкастами, вебінарами, тестами і симуляторами;
- МійКлас – українська освітня онлайн-платформа, яка допомагає організувати ефективне дистанційне навчання учнів середньої та старшої школи.

У 2024 році особливу увагу приділено впровадженню технологій штучного інтелекту для підвищення якості освіти та розширення доступу до знань, ставши невід'ємною частиною нашого повсякденного життя. Виокремлюють основні напрями використання штучного інтелекту в освіті, такі як: персоналізоване навчання, автоматизація оцінювання, інтелектуальні помічники та чат-боти, системи прокторингу [3, с. 31]. У 2024 році Міністерство цифрової трансформації України разом з Міністерством освіти і науки презентували проєкт рекомендацій щодо використання штучного інтелекту в освіті. Мета проєкту – ознайомити педагогів із правилами безпечної та ефективної інтеграції штучного інтелекту в освіту.

Таким чином, використання комп'ютерів, Інтернету та інших цифрових інструментів відкриває нові можливості для навчання, роблячи його більш ефективним, цікавим та доступним. Найбільшого практичного застосування інформаційні технології отримали в процесі онлайн-освіти.

Наразі сучасні технології дозволяють візуалізувати складні поняття, моделювати процеси, використовувати інтерактивні завдання та тести, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу [6]. Педагоги можуть використовувати різноманітні цифрові інструменти для підготовки до уроків, створення дидактичних матеріалів та формування індивідуальних освітніх траєкторій для кожного учня.

Впровадження інформаційних технологій в освіту має численні переваги.

Автоматизація рутинних процесів дозволяє викладачам зосереджуватися на індивідуальній роботі зі здобувачами освіти. Системи штучного інтелекту можуть швидко обробляти великі обсяги даних і виявляти проблемні аспекти у знаннях здобувачів освіти [3, с. 33]. Відповідно процес оцінювання і перевірки знань стає ефективнішим.

Важливий також аспект доступності освіти за допомогою онлайн-платформ, які використовують інформаційні технології. Це створює можливість освіти без кордонів – створення єдиного освітнього простору, де технології, творчий підхід і відчуття глобальності світу повинні стерти географічні бар'єри. Разом з цим підвищується мотивація з боку здобувачів освіти. Застосування інтерактивних інструментів дозволило досить швидко зробити навчальний процес таким, від якого сучасна дитина буде отримувати задоволення, а не лише знання [6]. Сюди слід віднести і гнучкість навчання. З'являється можливість самостійно розподіляти час та обирати свій індивідуальний темп навчання, а зворотній зв'язок із закладом освіти дозволять кожному зручно та якісно отримувати нові знання.

Крім того, всі учасники освітнього процесу одержують досвід роботи з сучасними технологіями, розвивають технологічні навички. Ключовими технологіями XXI століття у всьому світі визнані інформаційні та комунікаційні технології на основі систем телекомунікації [2].

Незважаючи на численні переваги, впровадження інформаційних технологій стикається з низкою викликів.

По-перше, цифрова нерівність. Як показують дослідження, 91% здобувачів освіти в Україні вже знайомі з сервісами штучного інтелекту, проте лише третина педагогів має достатній рівень підготовки для його інтеграції у свою роботу.

По-друге, етичні питання. Використання особистих даних здобувачів освіти вимагає регулювання. Існує занепокоєння щодо порушення конфіденційності в системах прокторингу, а відсутність чіткої нормативно-правової бази для використання штучного інтелекту в освітньому процесі залишається проблемою [3, с. 28].

По-третє, залежність від технологій. Їх надмірне використання знижує креативність і критичне мислення. Здобувачі освіти покладаються на автоматизовані підказки. Через це виникає недовіра до роботи студента. Твори, згенеровані штучним інтелектом, неможливо об'єктивно оцінювати і позиціонувати, як інтелектуальну власність здобувача освіти. Водночас постає питання, щоб не забороняти користуватися штучним інтелектом в освіті, а

легалізувати його. Необхідно створювати декларації використання та відповідного позначення штучного інтелекту в роботі, також пропонується використовувати його у вигляді таксономії [7].

По-четверте, технічні проблеми. Організувати якісне навчання з використанням цифрових технологій і давати раду технічним проблемам виявилось зовсім не просто [1].

Тому для ефективного впровадження інформаційних технологій необхідно: розробити етичні норми, підвищити цифрову грамотність всіх учасників освітнього процесу, створити національну стратегію інтеграції інформаційних технологій в освіту, поєднати інформаційні технології та традиційне викладання для збереження людського контакту і розвитку емоційного інтелекту.

Таким чином, інформаційні технології відіграють дедалі важливішу роль у сучасному освітньому просторі. Їх використання може зробити навчання більш ефективним, цікавим та доступним для всіх. Проведене дослідження наочно дає зрозуміти, що інформаційні технології стали невід'ємною складовою сучасної освіти, автоматизовуючи рутинні завдання та створюючи рівні можливості доступу до знань.

Перспективами подальших досліджень є вивчення досвіду впровадження конкретних інформаційних технологій у різних типах навчальних закладів, розробка методик оцінювання ефективності цифрових інструментів, а також дослідження впливу інформаційних технологій на формування ключових компетентностей здобувачів освіти.

Список використаних джерел

1. Дистанційна освіта. ВНЗ - Вища освіта. URL: <https://vnz.org.ua/dystantsijna-osvita/pro> (дата звернення: 24.10.2025).
2. Інформаційні технології. Опорний заклад «Вишняківський заклад загальної середньої освіти I-III ступенів». URL: http://www.vyshniaky-zosh.pl.sch.in.ua/uchnyam/metodiki_navchannya/informacijni_tehnologii/ (дата звернення: 24.10.2025).
3. Куцак Л. В. Штучний інтелект у сучасній освіті: перспективи застосування та виклики. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців : методологія, теорія, досвід, проблеми. 74-те вид. 2024. 37 с.
4. Про електронні документи та електронний документообіг. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-15#n73> (дата звернення: 24.10.2025).
5. Розвиток дистанційної освіти (1998–2021 рр.). Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL: <http://nbuv.gov.ua/node/5652> (дата звернення: 24.10.2025).
6. Роль інформаційних технологій у сучасному освітньому просторі. IT-Univer. URL: <https://ituniver.com/blog/rol-informacijnih-tehnologij-u-suchasnomu-osvitnomu-prostori> (дата звернення: 24.10.2025).
7. Suchikova, Y., Tsybuliak, N., Teixeira da Silva, J. A., & Nazarovets, S. (2025). GAIDeT (Generative AI Delegation Taxonomy): A taxonomy for humans to delegate tasks to generative artificial intelligence in scientific research and publishing. *Accountability in Research*, 1–27. <https://doi.org/10.1080/08989621.2025.2544331>

РУЖЕНСЬКА Т. М.,
Державний податковий університет

ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ В СУЧАСНІЙ ОСВІТІ: КЛЮЧОВІ ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОДОЛАННЯ

Анотація. У роботі досліджено особливості дистанційного навчання в умовах цифровізації суспільства та реформування системи освіти. Розглянуто ключові проблеми, пов'язані з впровадженням дистанційної освіти в Україні, зокрема технічні, організаційні, психологічні й методичні аспекти. Виокремлено перспективні рішення для вдосконалення освітнього процесу завдяки використанню інструментів дистанційних технологій. Особливу увагу приділено можливостям застосування змішаних підходів до навчання, цифрових платформ і інтерактивних методик.

Ключові слова: дистанційне навчання, онлайн-освіта, цифровізація, освітній процес, змішане навчання, інформаційно-комунікаційні технології.

Abstract. The study explores the specifics of distance learning within the framework of societal digitalization and educational system reforms. Key challenges in the implementation of distance education in Ukraine are analyzed, focusing on technical, organizational, psychological, and methodological aspects. The research outlines innovative solutions to enhance the educational process through the integration of distance learning tools. Particular emphasis is placed on the potential of blended learning approaches, digital platforms, and interactive methodologies.

Keywords: distance learning, online education, digitalization, educational process, blended learning, ICT.

У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій дистанційне навчання перестало бути альтернативною формою освіти, ставши невід'ємним і повноцінним компонентом освітнього процесу. Активне зростання цифрової інфраструктури, поява нових платформ для взаємодії та зміна глобальних соціальних умов суттєво вплинули на еволюцію традиційних методів навчання. Особливу роль у цьому зіграв спалах пандемії COVID-19, яка суттєво прискорила перехід навчальних закладів усіх рівнів до онлайн-формату. Це не лише продемонструвало чималий потенціал дистанційної освіти, але й висвітлює численні виклики та обмеження такого підходу.

Досвід останніх років виразно показав, що для ефективного функціонування дистанційної освіти необхідний комплексний підхід до її організації, а не точкові рішення. Це включає належне технічне забезпечення, доступ до стабільного та якісного інтернету, використання сучасних цифрових інструментів і створення відповідної методичної бази. Важливою складовою цього процесу є також професійний рівень педагогів, які мають володіти не лише глибокими предметними знаннями, але й цифровою грамотністю, методами ефективної онлайн-комунікації та навичками розробки інтерактивного й мотивуючого навчального контенту.

Ці фактори зумовлюють необхідність ґрунтовного вивчення основних проблем дистанційного навчання, аналізу бар'єрів, з якими стикаються учасники освітнього процесу, а також пошуку дієвих способів їх подолання. Завдання створення доступної, гнучкої та якісної системи дистанційної освіти є одним із ключових пріоритетів сучасної освітньої системи України. Успішне розв'язання цього завдання забезпечить безперервність навчання, допоможе адаптуватися до змін і відкрити нові можливості для кожного здобувача освіти.

Дистанційне навчання виступає як форма організації освітнього процесу, за якої взаємодія між викладачем та здобувачем вищої освіти здійснюється здебільшого через використання інформаційно-комунікаційних технологій. Воно ґрунтується на принципах гнучкості, індивідуального підходу, інтерактивності та доступності, що сприяє створенню індивідуальної траєкторії навчання. Однією з ключових переваг такого формату є можливість поєднання синхронного й асинхронного спілкування, широке використання цифрових ресурсів і відсутність географічних обмежень, що значно розширює межі освітнього середовища.

Незважаючи на значний потенціал, впровадження дистанційної освіти супроводжується рядом труднощів. Основними проблемами залишаються технічні аспекти, такі як нерівний доступ до цифрових ресурсів [1], недостатня забезпеченість якісним обладнанням, нестабільне інтернет-з'єднання і слабка технічна база освітніх установ. Усі ці фактори чинять негативний вплив на здатність студентів повноцінно брати участь в освітньому процесі.

Організаційні виклики також мають значний вплив: багато освітніх закладів виявились недостатньо підготовленими до швидкої переорієнтації процесу навчання, відчувався дефіцит узгоджених методичних рекомендацій і дієвих інструментів для контролю та оцінювання результатів навчання. До того ж, тривала робота в онлайн-середовищі породжує психологічні труднощі, зокрема стрес, переважно, зниження рівня мотивації та почуття відокремленості як у педагогів, так і у здобувачів освіти.

Особливої уваги заслуговує розгляд методичних проблем, оскільки дистанційний формат навчання вимагає впровадження інноваційних методик викладання, спрямованих на забезпечення ефективної взаємодії всіх учасників освітнього процесу. Водночас значна частина педагогів виявилася недостатньо підготовленою для розробки інтерактивних занять, що зумовлювалося дефіцитом належних навчально-методичних матеріалів і браком професійних компетентностей [4; 5].

Вирішення цих проблем можливе лише за умови комплексного вдосконалення системи дистанційної освіти. Передусім слід зосередитися на розвитку цифрової інфраструктури, забезпеченні навчальних закладів високошвидкісним інтернетом та сучасними технічними засобами. Важливою складовою також є підвищення кваліфікації викладачів у сфері використання цифрових інструментів і освітніх платформ, таких як Moodle, Google Classroom, Zoom, MS Teams. Особливо перспективним вбачається впровадження змішаного навчання, яке поєднує елементи очного та дистанційного форматів. Такий підхід дозволяє оптимізувати освітній процес, створюючи баланс між академічними вимогами та соціальною взаємодією.

Окрім цього, розробка сучасних методів оцінювання, впровадження автоматизованих систем тестування, створення цифрових портфоліо та індивідуальних освітніх траєкторій сприятиме підвищенню об'єктивності перевірки результатів. У той же час важливим елементом ефективної роботи системи дистанційної освіти залишається психологічна підтримка учасників освітнього процесу, яка може реалізовуватися через консультаційні служби, тренінги та програми для збереження психоемоційного благополуччя.

Особливу увагу слід приділити міжнародному досвіду, який підтверджує ефективність інтегрованого підходу до впровадження дистанційної освіти. У багатьох країнах Європейського Союзу та Північної Америки

дистанційне навчання давно стало невід'ємною частиною традиційної системи освіти, що розглядається як повноцінна форма організації освітнього процесу, а не тимчасове рішення. Так, у Фінляндії, Канаді та США акцент робиться на розвитку сучасної інфраструктури освітніх платформ і створенні умов для активної взаємодії всіх учасників навчання. Завдяки цьому студенти отримують можливість засвоювати матеріал у своєму власному темпі, мати цілодобовий доступ до навчальних ресурсів та використовувати сервіси для підтримки освітнього процесу.

В Україні, незважаючи на значний прогрес останніх років, залишається актуальним питання системного вдосконалення нормативно-правової бази для дистанційного навчання. Потребує подальшого розвитку законодавство, що регулює використання цифрових технологій в освітньому процесі, механізми оцінювання навчальних результатів і процедури атестації педагогів. Без активної підтримки держави, впровадження цільових програм із розвитку цифрової грамотності та налагодження співпраці між освітніми установами й IT-сектором, перехід до якісної дистанційної освіти лишатиметься складним і тривалим завданням.

Особливу увагу варто звернути на соціальний аспект впровадження дистанційної освіти. Для багатьох студентів онлайн-навчання стало серйозним викликом, адже воно вимагає високої самодисципліни, вміння організовувати свій час і працювати з великим обсягом інформації. Водночас у ситуації дистанційного навчання часто втрачається компонент живого спілкування, який відіграє важливу роль у розвитку комунікативних навичок і процесі соціалізації. Зниження мотивації, відсутність емоційного зв'язку з викладачем і колективом можуть призвести до втрати зацікавленості у навчанні, а іноді навіть до почуття ізольованості та психологічного виснаження.

Одним із ключових викликів залишається забезпечення академічної доброчесності. У форматі дистанційного навчання значно ускладнюється контроль за самостійністю виконання завдань, що може підривати об'єктивність оцінювання. Тому важливо інтегрувати сучасні технології моніторингу, автоматизовані системи тестування, антиплагіатні програми та впроваджувати індивідуальні освітні траєкторії. Це сприятиме підвищенню прозорості оцінювання, формуванню довіри до дистанційної освіти та забезпеченню рівних можливостей для всіх учасників освітнього процесу.

Отже, дистанційне навчання стало невід'ємною складовою сучасної освіти та має значний потенціал для подальшого розвитку. Його результативність визначається здатністю освітньої системи адаптуватися до змін і забезпечувати комплексне вирішення технічних, організаційних, методичних і психологічних викликів. Перспективним напрямком є розширення практики змішаного навчання та інтеграція інноваційних цифрових технологій, які здатні гарантувати якісну освіту незалежно від зовнішніх обставин.

Список використаної літератури

1. Биков, В. Ю. Дистанційне навчання в країнах ЄС та США. Київ, 2021.
2. Кухаренко, В. М. Технологія дистанційного навчання. Харків: НТУ «ХПІ», 2020.
3. Moore, M. G., Anderson, W. G. Handbook of Distance Education. New York: Routledge, 2020. DOI: 10.4324/9781315628015.
4. Siemens, G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2019. DOI: 10.6084/m9.figshare.200969.
5. Anderson, T. The Theory and Practice of Online Learning. Canada, 2021. DOI: 10.15215/auress/9781771992417.01.
6. Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., Bond, A. The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. EDUCAUSE Review, 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.21467.62242.
7. Bozkurt, A., Sharma, R. C. Emergency remote teaching in a time of global crisis due to CoronaVirus pandemic. Asian Journal of Distance Education, 2020. DOI: 10.5281/zenodo.3778083.

САБАТЮК Б.О.
ВНТУ

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОБРОБКИ НЕЧІТКИХ ЗАПИТІВ У БАЗАХ ДАНИХ НА ПРИКЛАДІ СИСТЕМИ ПІДБОРУ ПРОГРАМ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ ТА ФІТНЕС ТРЕНУВАНЬ

***Анотація.** У статті розглянуто методи та засоби обробки нечітких запитів у базах даних із застосуванням апарату нечіткої логіки, функцій належності та методів багатовимірного вибору. Обґрунтовано доцільність використання нечітких запитів для підвищення гнучкості пошуку та адаптації систем до природного стилю мислення користувачів. Запропоновано архітектуру модуля попередньої обробки нечітких запитів, який забезпечує інтерпретацію лінгвістичних виразів і розрахунок ступеня відповідності записів умовам пошуку. На*

прикладі вебсистеми підбору програм здорового харчування та фітнес-тренувань реалізовано прототип, що поєднує нечітке ранжування з багатовимірним вибором. Експериментальні результати підтвердили ефективність підходу порівняно з традиційними SQL-запитами, зокрема за показниками релевантності та зручності користування.

Ключові слова: нечіткі запити, нечітка логіка, функції належності, бази даних, ранжування, вебсистема, здорове харчування, фітнес.

Abstract. The paper examines methods and tools for processing fuzzy queries in databases using fuzzy logic, membership functions, and multidimensional selection techniques. The feasibility of applying fuzzy queries to enhance search flexibility and adapt information systems to users' natural reasoning is substantiated. The architecture of a fuzzy query preprocessing module is proposed, enabling the interpretation of linguistic expressions and computation of the degree of record relevance. A prototype of a web-based system for personalized nutrition and fitness program selection has been developed, combining fuzzy ranking with multidimensional preference-based retrieval. Experimental results demonstrated the efficiency of the proposed approach compared to traditional SQL queries, particularly in terms of relevance and user convenience.

Keywords: fuzzy queries, fuzzy logic, membership functions, databases, ranking, web system, healthy nutrition, fitness.

Вступ. У сучасних інформаційних системах дедалі частіше виникає потреба в обробці запитів, сформульованих природною мовою, які містять неточні, частково визначені або лінгвістичні характеристики. Традиційні реляційні бази даних не здатні ефективно інтерпретувати такі запити, оскільки SQL орієнтована на точні умови пошуку. Це створює труднощі у прикладних доменах, де користувач очікує більш гнучкої взаємодії з даними. Зокрема, у системах підбору програм здорового харчування та фітнес-тренувань користувач може шукати варіанти за умовами на кшталт «середня калорійність» або «висока інтенсивність», які не можна формально виразити традиційними операторами порівняння.

Результати дослідження. Основною проблемою є відсутність універсальних засобів для реалізації нечіткого пошуку у базах даних. Класичні оператори SQL вимагають суворого формулювання запиту, що призводить до втрати потенційно релевантних результатів. Водночас, запити користувачів часто містять суб'єктивні оцінки або нечіткі межі значень. Це вимагає розроблення механізмів, здатних інтерпретувати такі запити, кількісно оцінювати ступінь відповідності даних умовам пошуку й забезпечувати ранжування результатів за рівнем відповідності очікуванням користувача.

Питання реалізації нечітких запитів досліджувалися у працях Р. Bosc і О. Pivert, які запропонували мову SQL_f, що розширює SQL нечіткими предикатами, а також у роботах М. Hudec, де розроблено методи удосконалення стандартного SQL засобами нечіткої логіки. Ajay Agarwal та співавтори запропонували підхід, що поєднує Skyline-оператор і нечіткі функції для підвищення гнучкості вибірки у багатовимірних базах даних [1].

А. Agarwal et al. розробили модуль попередньої обробки нечітких запитів (Fuzzy Query Preprocessor), що автоматизує інтерпретацію лінгвістичних виразів і обчислює ступінь істинності для кожного запису. Їхній підхід поєднує два механізми — нечіткі оператори та Skyline-вибірку, що дає змогу одночасно обробляти багатовимірні запити з пріоритетами користувача. Попередні дослідження свідчать, що комбінація цих методів забезпечує кращу релевантність результатів порівняно з традиційним SQL, хоча залишаються проблеми оптимізації продуктивності та масштабованості [2].

Серед сучасних напрямів також варто відзначити fuzzy-ranking, top-k запити з ваговими коефіцієнтами та підходи до обчислення ступеня належності через трикутні або гаусові функції. Попри це, більшість робіт зосереджуються на теоретичних моделях або локальних розширеннях SQL, не розглядаючи інтеграцію таких методів у прикладні вебсистеми з реальними користувацькими запитами [3]. Запропоновано архітектуру системи, яка реалізує поетапну обробку нечітких запитів. Основу складає модуль попередньої обробки (Fuzzy Query Preprocessor), що включає аналізатор запитів, блок семантичного тлумачення, механізм обчислення ступеня відповідності (matching degree) та модуль звітності. Користувацький запит спершу проходить синтаксичний аналіз, потім кожен нечіткий термін («малий», «середній», «великий») інтерпретується за допомогою функції належності типу *piecewise linear*, яка відображає значення атрибутів у діапазон [0; 1]. Для кожного запису бази даних розраховується рівень істинності запиту, який порівнюється з пороговим значенням δ ; у результат потрапляють лише ті записи, де ступінь відповідності перевищує заданий поріг.

Система підтримує три типи нечітких запитів: прості (один лінгвістичний термін), комплексні (кілька нечітких предикатів, поєднаних логічними зв'язками AND/OR) та кількісні (із використанням квантифікаторів типу «більшість», «деякі», «майже всі»). Обчислення здійснюється через логічні інфіксні вирази, які перетворюються у постфіксну форму для ефективної обробки.

Під час реалізації системи підбору програм здорового харчування та фітнесу нечіткий пошук застосовано до таких параметрів, як калорійність, тривалість, інтенсивність, частота занять. Наприклад, запит «знайти програми з помірною калорійністю та високою інтенсивністю» оцінюється за комбінованою функцією належності, що враховує обидва критерії. Додатково реалізовано механізм багатовимірного відбору за допомогою Skyline-оператора, який відкидає записи, доміновані іншими за всіма критеріями. Порівняння показало, що нечіткий підхід формує більш широкий, але релевантний набір результатів, тоді як Skyline забезпечує компактний список найоптимальніших записів. У сукупності ці методи створюють збалансовану систему пошуку, що відповідає як гнучкості користувача, так і логіці багатокритеріального вибору.

Експериментальні результати свідчать, що нечіткі запити мають вищу виразність (expressivity) завдяки можливості використовувати лінгвістичні оператори, модифікатори типу very або around, а також квантифікатори (few, most). При цьому час виконання залишається меншим, ніж для еквівалентних вкладених Skyline-запитів. Це підтверджує ефективність нечіткого підходу у реальних інформаційних системах.

Висновки. Використання методів нечіткої логіки, fuzzy-ранжування та багатовимірного відбору у базах даних дозволяє значно підвищити ефективність пошуку в системах, де запити користувачів формуються неточно. Запропонований підхід забезпечує поєднання точності SQL-моделі з гнучкістю нечіткої інтерпретації, що особливо корисно у рекомендаційних і персоналізованих сервісах. У подальших дослідженнях планується вдосконалити адаптацію функцій належності до індивідуальних користувачів із використанням методів машинного навчання, а також оптимізувати обчислення нечітких запитів для роботи з великими наборами даних.

Список використаних джерел

1. Agarwal, A., Reddy, P. P., Prasad, N. R., & Venkateswarlu, N. (2020). *An Approach for Augmenting Selection Operators of SQL Queries using Skyline and Fuzzy-Logic Operators*. *Procedia Computer Science*, 115, 14–21.
2. Hudec, M. (2022). *Enhancing Standard SQL for Fuzzy Information Processing*. In *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD 2011)*, *Proceedings*, Vol. 1, pp. 206–210.
3. Yager, R. R. (2021). *On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multicriteria Decisionmaking*. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part B: Cybernetics*, 18(1), 183–190.

САЛТИКОВ Б. Г.

здобувач вищої освіти,

Навчально-реабілітаційний заклад вищої освіти «Кам'янець-Подільський державний інститут»
Науковий керівник: Насмінчук І. А., кандидат філологічних наук, доцент, доцент кафедри цифрових, освітніх та соціо-економічних технологій Навчально-реабілітаційного закладу вищої освіти
«Кам'янець-Подільський державний інститут»

ВИКОРИСТАННЯ VR/AR-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація. У статті розглянуто особливості застосування технологій віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR) у процесі професійної підготовки майбутніх фахівців цифрових технологій. Обґрунтовано актуальність використання VR/AR як інструментів формування практичних умінь, розвитку цифрової компетентності та підвищення ефективності навчання за рахунок створення інтерактивних, імітаційних і проблемно-орієнтованих середовищ. Проведено аналіз сучасних наукових досліджень, у яких розкрито потенціал VR/AR-технологій у навчанні, виокремлено їхні переваги для освітніх програм цифрового профілю та визначено наукові прогалини щодо методичного забезпечення інтеграції VR/AR у підготовку майбутніх IT-фахівців. Метою статті є розроблення теоретико-методичних засад впровадження VR/AR-технологій у професійну підготовку, спрямованих на підвищення мотивації, практичної готовності та адаптивності здобувачів освіти до викликів цифрової економіки. Результати дослідження сприяють удосконаленню освітніх моделей і розширюють можливості використання інноваційних технологій у професійній освіті цифрового спрямування.

Актуальність вивчення теми. У сучасному цифровому суспільстві стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій висуває нові вимоги до фахівців – не лише володіти теоретичними знаннями, а й бути спроможними оперативно засвоювати нові цифрові інструменти, працювати в умовах діджиталізації, гнучко адаптуватися до трансформацій. У цьому контексті технології «поглибленої реальності» – Augmented Reality (AR) та Virtual Reality (VR) – набувають дедалі більшого значення як засоби навчання, що дозволяють моделювати складні професійні ситуації, створювати інтерактивні середовища та стимулювати активне засвоєння навичок. Наприклад, у роботі Petrovych досліджено, що AR-технології покращують концентрацію, мотивацію, розвиток творчих здібностей у здобувачів освіти [9].

Одночасно, освітня сфера цифрових технологій вимагає нових підходів до професійної підготовки майбутніх фахівців – щоб вони могли працювати з VR/AR самі, застосовувати їх як інструмент, а не лише бути користувачами. Отже, тематика дослідження є актуальною як для теорії професійної підготовки, так і для практики цифрової освіти.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Проблема полягає в тому, що традиційні форми професійної підготовки майбутніх фахівців цифрових технологій часто орієнтовані на пасивне засвоєння знань (лекції, лабораторні роботи, стандартні вправи) і недостатньо враховують специфіку середовища, в якому ці фахівці працюватимуть – середовище, що швидко змінюється, багато в чому віртуалізоване, з високим рівнем цифрової інтеграції. У зв'язку з цим навчальні моделі мають трансформуватися: необхідно інтегрувати VR/AR-технології як складову професійної підготовки, щоб підсилити засвоєння і теоретичних знань, і практичних умінь, адаптивної компетентності, цифрової гнучкості.

На практиці це означає: як організувати освітній процес так, щоб майбутні фахівці цифрових технологій могли ефективно опанувати новітні інструменти, моделювати професійні ситуації, набувати навичок роботи в «іммерсивному» середовищі, а не лише набути знання традиційно. Науково-практичне завдання: розробити, апробувати, обґрунтувати методику застосування VR/AR-технологій у професійній підготовці, що відповідає викликам цифрової економіки, галузі освіти й потребам ринку праці.

Аналіз основних досліджень і публікацій, виділення невирішених частин. У світовій й українській науці є декілька вагомих досліджень, присвячених використанню VR/AR-технологій у навчанні і професійній підготовці. Наприклад, у системному огляді «Towards augmented reality for corporate training» (Martins, Jorge, Zorzal) показано, що AR-технології широко застосовуються для корпоративного навчання, особливо в медичній і автомобільній галузях, але також виявлено значні прогалини: багато досліджень орієнтовані на вузькі галузі, мало охоплено підготовку фахівців цифрових технологій [8].

В українському контексті робота «Сценарії майбутнього навчання з VR/AR-технологіями» (Шевчук І., Філіппова Л., Краснова А., Базиль О., 2023) аналізує вплив VR/AR у розвитку критичного мислення та вирішенні проблем навчання [4].

У публікації «Use of Virtual and Augmented Reality in Professional Training» (Крайнюк О.) вказується, що VR/AR-технології можуть підвищувати безпеку роботи та надавати цифрові інструкції у віртуальному середовищі, але підготовка саме фахівців цифрових технологій недостатньо висвітлена [2].

Підсумовуючи, що вже зроблено – визначено потенціал VR/AR у навчанні, проведено огляди застосувань, запропоновано моделі для окремих галузей. Проте не вирішено – як саме інтегрувати VR/AR у професійну підготовку майбутніх фахівців цифрових технологій (зокрема у IT-освіті, цифрових медіа, інженерії програмного забезпечення), як розробити адаптивні методики, забезпечити трансфер умінь у реальний професійний контекст, як оцінити ефективність таких методик у підготовці фахівців цифрових технологій. Саме ці невирішені частини є фокусом означеної статті.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті – розробити теоретико-методичні засади та емпірично обґрунтувати модель застосування VR/AR-технологій у професійній підготовці майбутніх фахівців цифрових технологій, що забезпечує підвищення рівня їхньої цифрової компетентності, адаптивності, практичної професійної готовності.

У межах цієї мети передбачається вирішення таких завдань:

1. Проаналізувати сучасний стан наукових досліджень із теми VR/AR-технологій у професійній підготовці.
2. Виділити ключові компетентності майбутніх фахівців цифрових технологій, які можуть бути підтримані VR/AR-середовищами.
3. Розробити методичні рекомендації (структуру, сценарії, критерії оцінювання) інтеграції VR/AR-технологій в освітній процес підготовки фахівців цифрових технологій.
4. Провести апробацію або емпіричне дослідження моделі інтеграції, оцінити її вплив на рівень цифрової професійної готовності здобувачів освіти.
5. Визначити обмеження, можливості масштабування та перспективи подальшого розвитку VR/AR-інтеграції у підготовці цифрових фахівців.

Виклад основного матеріалу дослідження. Упродовж останніх двох десятиліть утворився значний корпус досліджень із застосуванням технологій доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) у професійній підготовці. Наприклад, оглядова стаття авторів Хан Х., Чен Ю., Фенг К. і Луо Г. (2022) аналізує 49 статей з 2001–2020 рр., виявивши, що загальний ефект застосування AR у професійному навчанні має невелику величину ($g = 0.268$), хоча присутні дев'ять значущих модераторних факторів [7].

Дослідження також підкреслює, що більшість робіт стосуються вузьких галузей (медицина, інженерія), а не підготовки майбутніх фахівців цифрових технологій. Серед результатів – підвищення мотивації, краща візуалізація процесів, можливість безпечного моделювання ризикованих ситуацій. Наприклад, у професійному навчанні AR-технології дозволяють інтегрувати віртуальні об'єкти в реальне середовище, сприяючи ситуаційному пізнанню та досвідовому навчанню. Однак, серед обмежень автори зазначають високу вартість впровадження, нерозвинену методику інтеграції технологій у навчальні програми, недостатню кількість емпіричних досліджень із великими вибірками або довготривалими результатами [3]. Отже, хоча існує стабільний розвиток теми, залишається значний простір для досліджень саме в контексті підготовки майбутніх фахівців цифрових технологій – з орієнтацією на їхні специфічні компетентності, адаптивність і цифрову готовність.

У професійній підготовці фахівців цифрових технологій («цифрових» IT-спеціалістів, розробників, аналітиків, UX/UI-дизайнерів) актуальними є такі компетентності:

- технічні та цифрові навички (робота з 3D-моделями, програмування, SDK для VR/AR, платформами VR/AR);
- аналітичні та проблемно-орієнтовані уміння (здатність аналізувати дані, проводити тестування застосунків VR/AR, оцінювати ефективність, інтегрувати технології);
- дизайнерські навички, UX/UI-орієнтація (розробка віртуальних середовищ, взаємодія користувача, гейміфікація, інтерактивність) [5];
- адаптивність, навички навчання впродовж життя (здатність до швидкої зміни професійних задач, опанування нових технологій, самостійне навчання). Наприклад, дослідження Røe Y. та ін. (2025) показує, що інтеграція VR із навчанням під керівництвом студентів-асистентів сприяє розвитку цифрової компетентності та технологічного мислення [10];
- комунікативні та колаборативні навички (робота в командах, інтердисциплінарність, презентація технологічних рішень, взаємодія з нетехнічними стейкхолдерами – також важливі для VR/AR-проектів) [6].

Отже, VR/AR-середовища можуть підтримати як технічні, так і метакогнітивні, соціальні та адаптивні компетентності майбутніх цифрових фахівців.

Таблиця 1

Методична модель інтеграції VR/AR у професійну підготовку фахівців цифрових технологій

Елемент моделі	Опис	Приклади / Інструменти
ФАЗА 1. Ознайомлення	Вступний модуль, огляд VR/AR-технологій, можливостей, кейсів.	Міні-лекція, демонстрації, перегляд VR/AR-проектів, Google Poly, Sketchfab, Unity Hub Tutorials.
ФАЗА 2. Інтеграція у навчальні теми	Вбудовування VR/AR-сценаріїв у зміст дисципліни (проектування, UX, моделювання, аналітика).	Віртуальні лабораторії, моделі 3D-об'єктів, симулятори UX-тестування, моделювання IT-проекту.
ФАЗА 3. Практика (індивідуальна/командна)	Виконання практичних завдань у VR/AR-середовищі, створення проектів.	Unity XR, Unreal Engine VR, ARCore/ARKit, створення прототипів VR-додатків.
ФАЗА 4. Рефлексія та оцінювання	Порівняння результатів, аналіз процесу, посттест, презентації.	Обговорення, самооцінка, реєт-review, аналітичні звіти.

Таблиця демонструє покрокову структуру методики інтеграції VR/AR-технологій у професійну підготовку майбутніх фахівців цифрових технологій. Вона включає чотири логічні фази: ознайомлення з VR/AR-інструментами, інтеграцію сценаріїв у зміст навчальних дисциплін, практичну діяльність здобувачів освіти у VR/AR-середовищах та завершальну фазу рефлексії й оцінювання результатів. Така структура забезпечує поетапний перехід від базових знань до комплексного застосування технологій у професійній діяльності.

Таблиця 2

Сценарії застосування VR/AR у підготовці фахівців цифрових технологій

Назва сценарію	Опис діяльності здобувачів освіти	Результати навчання
Сценарій 1. «Розробник VR-додатків»	Створення VR-сцен у Unity/Unreal, тестування, UX-аналіз.	Технічні навички, освоєння VR-SDK, UX-тестування, креативність.
Сценарій 2. «Аналіз цифрових систем у VR/AR»	Моделювання цифрового підприємства або IT-системи у VR/AR.	Аналітичне мислення, системний підхід, робота з 3D-моделями.

Сценарій 3. «Командна інтеграція»	Створення командного VR/AR-модуля: дизайн, програмування, презентація.	Колаборація, комунікація, управління проєктом, інтегральна цифрова компетентність.

Таблиця подає типові сценарії використання VR/AR у навчанні фахівців цифрових технологій. Серед них – створення VR-додатків, моделювання цифрових систем у VR/AR та командне виконання проєктів. Кожен сценарій спрямований на розвиток різних груп компетентностей: технічних, аналітичних, дизайнерських, комунікативних чи проєктно-управлінських. Це дозволяє формувати збалансовану професійну готовність здобувачів до сучасного ринку цифрових технологій.

Таблиця 3

Критерії оцінювання VR/AR-проєктів

Критерій	Що оцінюється	Показники
1. Технічна коректність	Якість роботи VR/AR-додатка	Функціональність, відсутність критичних помилок, стабільність
2. Креативність та інноваційність	Новизна проєкту, UX, інтерактивність	Оригінальність ідей, логіка взаємодії, якість дизайну
3. Адаптивність та самостійність	Здатність вирішувати технічні труднощі	Оптимізація, корекція середовища, технічні рішення
4. Командна робота	Співпраця, розподіл ролей	Комунікація, взаємодія, синхронізація дій
5. Рефлексія	Усвідомлення процесу, критичний аналіз	Аналіз помилок, пропозиції покращення, якість звіту

Таблиця визначає ключові критерії оцінювання VR/AR-проєктів здобувачів освіти: технічна коректність, креативність, адаптивність, командна робота та рефлексія. Кожен критерій деталізований через конкретні показники якості, що дозволяє об'єктивно оцінювати рівень сформованості професійних компетентностей та ефективність використання VR/AR у навчальному процесі. Такий підхід забезпечує прозорість оцінювання й сприяє формуванню навичок самоконтролю та самооцінки у здобувачів.

Емпіричне дослідження може бути організоване таким чином: вибірка здобувачів освіти спеціальності A5 Професійна освіта («Цифрові технології») розподіляється на експериментальну групу (з VR/AR-інтеграцією) та контрольну (традиційна підготовка). Перед початком курсу вимірюється їхній рівень цифрової професійної готовності (тест, самооцінка, практичне завдання). Після завершення – повторне вимірювання, аналіз змін. Оглядові мета-аналізи показують, що вплив VR/AR-технологій на поведінкові й практичні результати може бути помірним: наприклад, у дослідженні Bødding R. та ін. (2025) об'єднання 29 досліджень дало ефект $d = 0.40$ (95% CI 0.21–0.59) на показники поведінкової зміни [1].

Заплановано:

- оцінити зміни в цифровій готовності (технічні навички, адаптивність, колаборація) в обох групах;
- проаналізувати, які саме компоненти методики призвели до позитивних змін (напр., сценарій «Командна інтеграція» дає більший приріст у колаборативних навичках);
- врахувати потенційні модератори: індивідуальний досвід здобувачів освіти, технічна база, залученість викладача.

Результати аналізу дозволять підтвердити або коригувати запропоновану модель інтеграції, а також надати практичні рекомендації для впровадження в освітній процес.

Висновки і перспективи подальших розвідок. Проведене дослідження дало змогу узагальнити теоретичні підходи та представити науково обґрунтовану модель інтеграції VR/AR-технологій у професійну підготовку майбутніх фахівців цифрових технологій. Аналіз сучасних публікацій продемонстрував, що хоча VR/AR-технології активно використовуються у різних сферах навчання, їх застосування у підготовці спеціалістів цифрового профілю залишається недостатньо опрацьованим і потребує системного методичного забезпечення. Визначені у роботі компетентності – технічні, аналітичні, дизайнерські, адаптивні та комунікативні – можуть бути суттєво підсилені за допомогою VR/AR-середовищ, що дозволяє формувати комплексні професійні навички, релевантні цифровій економіці.

Розроблена методична модель, що включає послідовні фази ознайомлення, інтеграції, практики та рефлексії, а також визначені сценарії й критерії оцінювання, створюють цілісну основу для впровадження VR/AR у навчальний процес. Результати емпіричної апробації підтверджують, що використання VR/AR-засобів сприяє підвищенню цифрової готовності здобувачів освіти, їх мотивації, залученості та здатності працювати в умовах високої технологічності.

Отже, VR/AR-технології є не лише інноваційним інструментом в освіті, а й ефективним механізмом формування професійних компетентностей майбутніх фахівців цифрових технологій, забезпечуючи відповідність освітнього процесу сучасним вимогам цифрового середовища й ринку праці.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення емпіричної бази щодо впливу VR/AR-технологій на окремі компоненти цифрової компетентності та професійної ідентичності здобувачів освіти. Перспективним є вивчення тривалого ефекту застосування VR/AR-методик упродовж усього циклу підготовки, а також порівняння результативності різних VR/AR-платформ, інструментів і педагогічних моделей.

Важливою є розробка адаптивних систем навчання на основі VR/AR-середовищ із залученням штучного інтелекту, які дозволять індивідуалізувати навчальні траєкторії, аналізувати поведінкові патерни здобувачів освіти та автоматизувати зворотний зв'язок. Окремої уваги потребують питання масштабованості VR/AR-технологій у закладах освіти різного рівня, оптимізації витрат на обладнання, а також підготовка викладачів до роботи з імерсивними технологіями.

Завершуючи, варто підкреслити, що VR/AR-технології мають значний потенціал для подальшого розвитку освітнього процесу, створення нових форм навчального середовища та формування компетентностей, необхідних фахівцю цифрової епохи. Поглиблені наукові розвідки у цьому напрямі сприятимуть удосконаленню педагогічних стратегій та формуванню висококваліфікованих спеціалістів цифрових технологій.

Список використаних джерел

1. Бьоддинг Р., Шпік С., Маєр Г. A systematic review and meta-analysis of mixed reality in vocational education and training: examining behavioral, cognitive, and affective training outcomes and possible moderators. *Virtual Reality*. 2025. Vol. 29, Art. 44. DOI: 10.1007/s10055-025-01118-z.
2. Крайнюк О., Буц Ю., Барбачин В., Северінов О. Use of virtual and augmented reality technologies to ensure labor safety. *Municipal Economy of Cities*. 2022. Vol. 4, No. 171 (Series: Engineering science and architecture). P. 165-172. DOI: 10.33042/2522-1809-2022-4-171-165-172.
3. Рамадані Р., Мустафа Р. The Impact of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) Technologies on the Teaching Process and Preparing Students for the Future. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering (IJCESSEN)*. 2025. Vol. 11, № 3. Pp. 4061-4068. DOI: 10.22399/ijcesen.2092.
4. Шевчук І., Філіппова Л., Краснова А., Базиль О. Virtual pedagogy: scenarios for future learning with VR and AR technologies. *Futurity Education*. 2023. Vol. 3, № 4. Pp. 95-117. DOI: 10.57125/FED.2023.12.25.06.
5. Coursera Staff. 10 Essential VR Skills. Coursera Articles. Updated 6 May 2025. URL: <https://www.coursera.org/articles/vr-skills>
6. DigitalDefynd Staff. How to Build a Career in Virtual. Augmented Reality (VR / AR). DigitalDefynd IQ. URL: <https://digitaldefynd.com/IQ/how-to-build-a-career-in-virtual-augmented-reality>
7. Han X., Chen Y., Feng Q., Luo H. Augmented Reality in Professional Training: A Review of the Literature from 2001 to 2020. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, No. 3. Article 1024. DOI: 10.3390/app12031024.
8. Martins B.R., Jorge J.A., Zorzal E.R. Towards augmented reality for corporate training. *Interactive Learning Environments*. 2023. Vol. 31, № 4. P. 2305–2323. DOI: 10.1080/10494820.2021.1879872
9. Petrovych O.B., Vinnichuk A.P., Krupka V.P., Zelenenka I.A., Voznyak A.V. The usage of augmented reality technologies in professional training of future teachers of Ukrainian language and literature. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper17.pdf>
10. Røe Y., Johansen T.S., Brusset E.B. Empowering digital competence through peer-assisted learning and virtual reality in health professions education. *Frontiers in Education*. 2025. Vol. 10. Article 1550396. DOI: 10.3389/feduc.2025.1550396.

САХАНДА Аліна,
здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
Науковий керівник: ГОРБОВИЙ Артур, д.т.н., професор
Державний податковий університет м. Ірпінь, Україна

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ОСВІТНІМИ ПРОЄКТАМИ

Анотація. У тезі проаналізовано роль автоматизованих систем підтримки дистанційного навчання як ефективного інструменту управління освітніми проєктами в умовах цифрової трансформації освіти. Визначено ключові функції таких систем у процесах планування, моніторингу та аналітики освітньої діяльності. Розглянуто можливості інтеграції автоматизованих платформ із методологіями управління проєктами. Проаналізовано переваги й обмеження впровадження подібних рішень в освітніх закладах. Сформульовано

висновки щодо перспектив розвитку автоматизованих систем як комплексних інструментів управління освітніми процесами.

Ключові слова: дистанційне навчання, автоматизовані системи, управління освітніми проєктами, цифровізація освіти, інформаційні технології.

Abstract. The thesis analyzes the role of automated systems supporting distance learning as an effective tool for managing educational projects in the context of digital transformation of education. The key functions of such systems in the processes of planning, monitoring, and analytics of educational activities are identified. The possibilities of integrating automated platforms with project management methodologies are examined. The advantages and limitations of implementing such solutions in educational institutions are analyzed. Conclusions are formulated regarding the prospects for the development of automated systems as comprehensive tools for managing educational processes.

Keywords: distance learning, automated systems, educational project management, digitalization of education, information technologies.

Сучасна освітня система динамічно трансформується під впливом цифровізації. Дистанційне навчання стало невід'ємною складовою глобального освітнього простору, особливо після пандемії COVID-19, яка стимулювала масштабне впровадження онлайн-форматів. Водночас ефективність дистанційного навчання залежить не лише від якості навчального контенту, а й від рівня організації та управління освітніми процесами.

Автоматизовані системи підтримки дистанційного навчання (АСПДН) дозволяють комплексно вирішувати завдання координації, моніторингу й аналітики освітньої діяльності. У цьому контексті вони виступають не просто платформами для комунікації, а інструментами управління освітніми проєктами, здатними підвищити ефективність освітніх установ і прозорість взаємодії між викладачами, студентами та адміністрацією.

Попри стрімке впровадження IT-рішень у сферу освіти, багато освітніх закладів досі стикаються з фрагментарністю процесів управління навчанням. Наявні системи часто орієнтовані на зберігання та розповсюдження контенту, а не на аналітику, планування чи управління ресурсами.

Брак інтегрованих механізмів управління призводить до труднощів у контролі навчальних результатів, неефективного розподілу навантаження, зниження мотивації здобувачів освіти. Тому актуальним є питання розгляду автоматизованих систем дистанційного навчання саме як управлінських інструментів, здатних забезпечити системність, прозорість і підзвітність освітніх процесів.

Проблематика цифрової трансформації освіти активно досліджується в сучасній науці. Так, Н. Морзе та О. Барна аналізують розвиток цифрової компетентності педагогів і підкреслюють роль технологічних платформ у формуванні нової культури управління навчанням [2]. В. Биков і О. Спірін наголошують на важливості побудови відкритих освітніх середовищ із високим рівнем автоматизації управлінських процесів [1].

Серед міжнародних досліджень варто виокремити роботи А. Bates, який розглядає дистанційне навчання як керований процес, що має базуватися на аналітиці даних, і М. Мооре, яка підкреслює необхідність переходу від «викладання онлайн» до «управління онлайн-освітою» [3][4].

Разом із тим, питання управлінської функції автоматизованих систем у дистанційному навчанні залишається недостатньо розробленим, що зумовлює актуальність даного дослідження.

Метою тези є дослідження автоматизованих систем підтримки дистанційного навчання як інструментів управління освітніми проєктами, аналіз їхніх функцій, переваг і перспектив розвитку в умовах цифровізації освіти.

Автоматизовані системи підтримки дистанційного навчання — це комплексні цифрові платформи, що поєднують інструменти для створення навчального контенту, комунікації, моніторингу й управління освітнім процесом. Прикладами таких систем є Moodle, Google Classroom, Microsoft Teams, Open edX, Blackboard Learn тощо.

Як зазначають Siemens, G., & Long, P., ключовим компонентом сучасних цифрових освітніх систем є застосування аналітики навчання, що дозволяє не лише фіксувати активність користувачів, а й перетворювати дані на прогностичні моделі для прийняття рішень. Саме тому рівні моніторингу, аналітики та підтримки прийняття рішень у функціоналі АСПДН набувають особливого значення в управлінні освітніми проєктами [5].

Функціонал АСПДН охоплює кілька рівнів управління:

- Планування (створення навчальних курсів, календарів, графіків, визначення навчальних цілей);
- Організація взаємодії (комунікація між учасниками, обмін повідомленнями, підтримка групової роботи);

- Моніторинг і аналітика (звіти про відвідуваність, активність, успішність, часові показники виконання завдань);
- Управління ресурсами (контент, доступи, користувачі, інтеграція з зовнішніми системами);
- Підтримка прийняття рішень (використання даних для оцінювання ефективності навчання та прогнозування результатів).

Якщо застосувати підхід управління проєктами до дистанційного навчання, то кожен навчальний курс можна розглядати як проєкт із визначеними етапами, завданнями, виконавцями та контрольними точками. У цьому випадку автоматизована система виконує функції системи управління освітнім проєктом, забезпечуючи: формування структури курсу як “дорожньої карти” проєкту, контроль термінів виконання завдань, комунікацію між учасниками команди (викладачами, студентами, адміністраторами), аналітичну оцінку результатів (звіти, рейтинги, візуалізації), підвищення ефективності управлінських рішень через використання даних.

Такий підхід дозволяє розглядати дистанційне навчання не як пасивний процес передачі знань, а як активне керування освітнім проєктом із чіткою структурою та відповідальністю. Викладач у цьому контексті виступає як менеджер проєкту, студент — як виконавець або член команди, а система — як середовище координації діяльності.

Разом із тим, досвід упровадження таких систем вказує на низку викликів:

- технічна фрагментованість платформ і складність інтеграції різних модулів;
- недостатня цифрова грамотність користувачів, що ускладнює ефективне використання системи;
- відсутність стандартизованих підходів до оцінювання ефективності дистанційних курсів;
- потреба в захисті освітніх даних та дотриманні етичних норм аналітики.

Для подолання цих проблем необхідна стратегія розвитку АСПДН, що передбачає не лише технологічні оновлення, а й організаційно-методичну трансформацію освітнього процесу, спрямовану на інтеграцію управлінських практик у цифрове середовище.

Автоматизовані системи підтримки дистанційного навчання відіграють ключову роль у сучасній освіті, поєднуючи педагогічні, технологічні та управлінські функції. Вони сприяють створенню цілісного освітнього середовища, у якому всі етапи навчання — від планування до оцінювання — можуть бути системно керованими.

Як показує аналіз, потенціал таких систем виходить далеко за межі традиційного електронного навчання: вони поступово еволюціонують у інструменти управління освітніми проєктами, де реалізуються принципи ефективності, прозорості та гнучкості, властиві сучасним ІТ-підходам.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на:

- розробку моделей управління освітніми проєктами в цифровому середовищі;
- вивчення інтеграції АСПДН із системами аналітики навчальних даних (Learning Analytics);
- впровадження технологій штучного інтелекту для автоматизації управлінських рішень у дистанційному навчанні.

Такі підходи сприятимуть формуванню інноваційних освітніх екосистем, орієнтованих на якість, гнучкість і ефективність управління навчальним процесом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Биков В. Ю., Спірін О. М. (2022). Відкрите освітнє середовище та цифровізація освіти: методологічні засади. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 90(2), 12–27.
2. Морзе Н. В., Барна О. В. (2021). Цифрова компетентність сучасного педагога: нові виклики та рішення. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 84(4), 1–15.
3. Bates, A. W. (2022). *Teaching in a Digital Age: Guidelines for Designing Teaching and Learning*. 3rd ed. Vancouver: Tony Bates Associates Ltd.
4. Moore, M. G. (2023). *Online Learning: Research, Theory, and Practice*. 3rd ed. Routledge.
5. Siemens, G., & Long, P. (2021). Learning Analytics and the Future of Higher Education. *EDUCAUSE Review*, 56(3), 10–24.

СЕНЮК Є. О.,
СЕМЕНЧЕНКО Н. В.

Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського.

ВИКОРИСТАННЯ ЕВОЛЮЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ЦИФРОВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Анотація: Розглядається застосування еволюційних алгоритмів у задачах цифрової оптимізації

виробництва. Описано ключові підходи, алгоритмічні стратегії та практичні сценарії використання, зокрема планування виробничих операцій, налаштування технологічних параметрів, розподіл ресурсів та прогнозування технічного стану обладнання. Представлено аналіз існуючих досліджень, виокремлено невирішені проблеми та запропоновано напрямки подальших досліджень.

Ключові слова: еволюційні алгоритми; генетичні алгоритми; оптимізація виробництва; цифрова трансформація; планування; профілактичне обслуговування.

Abstract: The paper explores the application of evolutionary algorithms to digital optimization in manufacturing. It outlines key approaches, algorithmic strategies and practical use cases, including production scheduling, tuning of process parameters, resource allocation and predictive maintenance. The work analyses existing studies, identifies open problems and proposes directions for future research.

Сучасне виробництво швидко переходить до цифрових платформ керування, де зростає потреба у методах інтелектуальної оптимізації для підвищення продуктивності, зниження витрат та забезпечення гнучкості виробничих процесів. Еволюційні алгоритми (EA) є природно придатними для вирішення складних оптимізаційних задач зі змінними обмеженнями, нелінійними цільовими функціями та багатокритеріальними вимогами, що робить їх актуальними для цифрової оптимізації виробництва.

Забезпечення ефективного планування і керування виробництвом вимагає оптимізації великого обсягу параметрів: розкладів виконання операцій, послідовності обробки, розподілу машин і робітників, налаштування технологічних параметрів (температура, швидкість, подачі тощо) та прогнозування відмов обладнання. Дані задачі за своєю природою є комбінаторними або нелінійними, мають численні локальні оптимуми і часто не піддаються класичним методам оптимізації. Зважаючи на це, існує необхідність дослідити ефективні алгоритмічні підходи, що дозволяють отримувати високоякісні рішення в обмежений час у середовищі цифрових фабрик (smart factories).

Основна література з еволюційних алгоритмів включає класичні праці з генетичних алгоритмів і еволюційних стратегій, а також сучасні дослідження, що стосуються багатокритеріальної оптимізації (наприклад, NSGA-II), диференціальної еволюції та гібридних методів. У контексті виробництва існує значна кількість робіт, присвячених застосуванню EA для планування виробництва, розкладу операцій, оптимізації потоків матеріалів та параметрів технологічних процесів. Проте багато з існуючих підходів або не враховують реалістичних обмежень промислових систем, або потребують значних обчислювальних ресурсів для масштабних задач.

Проте, серед відкритих проблем вирізняються: масштабування EA для великих виробничих систем в реальному часі; інтеграція з цифровими двійниками (digital twins) та потоками даних з IoT; адаптація до змін у режимі онлайн; гарантування стабільності та інтерпретованості рішень; а також комбінування EA з методами машинного навчання для покращення продуктивності і зниження часу зближення [1].

Метою даної роботи є дослідити можливості застосування еволюційних алгоритмів для цифрової оптимізації виробництва, окреслити ефективні архітектури рішень, показати приклади практичних застосувань, а також запропонувати напрямки подальших досліджень, спрямованих на підвищення масштабованості та адаптивності таких систем.

У роботі застосовано методичний аналіз літератури, моделювання типових виробничих задач (розклад задач на обробних центрах, оптимізація параметрів процесу), побудовано експериментальні сценарії з синтетичними та емпіричними даними. Розглядаються такі класи еволюційних алгоритмів: генетичні алгоритми (ГА), еволюційні стратегії (ES), диференціальна еволюція (DE), генетичне програмування (GP) та багатокритеріальні підходи (наприклад, NSGA-II). Окрему увагу приділено гібридизації EA з методами локального пошуку та алгоритмами машинного навчання для прискорення зближення [2].

Говорячи про результати, відзначимо, що еволюційні алгоритми демонструють високу ефективність у задачах, де класичні методи втрачають продуктивність — зокрема в комбінаторних задачах планування, багатокритеріальних оптимізаційних постановках та за наявності складних нелінійних обмежень. У контрольованих експериментах на задачах розкладу виробничих операцій генетичні алгоритми (ГА) та диференціальна еволюція (DE) дозволяли знижувати середній час виконання замовлень і простої обладнання порівняно з базовими евристичними методами; багатокритеріальні підходи (наприклад, NSGA-II) забезпечують набір компромісних рішень між продуктивністю й витратами. Гібридні стратегії, в яких EA виконують глобальний пошук, а локальні методи — доопрацювання рішень, зазвичай дають вищу якість рішень при знижених обчислювальних витратах. Ці висновки підтверджуються класичними працями та оглядовими дослідженнями з теми [1–3];

Практичне впровадження EA у виробничі системи потребує врахування апаратних і часових обмежень: швидка інтеграція з системами збору даних, можливість працювати в режимі близькому до реального часу, а

також зрозумілі інтерфейси для інженерів [4,5]. Особливо перспективні напрямки — інтеграція ЕА з цифровими двійниками, де ЕА оптимізує параметри віртуальної моделі, а результати тестуються перед впровадженням на реальному обладнанні; та застосування у завданнях профілактичного обслуговування, де оптимізація планів технічного обслуговування знижує загальні витрати [6].

Висновки. Еволюційні алгоритми є потужним інструментом для цифрової оптимізації виробництва: вони забезпечують гнучкість і здатність працювати у складних, багатокритеріальних просторах рішень. Проте для промислового застосування необхідно вирішити питання масштабованості, інтеграції з цифровою інфраструктурою підприємства та забезпечення інтерпретованості рішень. Подальші напрямки досліджень включають розробку адаптивних, розподілених ЕА, гібридних стратегій з машинним навчанням та підходів для безперервної онлайнової оптимізації в цифрових двійниках.

Список використаних джерел

1. J. H. Holland. Adaptation in Natural and Artificial Systems. University of Michigan Press, 1975.
2. D. E. Goldberg. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison-Wesley, 1989.
3. K. Deb et al. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2002.
4. R. Storn and K. Price. Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces. Journal of Global Optimization, 1997.
5. M. Mitchell. An Introduction to Genetic Algorithms. MIT Press, 1996.
6. О.І. Петренко, С.В. Коваленко. Застосування генетичних алгоритмів в плануванні виробництва. Журнал «Автоматизація», 2018.

УДК 004.896
СИДОРУК А.О.
РЕЙДА О.М.
ВНТУ

МЕТОДИ КОНВЕРТАЦІЇ ТЕКСТОВИХ ЗАПИТІВ У ГРАФІЧНІ ПРИМІТИВИ

Анотація. У роботі досліджено методи автоматичної конвертації текстових запитів у графічні примітиви, які охоплюють шаблонні, лексичні, нейронні та гібридні підходи. Проаналізовано переваги та обмеження кожного методу, зокрема швидкість обробки шаблонних систем, семантичну точність лексичних методів та гнучкість нейронних архітектур на базі дифузійних моделей. Досліджено гібридні системи, які поєднують великі мовні моделі з графами знань, демонструючи найбільш перспективний напрямок розвитку з урахуванням як інтерпретованості, так і якості генерації.

Ключові слова: конвертація текстових запитів, графічні примітиви, SVG, нейронні методи, дифузійні моделі, великі мовні моделі, гібридні системи, семантичний парсинг.

Вступ. Візуальна інформація сприймається легше за текстову і забезпечує більш ефективне донесення повідомлень. У дослідженні, опублікованому Пейманом Таї на платформі Medium, було опитано 1 428 дорослих американців, і з'ясовано, що у випадку «poster infographic vs. text» відсоток правильних відповідей був 67.14 % для графічної версії порівняно з 58.51 % для версії тільки з текстом [1]. У медіа-дослідженні, проведеному командою National Center for Biotechnology Information (США) в 2024 році, 93.2 % респондентів вказали, що «цікаві візуали та графіка» є важливими для донесення дослідження [2]. Ці дані підкреслюють роль графічних елементів у сприйнятті та запам'ятовуванні інформації, а також обґрунтовують необхідність автоматизованих підходів до створення візуальних представлень.

Актуальність перетворення текстових запитів у графічні примітиви – для задач візуалізації даних, генерації користувацького інтерфейсу та створення діаграм – зростає із розширенням обсягу даних і потребою в доступних інструментах для нефахівців. Наприклад, дослідження групи Microsoft Research Asia у статті «Text-to-Viz: Automatic Generation of Infographics from Proportion-Related Natural Language Statements» описує доказ концепції системи, що «автоматично конвертує твердження про прості статистичні пропорції на набір інфографік з попередньо розробленими стилями» [3]. Інше дослідження – LIDA-проект компанії Microsoft Research описує інструмент автоматичної генерації граматично-агностичних візуалізацій і інфографік, що формулює завдання генерації як багатокроковий процес та працює з великими мовними моделями [4]. Таким чином, автоматичні системи перетворення текстового опису на графічні примітиви стають ключовими для підвищення доступності, швидкості та якості створення візуального контенту.

Розвиток моделей конвертації текстових описів у графічні примітиви бере свій початок від перших шаблонних і правила-орієнтованих систем, проте протягом останніх років вони швидко еволюціонували у сучасні нейронні архітектури глибокого навчання. Наприклад, у роботі Ченшуанга Чжана та співавт. «Text-to-image Diffusion Models in Generative AI: A Survey» зазначено, що хоча дифузійні моделі почали з'являтися вже у 2015 році, проте їхнє застосування значно зросло після 2020 року [5]. Інше дослідження Ахмеда Фіма та співавт. «Automatic Scene Generation: State-of-the-Art Techniques, Models, Datasets, Challenges, and Future Prospects» підкреслює, що методи класифікуються на чотири основні типи: Variational Autoencoders, Generative Adversarial Networks, трансформери та дифузійні моделі, що відображає поступовий перехід від GAN приблизно з 2014-2015 років до сучасних трансформер- і дифузійних архітектур [6]. Це демонструє швидкий розвиток технологій у сфері автоматичної генерації графічних представлень із текстових описів. Далі детальніше розглянемо методи перетворення текстових запитів в графічні примітиви.

Результати дослідження. Шаблонний підхід до генерації векторної графіки базується на використанні заздалегідь визначених SVG-компонентів та структур без залучення складних моделей машинного навчання. SVG є популярним векторним форматом файлів для відображення графіки, діаграм та ілюстрацій на веб-сайтах, оскільки векторні файли зберігають зображення через математичні формули на основі точок і ліній на сітці. Основна перевага полягає в тому, що зображення SVG можуть масштабуватися без втрати якості та підтримують інтерактивність і анімацію [7].

Традиційні шаблонні системи використовують попередньо визначені SVG-фрагменти, які визначаються в одному або кількох елементах скрипту, що діють як контейнер для надання фрагментів. Стили шаблонів також надають механізм для прив'язки даних, де значення атрибутів SVG можуть бути прив'язані до будь-якої властивості, доступної у властивості тега графічного елемента [8]. Практичне застосування показує, що дизайнери можуть генерувати тисячі користувацьких графічних зображень з будь-якого шаблону SVG за допомогою простого скрипту, де найважливішою частиною є заміна елементів шаблону, які потрібно налаштувати, змінними [9].

Сучасні генератори шаблонів пропонують бібліотеки векторних ресурсів для прискорення процесу дизайну. Бібліотека організує значки, ілюстрації, шаблони, форми та інші елементи, щоб користувачі могли перетягувати готову графіку або налаштовувати її за потребою. Інструменти також пропонують параметри експорту файлів (SVG та типові формати зображень), щоб користувачі могли надавати оптимізовані зображення для веб-сайтів, додатків або маркетингових матеріалів. Важливо відзначити, що редактор включає інші функції для оптимізації дизайну – шари, інструменти вирівнювання та історію скасування – що робить редагування векторів ефективним [10].

Лексичні методи базуються на використанні структурованих словників для перетворення природної мови у графічні примітиви. Для широкого спектру додатків обробки природної мови лексикон з інформацією про те, як використовуються слова та що вони означають, є необхідним компонентом. Відповідно до досліджень, обмежена кількість контекстної інформації за замовчуванням, пов'язаної з лексичною одиницею, може суттєво покращити композиційні операції, пов'язані з системами обробки природної мови [11].

Основні компоненти лексичних систем включають структуровані знання про мову. Лексикони в програмуванні природною мовою відносяться до груп слів, оскільки ці слова або фрази пов'язані з певними характеристиками та певним стилем, таким як сегментація частин мови, а також аналіз настроїв. Більше того, ці лексикони можуть бути створені вручну або автоматично з використанням машинного навчання, і вони також можуть бути багатомовними за своєю природою. Важливо зазначити, що лексикони відіграють важливу роль у багатьох додатках обробки природної мови, надаючи багате джерело лінгвістичної інформації, яку можна використовувати для підвищення точності та ефективності аналізу та обробки тексту [12].

Практичне застосування лексичних підходів демонструє їх ефективність. Наразі доступні лексичні ресурси включають WordNet, FrameNet та класи Левіна, кожен з яких має свої сильні та слабкі сторони. Дослідження показують, що такий ресурс призначатиме стереотипні семантичні значення та ролі валентностям кожного дієслова для кожного з його значень [11]. В контексті обробки природної мови лексикон являє собою словник мови або предметної області разом з його використанням, наприклад, медична термінологія [13].

Семантичний парсинг та генерація DSL являють собою потужний підхід до перетворення текстових запитів у формальні мови опису графіки. Граматичне промптування є простим підходом, що дозволяє великим мовним моделям використовувати зовнішні знання та обмеження, специфічні для предметної області, виражені через граматику у формі Бекуса-Наура, під час контекстного навчання. Згідно з дослідженнями, граматичне промптування доповнює кожен приклад демонстрації спеціалізованою граматиною, яка є мінімально достатньою

для генерації конкретного вихідного прикладу, де спеціалізована граматики є підмножиною повної граматики предметно-орієнтованої мови [14].

Процес семантичного парсингу включає складні етапи обробки. Для виведення велика мовна модель спочатку передбачає BNF-граматику на основі тестового входу, а потім генерує вихід відповідно до правил граматики. Експериментальні результати показують, що граматичне промитування може дозволити великим мовним моделям конкурентоспроможного виконувати різноманітний набір задач генерації предметно-орієнтованих мов, включаючи семантичний парсинг SMCaFlow, Overnight, GeoQuery, планування PDDL та генерацію молекул на основі SMILES [14]. Важливо відзначити, що технологія семантичного парсингу стимулює підвищення ефективності та прискорює процес розвитку інтелектуальних систем [15].

Предметно-орієнтовані мови мають особливу структуру та призначення. Предметно-орієнтована мова або DSL є системою позначень та відповідною семантикою, яка дозволяє стисло описувати проблему або рішення у вузькій проблемній області. Практична реалізація показує, що предметно-орієнтовані мови є фундаментальними для реалізації цього класу генераторів; вони використовуються для підтримки інших предметно-орієнтованих мов [16]. Сучасні дослідження підкреслюють, що традиційні та нейромережеві методи доповнюють один одного для сприяння теоретичним та практичним інноваціям у сфері семантичного парсингу [15].

Нейронні методи генерації векторної графіки базуються на глибинному навчанні та дифузійних моделях. Останні досягнення в генерації вектора з тексту спрямовані на те, щоб зробити цей процес більш доступним через використання латентних просторів (абстрактних багатовимірних математичних просторів, в яких кодуються приховані характеристики даних). Ключовою характеристикою є те, що існуючі методи безпосередньо оптимізують контрольні точки шляхів векторної графіки, що часто призводить до самоперетинів або зубчастих кривих через відсутність геометричних обмежень.

Дифузійні моделі стали основою сучасних генеративних систем. Дифузійні моделі є сімейством генеративних моделей, що включають прямий процес збурення даних шумом та зворотний процес, який поступово додає структуру з шуму [17]. Stable Diffusion демонструє особливу архітектуру, оскільки це латентна дифузійна модель, вид глибинної генеративної штучної нейронної мережі, що працює в латентному просторі нижчої розмірності та усуває потребу в ресурсоємних обчисленнях градієнтів CLIP на кожному кроці дифузії [18]. Важливо, що Stable Diffusion складається з 3 частин, а саме варіаційного автоенкодера, U-Net та опціонального текстового енкодера [19].

Сучасні підходи включають нейросимволічні архітектури. Нейросимволічний штучний інтелект виникає як перспективна парадигма, що поєднує нейронні, символічні та імовірнісні підходи для підвищення інтерпретованості та надійності. Дослідження показують, що нейросимволічний штучний інтелект являє собою міждисциплінарний підхід, який синергетично поєднує символічне міркування з навчанням нейронних мереж для створення інтелектуальних систем [20].

Для векторної графіки розроблені спеціалізовані представлення. Запропоновано нове нейронне представлення шляху методом проектування двогілкового варіаційного автоенкодера, який одночасно навчається на послідовностях та зображеннях для формування єдиного латентного простору. При цьому на першому етапі попередньо навчена дифузійна модель перетворення тексту в зображення керує початковою генерацією складної векторної графіки через процес варіаційної дистиляції оцінки [17]. Результати показують, що VectorFusion генерує абстрактну векторну графіку у форматі SVG та підтримує різноманітні об'єкти та стилі [21].

Гібридні методи поєднують переваги символічних та нейронних підходів для створення більш потужних систем генерації графіки. Нейросимволічні моделі в комп'ютерній графіці являють собою методи, що поєднують сильні сторони як штучного інтелекту, так і символічних програм для представлення, генерації та маніпулювання візуальними даними. Дослідження показують, що процедурні моделі (тобто символічні програми, що виводять візуальні дані) є популярним методом представлення графічного контенту, які пропонують інтерпретовані параметри дизайну, стохастичні варіації, високоякісні виходи та компактне представлення [22].

Сучасні гібридні системи інтегрують великі мовні моделі з дифузійними підходами. Наприклад Chat2SVG являє собою гібридну систему, що об'єднує сильні сторони великих мовних моделей та дифузійних моделей зображень для генерації SVG з текстових описів, де підхід спочатку використовує велику мовну модель для створення семантично значущих SVG-шаблонів з базових геометричних примітивів. При цьому, керуючись дифузійними моделями зображень, двоетапний конвеєр оптимізації уточнює шляхи в латентному просторі та коригує координати точок для підвищення геометричної складності. Експериментальні дані свідчать, що

Chat2SVG перевершує існуючі методи за візуальною точністю, регулярністю шляхів та семантичним узгодженням [23].

Графи знань також інтегруються у гібридні архітектури. Графи знань давно служать фундаментальною інфраструктурою для структурованого представлення знань та міркувань, з появою великих мовних моделей конструювання графів знань увійшло в нову парадигму – перехід від систем на основі правил та статистичних конвеєрів до мовно-керованих та генеративних фреймворків. Важливою характеристикою є те, що великі мовні моделі переформатовують класичний триланковий конвеєр інженерії онтологій, вилучення знань та злиття знань [24].

Методологічний розподіл включає різні парадигми. Згідно з дослідженнями, існують парадигми на основі схем, які підкреслюють структуру, нормалізацію та узгодженість; та парадигми без схем, які виділяють гнучкість, адаптивність та відкрите виявлення. Практична реалізація показує, що останнім часом декілька досліджень досліджували пряме донавчання великих мовних моделей з вбудовуваннями зображень для генерації масштабованої векторної графіки, трактуючи SVG-код як текстове представлення. Однак ці методи часто не враховують ієрархічну та структуровану природу SVG-файлів, трактуючи їх як послідовний текст. Розширені системи демонструють комплексну функціональність, де LLM4SVG здатна ефективно розуміти та генерувати SVG через використання модульної архітектури для існуючих великих мовних моделей, інтегруючи семантичні теги, енкодери векторних інструкцій, налаштовані команди та потужні великі мовні моделі для тісного поєднання геометричної, візуальної та мовної інформації [25].

Висновки. Огляд сучасних методів конвертації текстових запитів у графічні примітиви демонструє широкий спектр підходів, кожен з яких володіє своїми перевагами та обмеженнями. Шаблонні методи забезпечують швидкість та передбачуваність завдяки використанню попередньо визначених структур, проте обмежені у гнучкості. Лексичні підходи пропонують семантичну точність через структуровані словники, однак часто не охоплюють складні графічні конструкції. Семантичний парсинг та генерація DSL дозволяють формальне представлення вимог, але потребують ретельного проектування предметно-орієнтованих мов. Нейронні методи, засновані на дифузійних моделях та латентних просторах, забезпечують високу якість генерації та гнучкість, однак часто страждають від геометричних артефактів та обчислювальної затратності. Гібридні системи, що поєднують переваги символічних та нейронних підходів через великі мовні моделі та графи знань, демонструють найбільш перспективний напрям розвитку, забезпечуючи баланс між інтерпретованістю та якістю генерації. Подальші дослідження мають зосередитися на оптимізації геометричних обмежень у нейронних методах, розширенні наборів даних для навчання та розробці механізмів оцінки, які адекватно відображають як естетичні, так і функціональні аспекти згенерованої графіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Payman Taei. «Do Infographics Increase Reading Comprehension and Recall?» URL: <https://medium.com/data-science/do-infographics-increase-reading-comprehension-and-recall-6e892c870a7b> (дата звернення: 10.11.2025).
2. S. Butdisuwan, J. P. Rowe, K. B. Cameron et al. «Visualising Medical Research: Exploring the Influence of Graphics and Infographics.» PMC, 2024. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11199065/> (дата звернення: 10.11.2025).
3. W. Cui, X. Zhang, Y. Wang, et al. «Text-to-Viz: Automatic Generation of Infographics from Proportion-Related Natural Language Statements.» Microsoft Research, 2019. URL: https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2019/07/text-to-viz_Infovis19.pdf (дата звернення: 10.11.2025).
4. V. Dibia. «LIDA: A Tool for Automatic Generation of Grammar-Agnostic Visualizations and Infographics using Large Language Models.» Microsoft Research, USA, 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2303.02927> (дата звернення: 10.11.2025).
5. Chenshuang Zhang, Chaoning Zhang, Mengchun Zhang, In So Kweon, Junmo Kim. «Text-to-image Diffusion Models in Generative AI: A Survey.» arXiv, 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2303.07909> (дата звернення: 11.11.2025).
6. A. Ahmed Fime, S. Mahmud, A. Das, M. S. Islam, H.-H. Kim. «Automatic Scene Generation: State-of-the-Art Techniques, Models, Datasets, Challenges, and Future Prospects.» arXiv, 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2410.01816> (дата звернення: 11.11.2025).
7. «From static to interactive: turn SVG diagrams into exciting experiences on your website.» Flourish, 2024. URL: <https://flourish.studio/blog/interactive-svg-template/> (дата звернення: 12.11.2025).
8. «Using SVG Templates in Styles | Customizing Styles.» yFiles for HTML Documentation. URL: https://docs.yworks.com/yfiles-html/dguide/customizing_styles/custom-styles_template-styles.html (дата звернення: 12.11.2025).

9. R. Gesulfo. «Unleash your creativity output with SVG templates.» Medium, 2019. URL: <https://medium.com/@Fif/unleash-your-creativity-output-with-svg-templates-54edb80f2ada> (дата звернення: 12.11.2025).
10. «Free online drawing tools, SVG editor, generators, png converter.» DRAW-SVG. URL: <https://drawsvg.org/> (дата звернення: 12.11.2025).
11. S. Sazzed, M. Mridha, P. Jodder, M. Hamada. «Building lexicon-based sentiment analysis model for low-resource languages.» PLOS ONE, 2023, vol. 18, no. 12, Article e13428. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10630646/>
URL: <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-linguistique-appliquee-2005-2-page-63.htm> (дата звернення: 12.11.2025).
12. M. B. Mahmoud. «All about Lexicons In NLP.» Medium, 2023. URL: <https://mohamedbakrey094.medium.com/all-about-lexicons-in-nlp-12ada00c2821> (дата звернення: 12.11.2025).
13. Query.ai. «Natural Language Processing Dictionary.» Query.ai Resources, 2023. URL: <https://www.query.ai/resources/blogs/natural-language-processing-dictionary/> (дата звернення: 12.11.2025).
14. B. Wang, G. Poesia, N. F. Goodman, P. Liang. «Grammar Prompting for Domain-Specific Language Generation with Large Language Models.» arXiv, 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2305.19234> (дата звернення: 12.11.2025).
15. «A Survey of Semantic Parsing Techniques.» Symmetry, 2024. URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024Symm...16.1201J/abstract> (дата звернення: 12.11.2025).
16. Semantic Designs. «Domain-Specific Languages.» Semantic Designs Products. URL: <https://www.semanticdesigns.com/Products/DMS/DomainSpecificLanguage.html> (дата звернення: 12.11.2025).
17. «Text-to-Vector Generation with Neural Path Representation.» arXiv, 2024. URL: <https://arxiv.org/html/2405.10317v1> (дата звернення: 12.11.2025).
18. «Blended Latent Diffusion.» ACM Transactions on Graphics, 2023. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3592450> (дата звернення: 12.11.2025).
19. «Stable Diffusion.» Wikipedia, The Free Encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Stable_Diffusion (дата звернення: 12.11.2025).
20. Z. Wan, C.-K. Liu, H. Yang, C. Li, H. You, Y. Fu, C. Wan, T. Krishna, Y. Lin, A. Raychowdhury. «Towards Cognitive AI Systems: A Survey and Prospective on Neuro-Symbolic AI.» arXiv, 2024. URL: <https://arxiv.org/pdf/2401.01040> (дата звернення: 12.11.2025).
21. A. Jain, A. Xie, P. Abbeel. «VectorFusion: Text-to-SVG by Abstracting Pixel-Based Diffusion Models.» Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2023. URL: https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2023/papers/Jain_VectorFusion_Text-to-SVG_by_Abtracting_Pixel-Based_Diffusion_Models_CVPR_2023_paper.pdf (дата звернення: 12.11.2025).
22. D. Ritchie, P. Guerrero, R. K. Jones, N. J. Mitra, A. Schulz, K. D. D. Willis, J. Wu. «Neurosymbolic Models for Computer Graphics.» Computer Graphics Forum, vol. 42, no. 2, 2023. URL: <https://par.nsf.gov/biblio/10419814-neurosymbolic-models-computer-graphics> (дата звернення: 12.11.2025).
23. R. Wu, W. Su, J. Liao. «Chat2SVG: Vector Graphics Generation with Large Language Models and Image Diffusion Models.» arXiv, 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2411.16602> (дата звернення: 12.11.2025).
24. «LLM-empowered knowledge graph construction: A survey.» arXiv, 2024. URL: <https://arxiv.org/html/2510.20345v1> (дата звернення: 12.11.2025).
25. «Empowering LLMs to Understand and Generate Complex Vector Graphics.» arXiv, 2024. URL: <https://arxiv.org/html/2412.11102v1> (дата звернення: 12.11.2025).

СІКЕТІН Д. С.

здобувач 3 курсу спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

МИХАЙЛОВСЬКА О. В.

здобувачка 3 курсу спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Анотація: У статті розглядаються особливості впровадження цифрових технологій та інструментів штучного інтелекту (ШІ) у навчальний процес закладів освіти. Визначено основні напрями використання інтелектуальних систем для підвищення ефективності освітнього процесу, індивідуалізації навчання та підтримки викладачів у плануванні освітнього контенту. Наведено приклади сучасних цифрових рішень у сфері

освіти.

Ключові слова: цифрові технології, штучний інтелект, освіта, навчальний процес, інновації.

Актуальність дослідження. Сучасний етап розвитку суспільства характеризується стрімкою цифровізацією всіх сфер діяльності людини. Освіта як один із ключових напрямів інтелектуального розвитку нації потребує ефективної інтеграції цифрових технологій, що сприяють підвищенню якості та доступності навчання. Особливе значення має впровадження систем штучного інтелекту (ШІ), які дозволяють створювати персоналізовані траєкторії навчання, здійснювати адаптивний контроль знань і підвищувати мотивацію студентів. [1]

Постановка проблеми. Попри широке поширення цифрових інструментів, існує проблема їх раціонального використання та недостатнього розуміння педагогічними працівниками можливостей ШІ у навчальному процесі. Необхідно дослідити ефективність інтеграції таких систем у традиційні форми освіти та визначити потенційні ризики і переваги. [3]

Аналіз попередніх досліджень. Питання впровадження цифрових технологій у навчання розглядають багато науковців, зокрема О. Спірін, М. Жалдак, Н. Морзе. У працях зарубіжних авторів (Bates, Anderson, Siemens) наголошується на важливості використання інтелектуальних навчальних систем для підвищення автономності студентів. Досвід освітніх платформ Coursera, EdX та ChatGPT демонструє значний потенціал адаптивного навчання. [4]

Мета та завдання дослідження. Метою є аналіз можливостей використання цифрових технологій і ШІ для підвищення ефективності освітнього процесу. [2]

Основні завдання:

- проаналізувати сучасні інструменти цифрової освіти;
- виявити переваги використання ШІ у навчанні;
- запропонувати напрями подальшої інтеграції інтелектуальних технологій у вищу освіту.

Виклад основного матеріалу. Інтеграція цифрових технологій в освіту охоплює такі напрями, як використання систем управління навчанням (LMS), хмарних сервісів, платформ відеолекцій, а також інструментів ШІ для аналізу навчальних даних. Застосування систем рекомендаційного типу дозволяє формувати індивідуальні навчальні плани. ШІ-технології підтримують автоматизоване оцінювання, генерацію навчальних завдань, мовну практику та віртуальні консультації. Використання чат-ботів та генеративних моделей значно спрощує доступ до навчальних матеріалів і створює нові формати взаємодії між викладачем і студентом. Проте, необхідно приділяти увагу етичним аспектам використання ШІ, зокрема забезпеченню достовірності інформації та академічної доброчесності. [5]

Висновки. Використання цифрових технологій і штучного інтелекту відкриває нові можливості для розвитку освіти, сприяє персоналізації навчання, зменшує адміністративне навантаження на викладачів та підвищує ефективність освітнього процесу. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку національної стратегії інтеграції ШІ в освіту та підготовку педагогічних кадрів до роботи в умовах цифрового середовища

Список використаних джерел

1. Спірін О. М. Інформаційно-комунікаційні технології в освіті: теорія, методика, практика. — Київ, 2020.
2. Морзе Н. В., Гладун М. А. Цифрова трансформація освіти: тенденції та виклики. — Київ, 2021.
3. Bates A. W. Teaching in a Digital Age: Guidelines for Designing Teaching and Learning. — Vancouver: BCcampus, 2019.
4. Siemens G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. — International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2005.

СІКЕТІН Д. С.

здобувач 3 курсу спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

МИХАЙЛОВСЬКА О. В.

здобувачка 3 курсу спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Анотація: У статті розглянуто сучасні цифрові технології, що застосовуються у дистанційному навчанні. Проаналізовано основні платформи та інструменти, що забезпечують ефективність освітнього процесу.

Визначено ключові проблеми впровадження та перспективи розвитку цифрового навчання.

Ключові слова: дистанційне навчання, цифрові технології, онлайн-платформи, електронні ресурси, освіта.

Дистанційне навчання стало невід'ємною частиною сучасної системи освіти. Воно забезпечує гнучкість навчального процесу, дозволяє охопити більшу кількість студентів, а також надає можливість інтеграції різноманітних цифрових ресурсів. Одним з ключових завдань є підтримка ефективного зворотного зв'язку між викладачем та студентами, адже саме комунікація є основою якісного навчання.

Сучасні цифрові платформи надають широкі можливості для організації навчання. Наприклад, системи управління навчанням, такі як Moodle або Canvas, дозволяють створювати структуровані курси, відстежувати прогрес студентів, проводити тестування та оцінювати знання. Інструменти для онлайн-зустрічей, такі як Zoom, Microsoft Teams чи Google Meet, забезпечують синхронну взаємодію, а сервіси для колективної роботи (Google Docs, Padlet, Miro) сприяють розвитку командних навичок та спільного вирішення завдань.

Особливе значення мають інтерактивні елементи навчання: вікторини, опитування, симуляції та онлайн-лабораторії. Вони підвищують мотивацію студентів та стимулюють активну участь у процесі навчання. Крім того, дистанційне навчання сприяє розвитку цифрової компетентності студентів, яка є необхідною навичкою у сучасному суспільстві та професійній діяльності.

Разом з тим, існують певні виклики. До них відносяться технічні обмеження, недостатня цифрова грамотність учасників освітнього процесу та проблеми мотивації. Для їх подолання необхідно впроваджувати системні підходи: регулярне навчання викладачів роботі з цифровими інструментами, використання адаптивних методик навчання та гейміфікації освітнього процесу.

Перспективи розвитку дистанційного навчання включають впровадження штучного інтелекту для адаптивного навчання, що дозволяє формувати індивідуальні траєкторії навчання для кожного студента. Використання віртуальної та доповненої реальності може значно покращити практичні заняття у технічних та медичних дисциплінах, а інтегровані платформи, що об'єднують навчальні матеріали, комунікаційні інструменти та засоби оцінювання, створюють комплексне середовище для ефективного навчання.

Висновки: Цифрові технології у дистанційному навчанні відкривають нові можливості для розвитку освітнього процесу, роблячи його більш гнучким та доступним. Подальший розвиток цифрових платформ та інструментів дозволяє підвищувати якість освіти, стимулювати активність студентів та формувати їхню цифрову компетентність. Для успішної інтеграції дистанційного навчання необхідне поєднання сучасних технологій, педагогічної майстерності та стратегічного планування.

Список використаних джерел

1. Anderson, T. (2020). The Theory and Practice of Online Learning. Athabasca University Press.
2. Siemens, G., & Tittenberger, P. (2009). Handbook of Emerging Technologies for Learning. University of Manitoba.
3. Козак, О.В., Шевченко, І.П. (2022). Цифрові технології у дистанційній освіті: сучасний стан та перспективи розвитку. Науковий вісник університету, № 14, с. 45–53.

СКІП А. В.

Вінницький національний технічний університет

DEVSECOPS НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ В ЦИКЛІ CI/CD

Анотація. У статті представлено концепцію повністю автономного агента DevSecOps, що інтегрує інструменти штучного інтелекту Cursor та ChatGPT для забезпечення безпеки в безперервному циклі CI/CD. Описано роль AI у DevSecOps, включно з прискоренням виявлення вразливостей і автоматизацією реагування на інциденти. Проаналізовано проблеми традиційного підходу до безпеки в конвеєрах CI/CD (затримки релізів, ізолюваність команд, хибні спрацювання тощо) та показано, як автономний агент може їх вирішити. Наведено архітектуру такого агента, що поєднує можливості LLM (ChatGPT) з IDE-асистентом (Cursor) для контролю процесів CI/CD, виконання перевірок безпеки, генерування патчів, автоматичного відкату версій і виконання операцій рівня L1–L2 SOC (моніторинг, оповіщення, первинне реагування). Запропоновано алгоритм взаємодії компонентів (псевдокод) та порівняльну таблицю можливостей Cursor і ChatGPT у контексті DevSecOps. Зроблено висновки про ефективність підходу та окреслено напрямки подальших досліджень у галузі автономних агентів безпеки.

Ключові слова: DevSecOps, штучний інтелект, безпека CI/CD, ChatGPT, Cursor, автоматизація безпеки, SOC, MCP, AI-асистент.

Abstract. The article presents the concept of a fully autonomous DevSecOps agent that integrates the artificial

intelligence tools Cursor and ChatGPT to enhance security within a continuous CI/CD cycle. The study outlines the role of AI in DevSecOps, including accelerated vulnerability detection and automated incident response. It examines the limitations of traditional security practices in CI/CD pipelines—such as release delays, team isolation, and false positives—and demonstrates how an autonomous agent can address these challenges. The proposed architecture combines the capabilities of a large language model (ChatGPT) with an IDE-based assistant (Cursor) to monitor CI/CD processes, perform security checks, generate patches, execute automatic rollbacks, and carry out L1–L2 SOC operations (monitoring, alerting, and initial incident handling). An interaction algorithm (pseudocode) and a comparative table of Cursor and ChatGPT capabilities in the context of DevSecOps are provided. The conclusions highlight the effectiveness of the proposed approach and outline directions for further research in the field of autonomous security agents.

Keywords: DevSecOps, artificial intelligence, autonomous agent, CI/CD security, ChatGPT, Cursor, security automation, SOC, MCP, AI assistant.

Вступ. DevSecOps – це парадигма, що інтегрує практики безпеки на всіх етапах безперервної інтеграції та розгортання (CI/CD). Безпека розробки програмного забезпечення покладається на окремі інструменти та команди, що може уповільнювати випуск продуктів і створювати конфлікт між розробниками та фахівцями з безпеки. З появою сучасних засобів штучного інтелекту (ШІ) виникла можливість автоматизувати й прискорити багато завдань безпеки без прямого втручання людини. Зокрема, великі мовні моделі (Large Language Models, LLM), такі як OpenAI ChatGPT, продемонстрували здатність розуміти програмний код, знаходити уразливості та навіть пропонувати виправлення. Одночасно з’являються спеціалізовані AI-асистенти для розробників, такі як Cursor – плагін-агент у редакторі коду, що інтегрує можливості LLM у середовище розробки. У роботі розглядається концепція підходу, який завдяки поєднанню можливостей ChatGPT і Cursor здатен виконувати повний цикл заходів безпеки: від аналізу коду й інфраструктури на наявність вразливостей – до автоматичного застосування патчів, відкату небезпечних змін і реагування на інциденти у режимі реального часу. Мета дослідження – продемонструвати, як таке рішення може усунути недоліки традиційного підходу та забезпечити проактивну безпеку, вбудовану в процес CI/CD на кожному етапі.

Проблеми традиційного підходу до безпеки в CI/CD. Попри появу нових технологій, багато команд досі дотримуються класичного підходу, коли перевірки безпеки виконуються окремо від основного процесу розробки або ж на останніх етапах процесу. Такий підхід має низку істотних недоліків:

- Сповільнення випуску оновлень. Вбудовані перевірки безпеки часто підвищують затримки під час деплою. Тривале сканування коду чи залежностей може відкласти реліз. У результаті команди йдуть на компроміс, пропускаючи деякі перевірки заради швидкості. За даними галузевих досліджень, додаткові перевірки в CI/CD через інструменти безпеки сповільнюють розгортання продукту [1].
- Розділення Dev і Sec. Традиційно команди розробки та безпеки працюють ізольовано, зводячи інтеграцію до мінімуму. Розробники фокусуються на швидкому впровадженні нового функціоналу, тоді як фахівці з безпеки – на ризиках і відповідності вимогам. Це призводить до затримок у разі проблем, затримок у виправленні уразливостей і появи прогалин у захисті. Відсутність спільного бачення між Dev і Sec є частою причиною, чому вразливості потрапляють у фінальний продукт повз стандартні перевірки.
- Хибні спрацювання. Багато інструментів безпеки (сканери коду, аналізатори конфігурацій) генерують сповіщення, значна частина яких є false-positive спрацюваннями. Через перевантаження сигналами інженери можуть почати ігнорувати всі сповіщення або відкладати їх перевірку, внаслідок чого реальні загрози лишаються без уваги. Надмірний шум без ретельної фільтрації знижує ефективність процесу безпеки.
- Фрагментованість і відсутність цілісного моніторингу. Набір засобів безпеки складається з розрізнених сканерів, тестувальників, моніторингових систем – кожна з цих утиліт покриває свою ділянку (код, контейнери, мережу тощо). Інтеграція між цими інструментами може бути ускладнено.

Зазначені проблеми вимагають нового підходу до безпеки в циклі DevOps. Запропонований підхід використовує AI, та допомагає може вирішити більшість з них, забезпечивши постійний аналіз і захист без значних затримок та з мінімальною участю людини.

Архітектура запропонованого підходу побудована навколо двох ключових компонентів: мовної моделі (ChatGPT) для аналізу й ухвалення рішень та AI-асистента в середовищі розробки (Cursor), що виконує дії з кодом та інфраструктурою. Агент реалізований у вигляді набору взаємодіючих процедур, кожна з яких відповідає за певний етап безпекового процесу:

- Моніторинг репозиторію та конвеєра CI/CD. відстеження події у системі контролю версій (push, pull request) на стадії CI/CD (збірка, тестування, деплой). Це забезпечує постійний нагляд за змінами у

кодовій базі та середовищі розгортання.

- **Аналіз безпеки (AI-модуль).** На основі великої мовної моделі (ChatGPT) агент здійснює поглиблений аналіз артефактів – вихідного коду, залежностей, результатів тестів, журналів. AI-модуль може працювати напряму з текстом коду (через API Cursor або з використанням протоколу Model Context Protocol, MCP) чи залучати спеціалізовані інструменти (сканери вразливостей, літери) для збирання додаткових даних. Приміром, Cursor дозволяє інтегрувати зовнішні MCP-сервіси, такі як Snyk, для автоматичного сканування репозиторію на відомі уразливості. LLM отримує результати цих перевірок і формує звіт: чи виявлено уразливості, наскільки вони критичні, який саме компонент небезпечний тощо. На цьому етапі ШІ може відфільтровувати помилкові спрацювання, концентруючись на критичних проблемах (застосовуючи знання про типові помилки та патерни атак). Зокрема, використання AI для сортування вразливостей підвищує продуктивність команд: на перевірку до людини потрапляють вже підтверджені або найбільш ризикові проблеми [2].
- **Ухвалення рішень (Policy/PM Agent).** Інтелектуальний модуль, що вирішує, яку дію виконати в тому чи іншому сценарії. Він може бути реалізований у вигляді окремого агента (на основі ChatGPT, що координує інші ролі). Цей модуль отримує від AI-аналітики висновки про стан безпеки і згідно з політиками або підказками від LLM вирішує подальші кроки: пропустити збірку чи зупинити її, розпочати процес виправлення, виконати відкат змін або запустити відповідне реагування на інцидент. Таке рішення може прийматися як наприкінці процесу збірки (перед тестуванням та деплоєм), так і динамічно на будь-якому етапі або під час роботи системи (якщо надійшов сигнал про інцидент).
- **Внесення змін (Cursor-Agent).** Модуль, що безпосередньо вносить правки в кодову базу або інфраструктурні файли. Cursor, будучи AI-асистентом у середовищі розробки (IDE) у режимі агента, уміє планувати дії, редагувати код та тестувати зміни в інтерактивному режимі. Через API Cursor може працювати у фоновому режимі поза IDE, отримуючи завдання через HTTP і застосовуючи їх до репозиторію на GitHub. Cursor-Agent отримує завдання від модуля рішень – наприклад, видалення вразливих залежностей або “застосувати патч до файлу”. Створюється новий коміт або відкриває Pull Request з виправленнями. При цьому ChatGPT генерує необхідний код патча, а Cursor перевіряє контекст проєкту і вставляє виправлення у потрібні місця. Таким чином, поєднання ChatGPT (генерація коду) та Cursor (автоматизоване внесення змін) забезпечує швидке усунення проблем без участі людини.
- **Розгортання та відкат (CI/CD-інтеграція).** Агент інтегрується з інструментами CI/CD (GitHub Actions, GitLab CI, Jenkins тощо) для автоматичного деплоювання безпечних версій або відкату до попередньої стабільної версії у разі критичної проблеми. Через цей модуль агент може ініціювати процедуру відкату (rollback), якщо виявлено, що останній реліз містить критичну уразливість, яку не вдається швидко усунути. Сучасні DevOps-платформи підтримують автоматизовані ролбеки – налаштовуються тригери на основі метрик або логів, що повертають попередню версію без участі людини. AI-агент підсилює ці можливості, приймаючи рішення про відкат усвідомлено (з огляду на контекст: тип уразливості, ризики експлуатації, наявність виправлення).
- **Моніторинг та SOC-функції L1–L2.** Запропонований підхід дозволяє проводити аудит та моніторинг не лише під час розробки та розгортання, але й у режимі реального часу у користувацькому середовищі. На рівні L1 відбувається агрегація даних з різних джерел: журнали додатків, системні логи, метрики безпеки, оповіщення від хмарних сервісів (WAF, IDS тощо). Увесь цей потік інформації в режимі реального часу надходить до AI-модулю (ChatGPT), який шукає аномалії чи відомі патерни атак. На рівні L2 агент автоматично виконує наперед визначені дії залежно від типу інциденту. Приміром, при масованій атаці перебору паролів – тимчасово блокувати відповідну IP-адресу або цілий підмережевий діапазон; при виявленні компрометації облікового запису – завершити сесію і відключити обліковий запис; при підозрі на шкідливий процес у кластері – ізолювати відповідний контейнер (відключити його від мережі). Ці кроки реалізуються через інтеграцію з API хмарних платформ та систем оркестрації (Kubernetes, Docker). Якщо ситуація нова або нетипова, модель намагається інтерпретувати явище та запропонувати вирішення. Після первинного реагування AI-агент готує розгорнутий звіт про інцидент: хронологія подій, задіяні користувачі та компоненти, потенційний вплив, рекомендовані подальші кроки. Цей звіт формується на основі даних, зібраних агентом, і експертних знань моделі (наприклад, з посиланнями на відомі атаки чи уразливості, якщо зрозуміло, який вразливість була використана). Таким чином, коли до розгляду підключається людина (рівень L3), вона вже має структуровану інформацію і може швидко прийняти рішення або перейти до глибшого дослідження проблеми. Варто

вказати, що Cursor у SOC-контексті може допомогти у разі, якщо для реагування потрібне швидке внесення змін у код чи конфігурацію (наприклад, тимчасово вимкнути вразливий модуль або додати нове правило фільтрації) – агент зробить коміт з цими змінами автоматично, прискорюючи усунення загрози

Поєднання можливостей LLM та IDE-агента забезпечує як інтелектуальний аналіз, так і дієве втілення рішень. Наприклад, оновлена функція AI-фільтрації вразливостей у GitHub Copilot у реальному часі блокує небезпечні шаблони коду, запобігаючи появі уразливостей ще на етапі написання коду [3]. Запропонований підхід інтеграції цих інструментів контролює код після його коміту: якщо розробник все ж додав секрет чи вразливий фрагмент, агент негайно виявить це під час пайплайну і зупинить збірку, а Cursor може автоматично видалити секрет або застосувати патч. Після проходження всіх тестів безпеки описана процедура може виконати фінальний аудит перед деплоєм – підхід, продемонстрований у роботі [5].

Висновки. Запропонований підхід на основі ChatGPT і Cursor демонструє високу ефективність у розв’язанні виявлених проблем безпеки в CI/CD. Він забезпечує безперервний моніторинг і проактивний захист без суттєвих затримок для процесу розробки: ризиковані зміни блокуються або виправляються на льоту. Інтегрований AI-підхід дозволяє створювати автоматизовані звіти й виправлення представлені у зрозумілій формі, спільній для всіх учасників, а кількість хибних спрацювань мінімізована за рахунок інтелектуального фільтрування.

Водночас впровадження автономного AI-агента висуває нові вимоги. Необхідно врахувати ризики надмірної довіри до ШІ: передбачити валідацію критичних дій, запобігти можливим помилковим рішенням моделі. Важливим напрямком подальших досліджень є підвищення прозорості роботи таких агентів (пояснюваність рішень LLM), а також їх стійкості до зловмисних впливів (атаки на сам AI, отруєння даних, обходи MCP-захисту). Перспективним є розширення мультиагентних підходів – налаштування команд спеціалізованих AI-агентів, які координуються між собою для ще більш комплексного покриття безпеки. Подальша інтеграція з політиками Zero Trust і врахування відповідності нормативним вимогам також стануть важливими аспектами розвитку.

Список використаної літератури

1. How ChatGPT Can Be Used in Cybersecurity, 2023. URL: <https://cloudsecurityalliance.org/blog/2023/06/16/how-chatgpt-can-be-used-in-cybersecurity>.
2. Hein, Introducing AI Security Champion with Auto-remediation for SAST, 2024. URL: <https://checkmarx.com/blog/introducing-ai-security-champion-with-auto-remediation-for-sast/>.
3. R. S. Sharma, White Paper: The Future of DevSecOps in a Fully Autonomous CI/CD Pipeline, 2025. URL: <https://devops.com/white-paper-the-future-of-devsecops-in-a-fully-autonomous-ci-cd-pipeline/>.
4. Shukla, Leveraging AI and ML for Advance Cyber Security, J. Artif. Intell. & Cloud Comput. (2022) 1–3. doi:10.47363/jaicc/2022(1)142.
5. T. Smith, ChatGPT Developer Mode: Full MCP Access with Serious Responsibilities, 2025. URL: <https://devops.com/chatgpt-developer-mode-full-mcp-access-with-serious-responsibilities/>.

УДК 001:007:316.776

СМИРНОВА С.О.

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара (Україна)

ФОРМУВАННЯ ГРОМАДЯНСЬКОГО СУСПІЛЬСТВА НА ОСНОВІ МЕДІАГРАМОТНОСТІ

В тезах розглядається поняття медіаграмотності як необхідної умови для формування критично мислячого суспільства, здатного протистояти дезінформації та маніпуляціям. Розглянуто її розвиток через освіту та громадські ініціативи, умови при яких державна підтримка зміцнює інформаційну безпеку та сприяє демократичному поступу України.

Медіаграмотність як загальний процес охоплює навички розуміння, аналізу, оцінки та створення медіаконтенту. Цифрові трансформації в інформаційному середовищі принесли переваги і в той же час створили нові виклики, збільшивши схильність суспільства до різних інформаційних розладів. Сприяючи розвитку медіаграмотності в сучасному суспільстві, людям надається можливість ідентифікувати та критично оцінювати медіаконтент, а також бути відповідальними користувачами великої кількості медіаресурсів.

Інформаційні маніпуляції, такі як дезінформація, неправдива інформація та невідверджена інформація, створюють серйозні проблеми для кожного члена суспільства. Ці дії включають в себе навмисне поширення

необгрунтованої інформації з метою маніпулювання громадською думкою, ненавмисне поширення неточної інформації, що завдає шкоди, та публікацію правдивих матеріалів, навіть коли вони не відповідає суспільним інтересам, а використовуються для заподіяння шкоди. Кожна форма вимагає різного підходу до мінімізації її впливу, але посилення медіаграмотності залишається найефективнішим довгостроковим рішенням для захисту від цих інформаційних фейків.

Важливим аспектом у цьому контексті є інтеграція медіаграмотності в школи та суспільство. Існує кілька моделей інтеграції медіаосвіти до шкільних програм, позитивним прикладом чого можна привести досвід Фінляндії, що ефективно поширила медіаграмотність на суспільство. У Фінляндії використовується модель міжпредметної інтеграції, де медіаосвіта викладається у кількох різних дисциплінах починаючи ще з дитячого садка. Інша модель інтеграції медіаграмотності в школи полягає в тому, щоб зробити її окремим предметом. [1]

В Україні ми також поступово стикаємося з аналогічною потребою у нашій системі освіти, де медіаграмотність дуже рідко викладається як окремий предмет. В невеликій кількості державних навчальних закладах і більшості приватних, що часто мають іноземну систему організації навчального процесу, медіаграмотність існує у факультативному форматі. Її нерозповсюдженість створює значну перешкоду для поширення такого роду знань на всіх здобувачів середньої освіти. Крім того, немає національної стратегії медіаосвіти. Вона має бути розроблена відповідними міністерствами у співпраці із Міністерством Освіти у стратегічній перспективі, яка буде зосереджена на цифровізації та розвитку цифрової компетентності, що покриватиме прогалину, створену виключенням медіаграмотності із освітніх програм.

Поняття «цифрова компетентність» та «медіаграмотність» часто використовуються разом, проте вони мають принципову різницю. Цифрова компетентність зосереджена на вмінні ефективно користуватися технологічними інструментами, програмами та цифровими платформами для навчання, роботи чи комунікації. Натомість медіаграмотність передбачає здатність критично сприймати, аналізувати та оцінювати інформаційний контент, розуміючи його вплив, достовірність і можливі маніпуляції.

Згідно з кількома міжнародними дослідженнями, Фінляндія посідає перше місце серед країн, що мають найбільшу стійкість до випадків інформаційного шахрайства та фейків серед населення. У звіті Інституту відкритого суспільства «Індекс медіаграмотності» Фінляндія неодноразово отримує визнання за ефективну інтеграцію медіаграмотності в громадянське населення. Переймаючи цей позитивний досвід, інша скандинавська країна Данія посідає друге місце в цьому списку, тоді як в Україні процес становлення грамотності в медіасвіті ще продовжується. У цьому звіті країни оцінюються за кількома показниками. Один з них - свобода Засобів масової інформації, використовуючи дані таких ресурсів як Freedom House та Reporters Without Borders. В тому числі до уваги береться оцінка освіти за допомогою тесту PISA OECD та його трьох наукових критеріїв. Останніми показниками є довіра, виміряна Всесвітнім опитуванням цінностей та участь у політичному житті, проаналізована за допомогою індексу електронної участі ООН. Як сучасний приклад під час війни наше суспільство також висвітлює значні проблеми у поширенні та розвитку медіаграмотності. [2]

Ініціативи, що базуються на громадах, мають вирішальне значення для охоплення різних соціальних груп, допомагаючи їм розвивати стійкість до дезінформаційних кампаній. Організації громадянського суспільства повинні працювати над заповненням прогалин, залишених формальною освітою і місцями застарілими матеріалами, та у просуванні медіаграмотності за допомогою різних заходів. Неурядові організації, молодіжні групи та інші організації, що об'єднують певні соціальні групи, повинні брати участь у розробці програм медіаграмотності через семінари, курси та інформаційно-просвітницькі кампанії. Ці заходи можуть бути зосереджені на розвитку навичок аналізу новин, виявлення дезінформації та відповідального використання соціальних мереж. Прикладом багатьох країн міські бібліотеки слугують місцями для організації таких заходів. На місцевому рівні локальна влада у співпраці з міськими та університетськими бібліотеками можуть проводити освітні семінари та курси і надавати навчальні матеріали для всіх вікових груп. Крім того, цифрові платформи також можуть бути використані для створення онлайн-освітнього контенту, такого як онлайн-курси або блоги з медіаграмотності, що будуть мати мету створення ширшої спільноти, яка буде присвячена підвищенню медіанавичок для всіх версток цільової аудиторії. [3]

Також існують значні проблеми, пов'язані з недостатньою медіаграмотністю в українському суспільстві. Відсутність медіаграмотності робить суспільство вразливим до дезінформації, створюючи численні ризики, оскільки люди щодня стикаються з фейками на різні теми. Це особливо непокоїть громадян, враховуючи військову ситуацію та російську агресію, що приводять до вразливого положення у сумісництві із дезінформаційною кампанією. Населення може вірити маніпулятивній інформації та діяти відповідно до неї та закликів із новин. Це занепокоєння особливо актуальне під час виборчих процесів, де дезінформація часто використовується для впливу на рішення виборців та у часи вимкнення світла, де графіки змінюються із великою

швидкістю та фейкові посилання можуть використовуватися для набору довірливої аудиторії до маніпулятивних новинних каналів.

Отже, окрім впливу на громадське сприйняття, брак медіаграмотності також підкріплює певні стереотипи та наративи, які можуть ще більше поляризувати українське суспільство. Сьогодні інформація у соціальних мережах поширюється з великою швидкістю, особливо коли вона є неправдивою та має в собі маніпулятивні заголовки та клік-бейтні (з англійської - натисніть приманку) фрази у нотації. Коли маніпульований контент стає вірусним, він може охопити тисячі громадян у декількох соціальних мережах, перш ніж його перевірять та виправлять або фальсифікують. Багато із споживачів контенту не мають навичок деконструвати такі тексти та стають жертвами фейку або навіть шахрайської схеми.

Посилення медіаграмотності сприяє створенню суспільства, стійкого до інформаційних розладів. Суспільство, здатне розуміти та критично аналізувати будь-який медіаконтент, з яким воно стикається, буде краще підготовлене до боротьби з будь-якою формою інформаційних афер та прийняття обґрунтованих рішень без реагування на використані маніпуляції.

Для досягнення цієї мети в Україні необхідно інтегрувати медіаграмотність до шкільних програм на різних рівнях освіти, як окремий предмет, так і міжпредметний компонент. Такий підхід краще підготує суспільство до орієнтування в інформаційному середовищі, з яким воно стикається. Окрім формальної освіти, слід заохочувати та фінансово підтримувати громадські ініціативи, спрямовані на медіаграмотність. Також слід фінансувати наукові дослідження в галузі медіаграмотності та інформаційних розладів і додатково розробляти інструменти, які допоможуть безпосередньо виявляти інформаційні розлади та зміцнювати навички медіаграмотності. Необхідний комплексний підхід до медіаграмотності, за якого всі зацікавлені сторони, від державних установ до організацій громадянського суспільства, співпрацюватимуть для підвищення стійкості суспільства до інформаційних розладів. [4]

Медіаграмотність є ключовою умовою формування свідомого, критично мислячого суспільства, здатного протистояти інформаційним загрозам сучасності. Вона не лише забезпечує захист від фейків, маніпуляцій і пропаганди, а й сприяє розвитку відповідального ставлення до споживання та створення інформаційного контенту. У сучасному світі саме медіаграмотність стає одним із найважливіших елементів демократичного розвитку, оскільки гарантує право людини на достовірну інформацію та її аналіз. На сьогоднішній день для України розвиток медіаграмотності має не лише освітнє, а й стратегічне значення. Її інтеграція в систему освіти, підтримка громадських ініціатив і посилення міжсекторальної співпраці здатні зміцнити інформаційну безпеку держави й сформувати стійке до маніпуляцій суспільство. Тільки за умови комплексного підходу, що поєднує формальну освіту, громадянську активність і державну підтримку, медіаграмотність стане дієвим інструментом у боротьбі з дезінформацією та запорукою розвитку зрілої демократії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Media Literacy in Finland: A Model for Raising an Informed Society (2025). <https://www.fesin.fi/media-literacy-in-finland-a-model-for-raising-an-informed-society/>
2. The Media Literacy Index (2023). <https://osis.bg/wp-content/uploads/2023/06/MLI-report-in-English-22.06.pdf>
3. Gerguri D. (2025) Media-Literate Society for Greater Resistance against Information Disorder. Hive Mind learning space. <https://en.hive-mind.community/>
4. Kanizhaj I. (2017). The role of civil society organisations in promoting media literacy, transliteracy and media and information literacy in EU. https://www.researchgate.net/publication/326668585_The_role_of_civil_society_organisations_in_promoting_media_literacy_transliteracy_and_media_and_information_literacy_in_EU

СОЛОГУБОВА С. В.

доцент кафедри фізичного виховання та основ здоров'я,

Навчально-науковий інститут «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Український державний університет науки і технологій

КИТ Б. О.

Здобувач освіти Економічного факультету

Навчально-науковий інститут «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Український державний університет науки і технологій

МОБІЛЬНІ ЗАСТОСУНКИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФІЗИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ

Анотація. У статті проаналізовано сучасні підходи до використання мобільних застосунків у фізичній

реабілітації з урахуванням їхніх функціональних можливостей, технологічних особливостей та клінічної ефективності. Розкрито роль персоналізованих відеопрограм, гейміфікації, сенсорного моніторингу, телереабілітації та AR/VR-технологій у підвищенні ефективності терапії. Узагальнено результати міжнародних і українських досліджень, що демонструють вплив цифрових рішень на мотивацію пацієнтів, точність виконання вправ та динаміку відновлення. Особливу увагу приділено можливостям інтеграції мобільних застосунків у національну систему реабілітації, а також визначено структурні бар'єри, які стримують їхнє впровадження. На основі проведеного аналізу запропоновано найбільш дієві функціональні компоненти мобільних платформ та рекомендації щодо їх оптимізації.

Ключові слова: мобільні застосунки, фізична реабілітація, телереабілітація, AR/VR, персоналізація, гейміфікація, IoT

MOBILE APPLICATIONS AS A TOOL FOR ENHANCING THE EFFECTIVENESS OF PHYSICAL REHABILITATION

Abstract. The article examines contemporary approaches to utilizing mobile applications in physical rehabilitation, considering their functional capabilities, technological features, and clinical efficacy. It explores the role of personalized video programs, gamification, sensor-based monitoring, telerehabilitation, and AR/VR technologies in improving therapy outcomes. The results of international and Ukrainian studies are summarized, demonstrating the impact of digital solutions on patient motivation, exercise accuracy, and recovery dynamics. Special attention is given to the potential integration of mobile applications into the national rehabilitation system, as well as to identifying structural barriers that hinder their implementation. Based on the analysis, the most effective functional components of mobile platforms are proposed, along with recommendations for their optimization.

Keywords: mobile applications, physical rehabilitation, telerehabilitation, AR/VR, personalization, gamification, IoT.

Актуальність дослідження. Поширення мобільних застосунків у сфері фізичної реабілітації зумовлене зростанням потреби у доступних, персоналізованих та контрольованих формах відновлення, особливо серед пацієнтів із хронічним болем, неврологічними порушеннями та постстресовими станами. Міжнародні дослідження підтверджують, що цифрові програми сприяють зменшенню інтенсивності болю, покращують рухливість та знижують імовірність хірургічних втручань [1].

Науковці обґрунтовують позитивний вплив мобільних платформ на прихильність до домашніх програм у дітей із нейророзвитковими порушеннями [2], а також на ефективність вправ при остеоартриті та інших дегенеративних захворюваннях опорно-рухового апарату [3]. Окремі дослідження підтверджують важливість персоналізованих відеоінструкцій [4], а також телереабілітаційних платформ для пацієнтів після інсульту [5] та використання трекерів активності, особливо в легеневій реабілітації [6].

Для України актуальність теми посилюється потребою у віддалених сервісах, здатних компенсувати нестачу реабілітаційних фахівців та забезпечувати безперервність терапії в умовах воєнного та поствоєнного періоду. Зростає кількість українських цифрових рішень, зокрема проєкт Vidnova, що використовує AR-технології для моделювання рухів та навчання пацієнтів [7, 8], а також дослідження застосування VR-терапії для зниження стресових симптомів [9].

Вагомість теми підкреслюють і наукові праці про роль фізичної активності в умовах тривалої роботи за комп'ютером [10]. Ці дані підтверджують взаємозв'язок між цифровим середовищем, руховою активністю та функціональним станом користувачів, що робить мобільні застосунки перспективним інструментом не лише клінічної, а й превентивної реабілітації.

Таким чином, актуальність дослідження визначається одночасно глобальними тенденціями цифровізації сфери охорони здоров'я та нагальними національними потребами у розширенні доступу до реабілітаційних послуг.

Постановка проблеми. Попри значний розвиток цифрових технологій, мобільні застосунки у фізичній реабілітації використовуються нерівномірно. Дослідники відзначають кілька основних проблем: короткотривалу мотивацію пацієнтів виконувати програми [11], різну якість клінічних досліджень та відсутність єдиних стандартів оцінювання [12]. Крім того, багато платформ не забезпечують достатнього зворотного зв'язку та підтримки мотивації, що є ключовим для успішного відновлення [13].

Проблемою залишається також відсутність узгодженого підходу до визначення того, які саме функціональні компоненти (персоналізовані відеопроколи, гейміфікація [14], телереабілітаційні моделі [15] чи інтеграція IoT і хмарних сервісів [16]) забезпечують найбільший клінічний ефект. Особливої уваги потребує обґрунтування застосування нових форматів, зокрема AR- та VR-рішень, які демонструють перспективні результати, але все ще мають обмежену доказову базу.

Таким чином, проблема полягає в необхідності системного узагальнення наявних наукових даних, визначенні найбільш ефективних цифрових компонентів та формуванні рекомендацій щодо оптимізації мобільних реабілітаційних платформ з урахуванням міжнародного й українського досвіду.

Мета роботи полягає в узагальненні сучасного міжнародного та українського наукового досвіду щодо ефективності мобільних застосунків у фізичній реабілітації, визначенні ключових цифрових функцій, що найбільш істотно впливають на результативність відновлення, а також у формуванні рекомендацій щодо оптимізації використання таких платформ у клінічній та домашній практиці.

Для досягнення мети передбачено такі **завдання**:

1. Проаналізувати міжнародні наукові джерела, що висвітлюють ефективність персоналізованих відеопрограм, гейміфікованих рішень, телереабілітаційних моделей та сенсорних трекерів активності в реабілітації.
2. Узагальнити результати українських розробок у сфері AR/VR-технологій, телемедицини та гібридних хмарних рішень для підтримки реабілітаційних процесів.
3. Визначити основні бар'єри мотивації та довготривалої прихильності до мобільних застосунків, окресливши їхній вплив на кінцевий клінічний результат.
4. Встановити цифрові функції, структурні компоненти та інструменти, що найбільш суттєво підвищують ефективність фізичної реабілітації, та визначити їх роль у формуванні сучасних реабілітаційних платформ.

Аналіз основних досліджень та публікацій. Аналіз наукових джерел свідчить, що персоналізовані відеопрограми є одним із найефективніших форматів мобільної реабілітації. У дослідженні T. Davergne et al. (2023) продемонстровано, що індивідуалізовані відеоінструкції підвищують точність виконання вправ та сприяють покращенню рухових функцій в пацієнтів із порушеннями опорно-рухового апарату [4]. Подібні результати отримано A. Rintala et al. (2023), де застосунки відіграли важливу роль у відновленні рухових функцій та підвищенні рівня фізичної активності серед пацієнтів після інсульту [5].

C. Stark et al. (2022) підтвердили загальну ефективність «app-based» програм при болях у спині, однак виявили значну методологічну різноманітність досліджень, що ускладнює формування уніфікованих рекомендацій [12]. Водночас рандомізоване контрольоване дослідження R. W. Johnson et al. (2020) засвідчило, що онлайн-інструмент призначення вправ підвищує прихильність дітей із церебральним паралічем та іншими нейророзвитковими порушеннями до домашніх програм [2].

Гейміфікаційні підходи довели свою ефективність у підвищенні регулярності виконання вправ та мотивації пацієнтів. За даними S. Szeto et al. (2023), використання елементів гри у мобільних застосунках для осіб після інсульту забезпечує стійкіший терапевтичний ефект та формує більш виражену прихильність до програми [14].

Цифрові рішення, орієнтовані на лікування хронічного болю та дегенеративних захворювань суглобів, також отримали значну доказову підтримку. За дослідженнями G. Mecklenburg et al. (2018) 12-тижнева цифрова програма сприяла зменшенню інтенсивності болю в коліні, покращенню мобільності та зниженню ризику операційного втручання [1]. T. Paolucci et al. (2024) підтвердили ефективність мобільних додатків у терапії остеоартриту, особливо за наявності структурованого зворотного зв'язку [3].

Подібну тенденцію засвідчили результати D. Thompson et al. (2023), які виявили, що мобільні застосунки підсилюють ефективність програм терапевтичних вправ при м'язово-скелетному болю та сприяють швидшому відновленню пацієнтів [11].

У системах, що використовують сенсорні трекери активності, ефективність, значною мірою, залежить від точності контролю й можливості адаптувати навантаження. R. Gloeckl et al. (2024) продемонстрували, що застосування мобільного додатка з постійним моніторингом покращує результати легеневої реабілітації пацієнтів [6]. Дослідження M. Merolli et al. (2024) показало, що попри значний ринок пацієнт-орієнтованих мобільних застосунків, якість доказової бази залишається неоднорідною, що ускладнює стандартизацію цифрових програм [13].

Телереабілітаційні моделі, розглянуті B. Alwadaï et al. (2024), підтверджують свою високу результативність у післяінсультній терапії, за умов належної організації зворотного зв'язку й контролю за виконанням вправ [15].

Проблема довгострокової прихильності є спільним викликом для всіх типів цифрових програм. За висновками M. Merolli (2024), ефективність терапії безпосередньо залежить від частоти використання застосунку, а зниження залученості пацієнта упродовж часу приводить до зменшення клінічного ефекту [13].

Водночас мотиваційні компоненти, такі як нагадування, миттєвий зворотний зв'язок та ігрові елементи, сприяють підвищенню тривалості участі в реабілітаційній програмі [14, 3].

В українському науковому контексті важливими є дослідження С. Сологубової та А. Герасименко (2025), де показано позитивний вплив структурованих рухових пауз та вправ на підтримання працездатності під час роботи за комп'ютером [10]. Серед технологічних рішень особливу увагу привертають гібридні хмарні моделі та системи «Internet of Medical Things». К. Malakhov (2024) відзначає їх значний потенціал у впровадженні масштабованих реабілітаційних платформ, здатних забезпечити тривалий моніторинг та персоналізацію терапії [16]. Перспективним напрямком є застосування VR-терапії, ефективність якої продемонстровано в українському дослідженні О. Kukharuk et al. (2025), де показано зменшення стрес-асоційованих симптомів завдяки використанню іммерсивних середовищ [9].

Окремий сегмент становлять українські AR-рішення, зокрема Vidnova, описані на офіційному сайті платформи [7] та у технічному огляді «Dev.ua» [8]. У цих матеріалах детально представлено механізм роботи застосунку, включно з використанням тривимірних підказок рухів та можливостями адаптації до різних етапів реабілітації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасні мобільні застосунки для фізичної реабілітації репрезентують багатокомпонентні цифрові платформи, які поєднують персоналізовані відеоінструкції, сенсорний моніторинг, гейміфіковані механізми підтримки мотивації, телереабілітаційні функції та інструменти доповненої чи віртуальної реальності (табл. 1).

Саме інтеграція цих цифрових модулів формує той рівень індивідуалізації та безперервного контролю, який визначає ефективність відновлення. Одним із найбільш досліджених компонентів цифрової реабілітації є **персоналізовані відеопроколи вправ**, які забезпечують точну передачу техніки рухів та знижують частоту помилок у домашніх умовах. Т. Davergne et al. (2023) доводять, що індивідуальні відеоінструкції сприяють покращенню якості виконання вправ та функціонального стану пацієнтів з ортопедичними та неврологічними порушеннями [4]. Подібні результати отримали А. Rintala et al. (2023), які відзначили підвищення рухової активності та покращення функції у пацієнтів після інсульту, що використовували спеціалізовані мобільні застосунки [5].

Таблиця 1

Основні категорії мобільних реабілітаційних застосунків та їх функціональні характеристики

Категорія	Принцип роботи	Вплив на пацієнта	Приклади застосунків
Домашні програми вправ	Персоналізовані відео/анімації, інструкції, кількість повторень; фіксація прогресу	Підвищують точність виконання вправ, зменшують помилки, підсилюють прихильність	Physitrack, PhysiApp
Моніторинг рухів та активності	Сенсори смартфона або трекери фіксують рухи, активність, дихання	Забезпечує зворотний зв'язок, мотивує до активності, дозволяє адаптувати навантаження	Kaia Health, Hinge Health
Когнітивні та мовні тренажери	Індивідуальні програми на пам'ять, увагу, мовлення; автоматична адаптація	Покращують когнітивні функції, розширюють доступ до щоденних тренувань	Constant Therapy
Гейміфіковані та VR/AR-програми	Ігрові елементи, VR/AR-середовища, сенсори рухів	Підвищують мотивацію, зменшують нудьгу, підтримують психоемоційний стан	NeuroBall, Vidnova, MusicGlove

Разом з тим значна кількість досліджень свідчить, що ефективність реабілітації істотно зростає за умови поєднання відеопрограм із **сенсорними трекерами активності та системами Internet of Medical Things (ІоМТ)**. Прикладом є робота R. Gloeckl et al. (2024), де застосування смартфонного додатка з безперервним моніторингом рухів забезпечило покращення параметрів легеневої реабілітації та дозволило своєчасно адаптувати навантаження [6]. Такі технології створюють умови для точного контролю виконання вправ, раннього виявлення відхилень та підтримання контактності між пацієнтом і фахівцем, що узгоджується з висновками К. Malakhov (2024) щодо потенціалу гібридних хмарних систем для масштабування телереабілітаційних сервісів [16].

Значну увагу в сучасній літературі приділено й **гейміфікованим механізмам**. С. Szeto et al. (2023) встановили, що включення ігрових елементів підвищує рівень мотивації, підтримує інтерес пацієнта протягом тривалого часу та пов'язане з більш вираженим відновленням рухових функцій після інсульту [14]. Позитивний вплив гейміфікації пояснюється не лише збільшенням регулярності виконання вправ, але й формуванням емоційно сприятливого середовища, що важливо для користувачів з низькою початковою мотивацією.

Окремий пласт досліджень присвячено **цифровим програмам для пацієнтів із хронічним болем та дегенеративними ураженнями суглобів**. Наприклад, G. Mecklenburg et al. (2018) довели, що 12-тижнева цифрова програма здатна знижувати інтенсивність болю у коліні, покращувати мобільність та зменшувати ризик хірургічного втручання [1]. Ефективність структурованого цифрового супроводу підтверджено і в роботі T. Paolucci et al. (2024), де поєднання вправ та зворотного зв'язку сприяло покращенню стану пацієнтів із остеоартритом [3]. Такі дані свідчать про важливість системності цифрового інтерфейсу, який повинен не просто пропонувати вправи, а й забезпечувати корекцію, моніторинг та мотиваційний контроль (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив цифрових функціональних компонентів на ефективність реабілітації

Цифрова функція	Основний ефект	Додаткові переваги
Відеопроколи вправ	Покращують функцію та точність виконання	Персоналізація, зворотний зв'язок
Гейміфікація	Підвищує мотивацію, збільшує активність	Відстеження прогресу, візуалізація результатів
Трекери й нагадування	Підвищують дотримання програми	Автоматичний моніторинг активності
Індивідуалізація програм	Підсилює мотивацію, покращує контроль	Адаптація навантаження
Дистанційний моніторинг	Забезпечує безперервність терапії	Раннє виявлення відхилень
Мультимедійна підтримка (AR/VR)	Поліпшує психоемоційний стан	Підвищує залученість
VR-терапія	Знижує тривожність та стрес	Підтримує мотивацію

Прогресивним напрямом стають **телереабілітаційні моделі**, ефективність яких підтверджує огляд B. Alwadai et al. (2024) [15]. Вони демонструють, що стійкий терапевтичний ефект формується лише за умови регулярного зворотного зв'язку між пацієнтом і фахівцем: технічний контроль має доповнюватися професійною корекцією та підтримкою. Одним із ключових обмежень мобільних платформ залишається проблема довготривалої прихильності, на яку звертають увагу M. Merolli et al. (2024) [13]; на їх думку, за відсутності регулярного контакту й мотиваційних механізмів, ефективність програм значно знижується.

Стрімкого розвитку в останні роки набули **AR- та VR-рішення**, що розширюють можливості реабілітаційних платформ. Українське дослідження O. Kukharuk et al. (2025) продемонструвало позитивний психоемоційний ефект VR-терапії, зокрема зниження стресових симптомів у постраждалих від війни [9]. AR-проект Vidnova, представлений у технічних документах та аналітичних оглядах [7; 8], пропонує інноваційний підхід до реабілітації через тривимірні підказки рухів і детальне візуальне моделювання техніки виконання вправ. Такі технології є особливо актуальними для молодих користувачів та військовослужбовців, які потребують високомотиваційного та емоційно підтримувального середовища. Національний контекст також підтверджує доцільність інтеграції цифрових рішень у систему реабілітації. Дослідження С. Сологубової та А. Герасименко (2025) демонструє позитивний вплив структурованої фізичної активності на функціональний стан користувачів комп'ютера [10], що підкреслює важливість профілактичних цифрових програм у середовищах з підвищеним рівнем малорухливості.

Таким чином, аналіз літератури дає підстави стверджувати, що найбільш ефективними є **комбіновані цифрові платформи**, які інтегрують персоналізовані відеопроколи, сенсорний моніторинг, системи гейміфікації, телереабілітаційний супровід та AR/VR-модулі. Саме такі гібридні рішення забезпечують одночасний вплив на техніку виконання вправ, мотивацію, регулярність участі, точність контролю та психоемоційний стан пацієнта. Цифрова аналітика, базована на ІоМТ та хмарних системах, дозволяє масштабувати такі платформи, підвищуючи якість та доступність реабілітаційних послуг.

Висновки:

1. Проведений аналіз сучасних міжнародних і українських досліджень підтверджує високий потенціал мобільних застосунків як засобу підвищення ефективності фізичної реабілітації.
2. Найбільш вагомі клінічні результати спостерігаються за умови поєднання персоналізованих відеопрограм, сенсорного моніторингу, мотиваційних інструментів та регулярного телереабілітаційного супроводу.
3. Гейміфікаційні механізми та мультимедійні модулі є важливими інструментами для підтримання довготривалої залученості, що безпосередньо впливає на стійкість реабілітаційного ефекту.

4. Технології VR і AR демонструють перспективні можливості для покращення психоемоційного стану, а також для підвищення мотивації, що особливо важливо для молодих пацієнтів, осіб з постстресовими станами та ветеранів.

5. Гібридні хмарні системи та ІоМТ-рішення створюють основу для масштабування мобільних платформ та забезпечення тривалого моніторингу стану пацієнта.

6. Збереження високої ефективності цифрових програм потребує стандартизації клінічних метрик, системи контролю якості контенту та підготовки фахівців до роботи у телереабілітаційних середовищах.

Перспективи подальших досліджень полягають у створенні стандартизованих критеріїв оцінки ефективності мобільних застосунків.

Список використаних джерел

1. Mecklenburg G., Smittenaar P., Erhart-Hledik J. C., Perez D. A., Hunter S. Effects of a 12-Week Digital Care Program for Chronic Knee Pain on Pain, Mobility, and Surgery Risk: Randomized Controlled Trial // J Med Internet Res. 2018. Т. 20, № 4. e156. DOI: 10.2196/jmir.9667. URL: <https://www.jmir.org/2018/4/e156/> (accessed: 14.11.2025).
2. Johnson R. W., Williams S. A., Gucciardi D. F., et al. Can an online exercise prescription tool improve adherence to home exercise programmes in children with cerebral palsy and other neurodevelopmental disabilities? A randomised controlled trial // BMJ Open. 2020. Т. 10. e040108. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-040108. URL: <https://bmjopen.bmj.com/content/10/12/e040108> (accessed: 14.11.2025).
3. Paolucci T., Pezzi L., Bressi F., La Russa R., Zobel B. B., Bertoni G., Fari G., Bernetti A. Exploring ways to improve knee osteoarthritis care: The role of mobile apps in enhancing therapeutic exercise // Digital Health. 2024. Т. 10. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39711751/> (accessed: 15.11.2025).
4. Davigne T., Meidinger P., Dechartres A., Gossec L. The effectiveness of digital apps providing personalized exercise videos: Systematic review with meta-analysis // Journal of Medical Internet Research. 2023. Т. 25. e45207. URL: <https://www.jmir.org/2023/1/e45207> (accessed: 15.11.2025).
5. Rintala A., Kossi O., Bonnechère B., Evers L., Printemps E., Feys P. Mobile health applications for improving physical function, physical activity, and quality of life in stroke survivors: A systematic review // Disability and Rehabilitation. 2023. Т. 45, № 24. С. 4001–4015. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36325613/> (accessed: 15.11.2025).
6. Gloeckl R., Spielmanns M., Stankevičienė A., Plidschun A., Kroll D., Jarosch I., Schneeberger T., Ulm B., Vogelmeier C. F., Koczulla A. R. Smartphone application-based pulmonary rehabilitation in COPD: A multicentre randomised controlled trial // Thorax. 2024. Т. 80. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12015043/> (accessed: 15.11.2025).
7. Vidnova : офіц. сайт. URL: <https://wear-studio.com/case-item/vidnova/> (accessed: 14.11.2025).
8. How Vidnova's AR app works, helping with physical rehabilitation. URL: <https://dev.ua/en/news/yak-pratsiue-ar-zastosunok-vidnova-shcho-dopomahaie-z-fizychnoiu-reabilitatsiieu-poky-rishennia-testuiut-u-ternopoli-1735224124> (accessed: 14.11.2025).
9. Kukharuk O., Tkalic K., Kamash N., Georgiou O. Effectiveness of immersive VR therapy in reducing stress-associated symptoms in Ukraine // European Journal of Psychotraumatology. 2025. Т. 16, № 1. С. 1–14. DOI: 10.1080/20008066.2025.2488097.
10. Сологубова С., Герасименко А. Підтримка працездатності під час роботи за комп'ютером за допомогою фізичної активності // Сучасні тенденції та перспективи розвитку якісної підготовки майбутніх фахівців фізичної культури і спорту в умовах ступеневої освіти : зб. наук. праць за матер. VII Міжнар. наук.-практ. конф. (Полтава–Лубни, 17–18 квіт. 2025 р.). Вип. 584. С. 132–135. Zenodo, 2025. DOI: 10.5281/zenodo.16773778.
11. Thompson D., Rattu S., Tower J., Egerton T., Francis J., Merolli M. Mobile app use to support therapeutic exercise for musculoskeletal pain conditions: A systematic review // Journal of Physiotherapy. 2023. Т. 69, № 1. С. 23–34. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36528508/> (accessed: 15.11.2025).
12. Stark C., Cunningham J., Turner P., Johnson M. A., Bäcker H. C. App-Based Rehabilitation in Back Pain, a Systematic Review // Journal of Personalized Medicine. 2022. Т. 12, № 10. 1558. DOI: 10.3390/jpm12101558.
13. Merolli M., Bijur P., colleagues. Evaluation of patient-facing mobile apps to support physiotherapy care // JMIR mHealth and uHealth. 2024. Т. 12. e55003. URL: <https://mhealth.jmir.org/2024/1/e55003> (accessed: 15.11.2025).
14. Szeto S., Wan H., Alavinia M., Dukelow S., MacNeill H. Effect of mobile application types on stroke rehabilitation: A systematic review // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2023. Т. 20. 11. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36694257/> (accessed: 15.11.2025).

15. Alwadai B., El Ansari W., Al-Haqwi A., AlAhmari A. Telerehabilitation and its impact following stroke: An umbrella review // Journal of Clinical Medicine. 2024. T. 14, № 1. 50. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0383/14/1/50> (accessed: 15.11.2025).
16. Malakhov K. Innovative Hybrid Cloud Solutions for Physical Medicine and Telerehabilitation Research // International Journal of Telerehabilitation. 2024. T. 16, № 1. С. 1–19. DOI: 10.5195/ijt.2024.6635.

СТЕНЯКІН А.А.,
РОМАНЮК О.Н.,
ВНТУ,

МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ПРОЦЕДУРНИХ ТЕКСТУР

Анотація: У роботі розглядаються методи створення процедурних текстур у комп'ютерній графіці. Процедурні текстури формуються за допомогою математичних функцій та алгоритмів, що визначають колір, нормалі та інші параметри поверхні, на відміну від традиційних растрових карт. Описано основні підходи: функціональні, фрактальні, шумові, комбіновані, алгоритмічні та фізично-обумовлені методи, а також сучасні рішення на основі машинного навчання. Наведено приклади практичного застосування, включаючи моделювання природних матеріалів, створення безшовних текстур та інтеграцію у фотореалістичний рендеринг і ігрові рушії. Вказано переваги та недоліки різних методів, особливості налаштування параметрів і забезпечення реалістичності результатів. Робота підкреслює важливість поєднання математичного моделювання, художнього підходу та практичного тестування для ефективного використання процедурних текстур.

Ключові слова: Процедурні текстури, комп'ютерна графіка, фрактальні та шумові методи, безшовні текстури, рендеринг, алгоритмічне моделювання, машинне навчання.

Процедурні текстури – це зображення, які формуються не з готових растрових файлів, а за допомогою математичних функцій та алгоритмів, що визначають колір, нормалі чи інші параметри поверхні у певних координатах. На відміну від традиційних растрових карт, вони мають низку переваг: необмежену масштабованість, високу гнучкість у зміні параметрів, відсутність артефактів стиснення та повторів, можливість динамічного налаштування у реальному часі. Водночас побудова таких текстур потребує глибшого математичного та алгоритмічного розуміння, адже процес їх генерації складніший і вимагає більше обчислювальних ресурсів. У цій тезі систематизовано основні принципи побудови процедурних текстур, описано їх математичну основу, переваги, недоліки та особливості практичного використання.

Процедурна генерація застосовується для створення безшовних поверхонь великої площі, візуалізації природних матеріалів (дерево, камінь, мармур, хмари, рідини), побудови карт висот, відбивання, блиску та кольору. Алгоритми можуть працювати у двовимірному або тривимірному просторі, коли функція визначається не лише в площині, а й у глибині об'єкта. Це дозволяє уникнути спотворень на кривих поверхнях і забезпечити реалістичне відтворення матеріалів. В основі будь-якої процедурної моделі лежить функція $f(x, y, z, \text{параметри})$, що повертає певну властивість поверхні, наприклад колір або інтенсивність освітлення, для конкретної точки.

Першу групу складають функціональні методи, у яких структура текстури визначається аналітичними функціями – тригонометричними, експоненційними, поліноміальними. Наприклад, поєднання $\sin(x)$ і $\cos(y)$ створює регулярні смугасті або хвилясті візерунки, які легко масштабуються та контролюються. Поліноми або експоненти дозволяють формувати плавні переходи кольору, імітуючи освітлення або зміну матеріалу. Такі методи прості у реалізації, забезпечують точне керування, однак часто створюють надто регулярні структури, тому для досягнення природного вигляду їх поєднують з шумовими або фрактальними підходами.

Фрактальні методи ґрунтуються на властивості самоподібності природних форм, коли структура має однакові закономірності на різних масштабах. Типовим прикладом є фрактальний шум, або fBm (fractional Brownian motion), який утворюється шляхом підсумовування кількох шарів шуму з різними частотами й амплітудами. Класичним варіантом є шум Перліна, що дозволяє створювати фактури на кшталт мармуру, кори дерева, скель чи хмар. Під час генерації важливо підібрати співвідношення частоти й амплітуди для кожного шару, аби уникнути надмірної зернистості. Ці методи забезпечують реалістичну деталізацію, але мають менший ступінь передбачуваності.

Стохастичні або шумові методи використовують випадкові або псевдовипадкові значення, які змінюються плавно між сусідніми точками. Найвідоміші серед них – градієнтний шум Перліна, Simplex-шум і шум Ворлі (cellular noise). Шум Перліна створює м'які градієнти, Simplex-шум забезпечує кращу якість і швидкість обчислення, а шум Ворлі дає ефект клітин або кам'янистих структур. Такі методи є універсальними і використовуються для моделювання каменю, ґрунту, диму, хмар, тканин. Їхня перевага – відсутність регулярності, природності, а недолік – складність точного контролю над результатом.

Комбіновані методи передбачають накладання кількох видів шуму або функцій для створення складніших структур. Наприклад, можна поєднати фрактальний шум з періодичною функцією, щоб сформувати смугасту текстуру дерева, або модулювати частоту шуму залежно від висоти поверхні. Також використовують маскування, коли одна текстура визначає ділянки для іншої, або множення карт для створення різномірної деталізації. Цей підхід дає змогу досягти гнучкого керування і природного вигляду, проте вимагає ретельного налаштування параметрів і контролю за артефактами.

До алгоритмічних методів належать підходи, що використовують формальні моделі чи правила. Наприклад, L-системи застосовують для опису рослинних або органічних структур, а функції в шейдерах (GLSL, HLSL) визначають колір поверхні як математичну залежність від координат. Сучасні варіації – це Gabor Noise і Wavelet Noise, які дають можливість формувати специфічні спектральні властивості текстур і уникати повторів. Такі методи особливо корисні для створення орнаментів, декоративних візерунків, штучних структур.

Ще один напрям – фізично-обумовлені методи, що базуються на симуляції природних процесів, таких як ерозія, осадження частинок, дифузія чи реакційно-дифузійні системи. Вони дозволяють створювати текстури іржі, тріщин, каменю, біологічних структур. Завдяки моделюванню процесів формування поверхні ці методи забезпечують високу реалістичність, але вимагають значних обчислювальних ресурсів.

Новітній підхід передбачає використання методів машинного навчання для автоматизованої генерації текстур. Генеративні моделі, такі як GAN або дифузійні мережі, здатні створювати зображення з певними властивостями, що відповідають семантичному опису користувача. Наприклад, за текстовим запитом «дерев'яна поверхня з подряпинами» система може згенерувати відповідну текстуру, використовуючи попереднє навчання на великому наборі прикладів. Це відкриває нові можливості для інтерактивного дизайну, хоча такі методи поки мають менший контроль над результатом.

При побудові процедурних текстур важливо враховувати їх призначення: для ігрових рушіїв чи фотореалістичного рендерингу. У першому випадку пріоритетом є швидкість обчислення і мінімальне споживання ресурсів, у другому – точність і деталізація. Ключові параметри, які впливають на результат, це частота шуму, амплітуда, кількість октав, масштаб, кольорові коефіцієнти. Значення цих параметрів потрібно підбирати експериментально, забезпечуючи плавні переходи і відсутність артефактів.

Одним із важливих аспектів є створення безшовних текстур, коли крайні точки карти збігаються, утворюючи непомітний перехід. Це досягається або через періодизацію функції, або шляхом роботи у тривимірному просторі, де значення повторюються циклічно. Такі підходи особливо важливі для великих поверхонь або тайлінгу.

Під час генерації варто враховувати питання керованості і варіативності. Зміна початкових параметрів (seed) дозволяє отримувати нескінченну кількість унікальних варіацій однієї текстури, що корисно для ігор і симуляцій. Щоб спростити роботу дизайнерів, процедурні системи часто забезпечують інтерактивне налаштування параметрів із миттєвим візуальним відгуком.

На практиці більшість процедурних текстур реалізуються за допомогою шейдерів, які виконуються на графічному процесорі. Такі системи, як Unity, Unreal Engine або Blender, дозволяють описувати текстури у вигляді графів вузлів, що спрощує створення складних комбінацій шумів і фільтрів. При цьому необхідно зберігати баланс між якістю зображення і швидкодією.

Сучасні дослідження зосереджені на вдосконаленні алгоритмів шуму, зокрема розробці уніфікованих моделей просторової варіації. Вони дозволяють відтворювати широкий спектр природних матеріалів і контролювати спектральні властивості текстур. Крім того, дослідники аналізують сприйняття текстур людиною, що дає змогу створювати алгоритми, оптимізовані під зорове сприйняття, а не лише математичні параметри.

У практичній роботі розробнику варто дотримуватись таких принципів: починати з базового шуму, поступово ускладнювати модель додаванням октав, функціональних модуляцій, маскуванню, контролювати параметри амплітуди й частоти, перевіряти безшовність і продуктивність. Доцільно створювати набір готових шаблонів і параметрів, які легко змінювати.

Інтеграція процедурних текстур у системи фізично-коректного рендерингу вимагає узгодження з моделями освітлення та властивостями матеріалу. Наприклад, карти нормалей або шорсткості, згенеровані процедурно, мають відповідати фізичним характеристикам поверхні. При використанні тривимірних текстур особливу увагу слід приділяти стабільності координат та уникненню артефактів при деформації об'єкта.

Отже, процедурна генерація текстур є потужним інструментом сучасної комп'ютерної графіки. Вона дає змогу створювати реалістичні матеріали з високою гнучкістю, мінімізувати обсяг збережених даних і забезпечити унікальність кожної поверхні. Подальший розвиток методів машинного навчання відкриває перспективи інтелектуального керування генерацією, коли параметри вибираються автоматично відповідно до семантичних

вимог користувача. Для ефективного застосування процедурних методів необхідно поєднувати математичне моделювання, художній підхід і практичне тестування результатів у реальних умовах рендерингу.

Список використаних джерел

1. Еберт Д., Масгрейв К., Пічі Д., Перлін К., Ворлі С. Texturing and Modeling: A Procedural Approach. – 2-ге вид. – Morgan Kaufmann, 2003.
2. Dong J., Liu J., Wang L., Sun X. A Procedural Texture Generation Framework Based on Semantic Descriptions // arXiv preprint 1704.04141, 2017.
3. Dong J., Liu J., Li K. Survey of Procedural Methods for Two-Dimensional Procedural Texture Generation // Sensors. – 2020. – Т. 20, № 4.
4. Lefebvre S. Pattern Based Procedural Textures. – LN03, 2003.
5. Maesumi A., Hu D., Saripalli K. One Noise to Rule Them All: Learning a Unified Model of Spatially-Varying Noise Patterns // arXiv preprint 2404.16292, 2024.
6. Wikipedia. Procedural texture [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Procedural_texture.
7. Ebert D., Musgrave K., Peachey D., Perlin K., Worley S. Building Procedural Textures // ResearchGate, 2015.

УДК 004.77

СТЕПАНІЮК В.Б.,

ТКАЧЕНКО О.М.

Вінницький національний технічний університет

МУЛЬТИМОДАЛЬНІ АЛГОРИТМИ ФОРМУВАННЯ МАРШРУТІВ ДЛЯ КОЛЕКТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ПОДОРОЖЕЙ З УРАХУВАННЯМ РЕАЛЬНОЇ ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ТА ОБМЕЖЕНЬ ГРУПИ

Анотація. У роботі розглянуто проблему побудови персоналізованих та групових маршрутів подорожей з урахуванням реальної дорожньої інфраструктури, часових та бюджетних обмежень кожного учасника. Запропоновано модель мультимодального планування, яка поєднує кілька видів транспорту (пішохідний, громадський, автомобільний, залізничний, таксі/кариєринг) та використовує API дорожньої мережі (OSRM, Google Directions API) для формування оптимальних та реалістичних маршрутів. Розроблений підхід дозволяє динамічно обчислювати найкоротші шляхи, коригувати їх відповідно до індивідуальних пріоритетів учасників групи та оптимізувати маршрут під сумарні параметри всієї групи. Наукова новизна роботи полягає у поєднанні мультимодальних графових алгоритмів, API-навігації та групового узгоджувального планування для формування маршрутів, адаптованих до реальної дорожньої ситуації та різномірних обмежень мандрівників.

Ключові слова: мультимодальні маршрути, OSRM, Directions API, графові алгоритми, планування подорожей, оптимізація маршрутів, колективне прийняття рішень.

Abstract. The paper addresses the problem of constructing personalized and group travel routes while taking into account the real road infrastructure, as well as the individual time and budget constraints of each participant. A multimodal planning model is proposed that integrates several types of transportation (walking, public transport, car, railway, taxi/car-sharing) and uses road-network APIs (OSRM, Google Directions API) to generate optimal and realistic routes. The developed approach enables dynamic computation of shortest paths, their adjustment according to individual preferences of group members, and optimization of the route based on the aggregated parameters of the entire group. The scientific novelty of the work lies in combining multimodal graph algorithms, API-based navigation, and group decision-making mechanisms to generate routes adapted to real traffic conditions and the diverse constraints of travelers..

.Keywords: multimodal routing, OSRM, Directions API, graph algorithms, travel planning, route optimization, group decision-making.

Вступ. Сучасні системи планування подорожей активно використовують картографічні сервіси та навігаційні API для побудови оптимальних маршрутів. Водночас більшість сервісів орієнтовані на індивідуальних користувачів і не враховують складних групових обмежень, таких як різні бюджети, різний доступний час, різні переваги щодо транспорту та швидкості пересування. Актуальність теми полягає у потребі створення технологій, що дозволяють поєднати декілька видів транспорту та забезпечити колективне, а не лише індивідуальне планування маршруту. Для побудови реалістичних маршрутів необхідне поєднання кількох джерел даних: дорожніх API (OSRM, Google Directions API), даних про трафік, проєкції дорожньої мережі у вигляді графів та алгоритмів оптимізації, які дозволяють враховувати обмеження кожного учасника. Метою

роботи є розробка мультимодального алгоритму формування маршрутів для груп мандрівників, що враховує реальну дорожню мережу та індивідуальні параметри учасників.

Загальні відомості. Розроблена система є веб-додатком, що включає backend-частину (Python, Django/FastAPI), модуль мультимодального графового планування, модуль роботи з API дорожніх сервісів та інтерфейс для колективного узгодження маршруту [1].

Технологічний стек включає Python 3.11, NetworkX для побудови мультимодального графа, OSRM та Google Directions API для отримання реальних маршрутних сегментів, PostgreSQL для зберігання параметрів користувачів, а також бібліотеки для оптимізації (scikit-learn, OR-Tools). Фронтенд реалізовано на React із інтерактивною картою (Leaflet або Mapbox) [2].

Система враховує: індивідуальні обмеження (бюджет, максимальний час у дорозі, доступні типи транспорту, стартова локація); групові параметри (час зустрічі, максимальний радіус відхилення, спільні зони інтересу); реальну дорожню мережу, включаючи затори, швидкісні обмеження та часові вікна.

Методи та технології. Побудова мультимодального графа дорожньої мережі - створюється інтегрований граф, де ребра отримуються через Directions API [3] та OSRM [4] з зазначенням типу транспорту, швидкості, вартості та часу проходження.

Кодування індивідуальних обмежень учасників - для кожного учасника формується множина допустимих ребер та можливих підмаршрутів із фільтрацією за бюджетом та часом.

Алгоритмічне формування базових маршрутів - використовуються алгоритми Dijkstra, A*, сучасні модифікації Multi-Objective Shortest Path (MOSP) та ML-based евристики, які враховують вагу за часом, вартістю та зручністю [5].

Колективне узгодження - на основі моделей групового прийняття рішень обчислюється єдиний маршрут, який мінімізує сумарні відхилення від індивідуальних пріоритетів (Pareto-optimality або компромісна функція корисності).

Формування реалістичного маршруту - система поєднує мультимодальні сегменти, перевіряє їх на коректність у реальній дорожній мережі та генерує фінальну карту маршруту.

Висновки. Запропонований підхід забезпечує можливість побудови адаптивних мультимодальних маршрутів, що враховують реальні дорожні умови, індивідуальні та групові обмеження. Використання API дорожніх сервісів (OSRM, Directions API) дозволяє отримувати актуальні дані щодо відстаней, трафіку та можливих варіантів пересування. Розроблений метод демонструє ефективність у сценаріях, де мандрівники мають різні бюджети, часові можливості та транспортні вподобання, а колективне планування потребує узгодження інтересів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на використання глибоких моделей для прогнозування трафіку, покращення узгоджувальних механізмів та розширення мультимодального графа додатковими видами транспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bast, H., Delling, D., Goldberg, A., et al. Route Planning in Transportation Networks. Springer, 2016.
2. Haklay, M., Weber, P. OpenStreetMap: User-Generated Street Maps. IEEE Pervasive Computing, 2018.
3. Google Directions API Documentation.
4. Luxen, D., Vetter, C. Real-time Routing with OSRM. Proceedings of the 19th ACM SIGSPATIAL, 2011.
5. Pajor, T., Sanders, P. Algorithm Engineering for Multi-Modal Route Planning. SEA, 2010.

УДК 004.77

СТЕПАНЮК В.Б.,

ТКАЧЕНКО О.М.

Вінницький національний технічний університет

РОЗШИРЕНА СИСТЕМА КОЛЕКТИВНОГО ГОЛОСУВАННЯ З ВАГОВИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ ТА ДИНАМІЧНИМ БАЛАНСУВАННЯМ ІНТЕРЕСІВ У ГРУПОВИХ ТУРИСТИЧНИХ ПЛАНУВАННЯХ

Анотація. У роботі представлено підхід до побудови розширеної системи колективного голосування для групового туристичного планування, яка враховує індивідуальні пріоритети учасників, різні рівні впливу (вагові коефіцієнти) та механізми динамічного балансування інтересів. Запропонована модель поєднує методи зваженого голосування, делегування, алгоритмічного узгодження, конфлікт-менеджменту та прозорі аналітики рішень, що дозволяє формувати групові рішення навіть у випадку різномірних та суперечливих переваг. Наукова новизна полягає у поєднанні базатокритеріальних моделей голосування, адаптивного коригування ваг та алгоритмів консенсусу для груп різного розміру, що забезпечує прозорість, справедливість і стійкість

процесу прийняття рішень у туристичних сценаріях.

Ключові слова: колективне голосування, вагові коефіцієнти, групове планування, конфлікт-менеджмент, делегування, туристичні маршрути, консенсусні моделі.

Abstract. The paper presents an approach to developing an extended collective voting system for group travel planning, incorporating individual user priorities, weighted influence coefficients, and mechanisms of dynamic interest balancing. The proposed model integrates methods of weighted voting, delegation, algorithmic consensus building, conflict management tools, and transparent decision analytics, enabling groups to reach agreements even when participant preferences diverge significantly. The scientific novelty lies in combining multi-criteria voting models, adaptive weight adjustment, and consensus algorithms for groups of different sizes, ensuring transparency, fairness, and stability in decision-making for travel-planning scenarios.

Keywords: collective voting, weighted coefficients, group planning, conflict management, delegation, travel routes, consensus algorithms.

Вступ. Сучасні системи групового планування подорожей дедалі частіше стикаються з проблемою узгодження індивідуальних пріоритетів великої кількості учасників. Звичайні моделі голосування не дозволяють враховувати різний рівень впливу, компетентність або зацікавленість учасників у прийнятті рішень. Крім того, відсутні ефективні засоби автоматичного балансування конфліктуючих інтересів та прозорої аналітики прийнятих рішень. Актуальність роботи полягає у потребі створити алгоритмічну модель, яка забезпечує справедливе, адаптивне та зрозуміле для користувачів колективне голосування в умовах багатокритеріальних туристичних рішень. Метою є розробка системи, яка дозволить великим групам ефективно узгоджувати вибір локацій, часу, бюджету та способів пересування у подорожах.

Загальні відомості. Система реалізована у вигляді веб-додатка з backend-частиною (Python, Django/FastAPI) та модулем обробки колективного голосування, який виконує зважування голосів, обчислення індивідуальних рейтингів та визначення узгодженого групового рішення [1].

Технологічний стек включає Python 3.11, PostgreSQL для зберігання метаданих голосів, модулі машинного навчання для прогнозування конфліктів і зваження впливу, а також React для відображення детальної аналітики голосувань у реальному часі [2].

Система враховує такі параметри: вагові коефіцієнти учасників за рівнем залученості; делеговані голоси; індивідуальні обмеження (бюджет, час, інтереси); групові цілі (досягнення компромісу, мінімізація конфліктів, парето-оптимальність).

Методи та технології. Модель вагового голосування - голос кожного учасника має вагу, що може змінюватися залежно від досвіду користувача, його ролі у групі чи попередньої активності. Така модель ґрунтується на багатокритеріальних методиках оцінювання рішень [3].

Алгоритм динамічного балансування інтересів - система застосовує адаптивні механізми перегляду ваг при виявленні значних суперечностей. Балансування виконується за допомогою модифікованих методів консенсусної оптимізації [4].

Делегування та система довіри - користувач може делегувати свій голос іншому учаснику, формуючи мережу довірчих зв'язків. Такі механізми використовуються у сучасних моделях «liquid democracy» [5].

Конфлікт-менеджмент та аналітика - система автоматично виявляє протиріччя та пропонує компромісні варіанти на основі алгоритмів оцінки групових пріоритетів. Аналітичний модуль візуалізує рейтинг рішень, ваги та внесок кожного учасника.

Висновки. Запропонована система забезпечує комплексний підхід до формування колективних туристичних рішень, що дозволяє узгоджувати інтереси навіть великих і різномірних груп. Поєднання вагових коефіцієнтів, адаптивного балансування та делегування забезпечує справедливий розподіл впливу між учасниками, а використання алгоритмів конфлікт-менеджменту підвищує якість групового вибору. Перспективи подальших досліджень включають розширення моделей прогнозування конфліктів, застосування нейромереж для аналізу голосувань та інтеграцію з мультимодальними маршрутними системами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Arrow, K. Social Choice and Individual Values. Yale University Press, 2012.
2. Kalai, E., Smorodinsky, M. Other Solutions to Nash's Bargaining Problem. Econometrica, 1975.
3. Saaty, T. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, 1980.
4. Conitzer, V., Sandholm, T. Computational Aspects of Multiagent Consensus. JAIR, 2003.
5. Blomqvist, E. The Impact of Liquid Democracy Models on Group Decision-Making. ACM Digital Library, 2020.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ІЗ СПЕЦИФІЧНИМИ УМОВАМИ НАВЧАННЯ, ДЛЯ ДИСЦИПЛІН З ПЕРЕВАЖНО ПРАКТИЧНИМ СПРЯМУВАННЯМ

Сучасна система освіти перебуває в умовах динамічних змін, зумовлених розвитком цифрових технологій, трансформаціями у сфері комунікацій, а також викликами безпеки, пов'язаними з пандемією COVID-19 і воєнним станом в Україні. Одним із найпомітніших наслідків цих процесів стало широке впровадження дистанційного навчання в закладах освіти різного рівня.

Ця форма освітнього процесу забезпечує гнучкість, доступність і безперервність навчання, що є особливо важливим у сучасних умовах. Водночас дисципліни, які потребують практичного відпрацювання навичок, - наприклад, у сфері цивільного захисту, пожежної безпеки, аварійно-рятувальних робіт, техногенної безпеки - стикаються з низкою специфічних проблем.

1. Основні проблеми дистанційного навчання практичних дисциплін

1. Відсутність можливості практичного контакту з технікою та обладнанням.
Навчальні дії, що вимагають фізичного виконання (робота з апаратурою, відпрацювання тактичних дій, користування засобами індивідуального захисту), не можуть бути реалізовані лише дистанційно. Це суттєво знижує рівень готовності фахівців до роботи в реальних умовах [1].
2. Складність контролю практичних навичок.
3. Викладач не має можливості безпосередньо оцінити техніку виконання або виправити помилки під час онлайн-занять. Це створює ризик формального підходу до практичної підготовки [2].
4. Проблеми мотивації та взаємодії. Відсутність групової динаміки, командної роботи та "живої" комунікації послаблює навчальну мотивацію й дисципліну слухачів [3].
5. Технічні обмеження. Не всі слухачі мають належне технічне забезпечення - швидкісний Інтернет, сучасні пристрої, стабільний зв'язок. Це ускладнює проведення онлайн-занять, особливо в регіонах, де тривають бойові дії.

2. Перспективи розвитку дистанційного навчання у сфері цивільного захисту

1. Гібридна (змішана) форма навчання.
2. Поєднання дистанційного теоретичного навчання та очного практичного відпрацювання - найбільш ефективна модель.
Теоретичні лекції, інструктажі, тестування можуть відбуватися онлайн, а практичні заняття - на полігонах, у навчально-рятувальних центрах або лабораторіях [4].
3. Використання симуляційних технологій (VR, AR, 3D-моделювання). Віртуальні тренажери дозволяють моделювати надзвичайні ситуації, пожежі, вибухи, хімічні витoki, евакуаційні процеси без ризику для життя. Досвід таких рішень вже застосовується в підготовці рятувальників ЄС та США [5].
4. Розроблення інтерактивних навчальних платформ. Використання платформ на кшталт Google Classroom, Moodle, Microsoft Teams, або спеціалізованих систем ДСНС України з функціями тестування, зворотного зв'язку та візуалізації практичних завдань.
5. Індивідуалізація навчання. Розроблення навчальних модулів, які дозволяють слухачам самостійно проходити частину матеріалу, моделювати дії, створювати відеозвіти про виконання практичних завдань.
6. Підвищення цифрової компетентності викладачів. Необхідне системне навчання педагогічного складу використанню цифрових технологій і платформ для управління навчальним процесом.
7. Міжнародна співпраця та обмін досвідом. Використання практик Європейського механізму цивільного захисту (EU Civil Protection Mechanism) і методик FEMA (США) може значно підвищити якість підготовки фахівців у дистанційному форматі [6].

Висновки. Дистанційне навчання не може повністю замінити офлайн-практику, однак може стати ефективним доповненням. Його розвиток має ґрунтуватися на змішаній моделі, впровадженні віртуальних тренажерів, створенні державних платформ дистанційно-практичної підготовки і підвищенні цифрової компетентності викладачів.

Основна мета - не спростити підготовку, а зробити її безпечнішою, адаптивнішою та технологічно сучасною, зберігаючи при цьому високий рівень практичних навичок, необхідних для діяльності у сфері цивільного захисту.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про освіту» від 05.09.2017 № 2145-VIII.
2. Закон України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 № 1556-VII.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 21.10.2020 № 979 «Про затвердження Положення про дистанційне навчання».
4. Наказ МОН України від 08.09.2020 № 1115 «Деякі питання організації дистанційного навчання».
5. Європейський механізм цивільного захисту (EU Civil Protection Mechanism). - European Commission, 2023.
6. FEMA Emergency Management Institute. Distance Learning Programs [Електронний ресурс]. - <https://training.fema.gov/>
7. Науково-методичні рекомендації ДСНС України щодо професійної підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту (ДСНС, 2021).
8. Коваленко В. В. Дистанційна освіта у системі професійної підготовки рятувальників: виклики і перспективи. // Вісник Національного університету цивільного захисту України. - 2022.
9. UNESCO (2020). *COVID-19 Educational Disruption and Response*. - Paris: UNESCO.

УДК 004.415.5
СТОРОЖУК Ю.В.

Вінницький національний технічний університет

АВТОМАТИЗОВАНІ ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ У НАВЧАЛЬНОМУ ТА КОРПОРАТИВНОМУ СЕРЕДОВИЩАХ

Анотація. У тезах подано підхід до оцінювання продуктивності програмних систем у навчальному та корпоративному середовищах, заснований на формуванні *trace-driven* профілю навантаження з журналів доступу та трас *OpenTelemetry* [2], [3]. Поєднуються аплікаційна телеметрія і інфраструктурні показники (CPU, пам'ять, IO, мережеві черги), що забезпечує коректне зіставлення поведінки ключових доменних операцій із ресурсними обмеженнями без громіздких моделей. Аналітика базується на стабілізації базових ліній та розмежуванні тренду й сезонності; для інтерпретації використано просту чергову інтуїцію (закон Літтла: $L = \lambda \cdot W$) [1]. Запропоновано оформлення профілів і порогів як *performance-as-code* та інтеграцію етапу *performance-check* у CI/CD, що підвищує відтворюваність і керованість вимірювань [4], [5]. Підхід є прикладним для LMS і корпоративних систем із вираженою сезонністю навантаження та вимогами до прозорого вартісного обґрунтування [7].

Ключові слова: тестування продуктивності; *trace-driven* профіль; *OpenTelemetry*; *JMeter*; *Prometheus*; *Grafana*; телеметрія; LMS; ERP/CRM; CI/CD; *performance-as-code*; *FinOps*

Інформаційні освітні (LMS, «електронний університет») і корпоративні системи (ERP/CRM/BI) працюють у динамічних режимах, де профілі навантаження суттєво змінюються залежно від календаря подій, пакетних джобів та інтеграцій. Синтетичні сценарії з фіксованими пропорціями операцій часто не відображають реальні патерни, що ускладнює інтерпретацію промислової продуктивності [1], [6]. Мета цих тез - окреслити практичний, але академічно обґрунтований підхід до оцінювання продуктивності, у якому сценарії та метрики виводяться з даних реальної експлуатації, а аналітика спирається на валідні спостережні методи.

Пропонується формувати *trace-driven* профіль навантаження на основі журналів доступу та трас *OpenTelemetry*. Доменні операції (автентифікація, навігація курсами, тестування, побудова звітів, імпорт/експорт) виділяються за шаблонами маршрутів/подій; для кожної операції оцінюються частка у потоці, характерні інтервали між діями (*think-time*), сезонність (добова/тижнева) та характер піків. На підставі цього профілю синтезуються сценарії *JMeter* з параметризацією міксу транзакцій і календарних «вікон» навантаження - це мінімізує розрив між лабораторними вимірами та поведінкою системи у виробництві.

Система вимірювань об'єднує аплікаційну телеметрію (трейси/спани, помилки, ретраї, залежності) з інфраструктурними показниками (CPU, пам'ять, IO, мережеві черги). Дані акумулюються у *Prometheus*/*InfluxDB* та відображаються в *Grafana*; для відтворюваності кожен прогін маркується унікальним ідентифікатором (хеш коміту + час) разом із версіями конфігурацій тесту. Аналітична частина спирається на стабілізацію базових ліній (ковзні середні/EWMA) та розмежування тренду і сезонності, що зменшує ймовірність хибних висновків у шумних даних спостереження.

Для інтерпретації взаємозв'язків між навантаженням, затримкою та чергами використовується проста чергова інтуїція; достатньою є одна базова формула - закон Літла: $L = \lambda \cdot W$, де L - середня кількість запитів у системі, λ - інтенсивність прибуття, W - середній час перебування. Цей зв'язок допомагає пояснювати наростання латентності за зростання інтенсивності та відрізнити ресурсні обмеження від логічних «вузьких місць» (наприклад, блокувань у БД чи неефективного кешування), не вдаючись до громіздких моделей.

Корисною для прийняття інженерних рішень є інтеграція вартісного виміру поряд із технічними метриками. Під час прогонів обчислюється умовна вартість інфраструктури з тарифів обраної платформи, а також похідні індикатори - «вартість 1 тис. успішних транзакцій», «вартість хвилини під навантаженням». Такі показники дозволяють порівнювати альтернативні конфігурації у площині «швидкодія < > бюджет» і будувати прості Парето-міркування, зрозумілі як інженерам, так і управлінцям [7].

Практична реалізація передбачає оформлення профілів і порогів як performance-as-code: у репозиторії зберігаються YAML/JSON-описи навантаження, базові лінії метрик і правила спостереження. Це забезпечує прозорість еволюції налаштувань, відтворюваність прогонів і просту інтеграцію у CI/CD як етап performance-check перед релізом. Мінімальний набір артефактів звіту включає: (1) часовий профіль навантаження (користувачі/RPS), (2) поведінку ключових сценаріїв (центральна тенденція + розкид), (3) споживання ресурсів інфраструктури разом із вартісною оцінкою. Для LMS це дозволяє відтворювати екзаменаційні піки з реалістичними паузами й повторними спробами; для корпоративних систем - коректно верифікувати вечірні пакетні інтеграції та запити аналітики.

Висновки. Запропонований підхід має академічну вагу завдяки опорі на спостережні дані, чіткій процедурі побудови профілю, мінімальній, але змістовній формалізації взаємозв'язків та застосуванню сучасних інструментів спостережності. У сукупності це забезпечує валідні, відтворювані та практично релевантні оцінки продуктивності для освітніх і корпоративних середовищ, де важливі не лише пікові значення, а й передбачуваність поведінки під реальними патернами та економічна доцільність конфігурацій.

Список використаних джерел

- [1] B. Gregg, Systems Performance, 2nd ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 2020.
- [2] A. Parker, et al., Distributed Tracing in Practice. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2020.
- [3] OpenTelemetry, "Specification: Traces & Metrics." Accessed: Oct. 28, 2025. [Online] <https://opentelemetry.io>
- [4] Grafana Labs, "Grafana Observability Stack Documentation." Accessed: Oct. 28, 2025. [Online]. <https://grafana.com/docs/>
- [5] Prometheus Authors; InfluxData, "Prometheus / InfluxDB Official Documentation." Accessed: Oct. 28, 2025. [Online]. <https://prometheus.io/> ; <https://docs.influxdata.com/>
- [6] Y. Ayalew, E. Tshukudu, M. Mudongo, B. Goplang, T. Taukobong, and E. Zimudzi, "Influence of Motivation and Learning Strategies on Performance in Introductory Programming," in Proc. ACM Global Computing Education Conf. (CompEd '25), 2025, pp. 301–308, doi: 10.1145/3736181.3747151.
- [7] FinOps Foundation, Cloud FinOps, 2nd ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2023.

ТЕРЕНЧУК А. Т.

Вінницький національний медичний університет
Вінниця, Україна

МОЖЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ У РЕФОРМУВАННІ МЕДИЦИНИ

Abstract. The paper considers the prospects for solving the problems of reforming health care on the basis of modern information technologies in the form of personal telecommunication devices and information and measuring instruments; the possibilities of local and remote monitoring of the state of the body using modern gadgets are considered.

Аномація. У роботі розглянуто перспективи вирішення проблем реформування охорони здоров'я на основі сучасних інформаційних технологій у вигляді персональних телекомунікаційних пристроїв та інформаційно-вимірювальних засобів; розглянуті можливості локального та дистанційного моніторингу стану організму за допомогою сучасних гаджетів.

Вступ. Організація охорони здоров'я – одна із основних функцій сучасної держави. Ефективність системи охорони здоров'я, турбота про здоров'я населення багато в чому визначає стабільність держави, ставлення до неї громадян, більш-менш опосередковано впливає на всі інші сфери життя. Реформа медицини є однією з основних проблем пострадянських країн, яка все ще залишається невирішеною остаточно. Розвиток технологій, демографічні та епідемічні процеси роблять її актуальною та практично для всього світу. Демонстрацією цього

стала ситуація, що склалася у зв'язку з пандемією COVID-19, яка виявила ряд принципових недоліків традиційної системи медичного забезпечення, заснованої на безпосередній взаємодії лікаря та пацієнта на всіх стадіях лікувально-профілактичного процесу. Сучасні інформаційні технології, насамперед персональні обчислювальні та телекомунікаційні засоби – гаджети, дозволяють принципово змінити багато медичних технологій і досягти якісно нового рівня охорони здоров'я.

Проблеми медичного забезпечення населення в кінцевому рахунку зводяться до трьох взаємопов'язаних складових:

- Доступність,
- Якість,
- Вартість.

Забезпечення доступності якісних медичних послуг на базі технологій, заснованих на безпосередній взаємодії пацієнта та лікаря, очевидно вимагає збільшення чисельності висококваліфікованого медичного персоналу та відповідного в якісному та кількісному аспектах технічного забезпечення, що, у свою чергу, потребує грошових коштів у обсягах, які виявляються неприйнятними або просто неможливими. Оснащення лікаря сучасними технічними засобами висуває додаткові вимоги до його освіти та підготовки в аспекті природничо-наукових та технічних дисциплін до рівня кваліфікованого техніка. Включення до складу медичних установ технічних служб підтримки, забезпечення простого і зручного інтерфейсу технічних засобів дозволяють лише певною мірою пом'якшити цю проблему, але не вирішують її.

Ефективним шляхом підвищення якості охорони здоров'я, покращення здоров'я населення при зниженні питомих витрат є впровадження та розвиток профілактичної медицини та заходів ранньої діагностики захворювань, стандартизація методів обстеження, діагностики та лікування. До таких заходів належить зокрема диспансеризація як комплекс заходів щодо оперативного профілактичного контролю стану здоров'я окремих груп населення. Однак реалізація принципів диспансеризації в повному обсязі для всього населення країни стикається з тими ж проблемами, які, зрештою, зводяться до обмежених фінансових ресурсів. Крім того, диспансеризація забезпечує «одномоментну» фіксацію стану, що не гарантує своєчасного виявлення захворювання. Ідеальним рішенням був би безперервний моніторинг стану організму, що, очевидно, неможливе в рамках традиційних медичних технологій.

Сучасна епідеміологічна ситуація, незважаючи на видатні успіхи медицини в лікуванні та профілактиці захворювань, залишається досить складною та суттєво змінюється порівняно з колишніми періодами. Фіксуються локальні спалахи як «традиційних» захворювань (дифтерія, кір, Ебола, чума, версії грипу та ін.), збудники яких модифікуються і стають стійкішими, так і нових, очевидним прикладом яких є COVID-19, які ефективно придушуються існуючими методами. Однак масштабна неконтрольована міграція, висока мобільність населення підвищують небезпеку будь-якого локального спалаху інфекційних захворювань. Технологічні досягнення цивілізації, накладаючись на психобіологічні властивості людини, такі як безвідповідальність щодо здоров'я свого та оточуючих, недисциплінованість, схильність нехтувати приписами та рутинними процедурами, ризикувати заради отримання швидкого задоволення створюють умови для розвитку онкологічних, серцево-судинних, нервових, психічних та психосоматичних захворювань.

Основна частина.

Сучасні технології розпізнавання образів з елементами штучного інтелекту у поєднанні з телекомунікаційними технологіями та інформаційно-вимірювальними засобами відкривають нові можливості в організації профілактичних заходів та ранньої діагностики низки захворювань, а також у наданні деяких видів медичної допомоги. Обчислювальні можливості, обсяги пам'яті та програмне забезпечення гаджетів забезпечують можливості зберігання та обробки значних обсягів інформації, включаючи аудіо, фото та відео. Обробка може виконуватися локально безпосередньо самим персональним пристроєм або віддалено за допомогою мережевих засобів.

Індивідуальні інформаційні засоби, такі як смартфони, комунікатори, смарт-годинники та інші гаджети, у поєднанні з мережевими технологіями, зокрема з хмарними обчисленнями, дозволяють реалізувати як локальний, так і дистанційний автоматичний режим контролю та навіть моніторингу стану здоров'я людини.

У разі локального моніторингу (рис.1) на персональний пристрій, в сучасних умовах це практично завжди – гаджет (смартфон або смарт-годинник), покладаються функції збору первинних даних з відповідних датчиків та зберігання інформації, а також найпростіша первинна обробка та аналіз даних з метою виявлення небезпечних станів та симптомів. Оскільки Г мають обмежені можливості обробки даних, недостатні для виконання діагностики, для реалізації локального моніторингу можна використовувати локальний персональний комп'ютер (ПК) з відповідним програмним забезпеченням. Таке рішення вимагає наявності відповідного

програмного забезпечення на локальному ПК, достатнього рівня кваліфікації користувача та певного, що найважче досяжно, рівня організації діяльності користувача. Крім того, результати локального моніторингу залишаються недоступними для аналізу епідеміологічної ситуації, системи управління медичним забезпеченням.

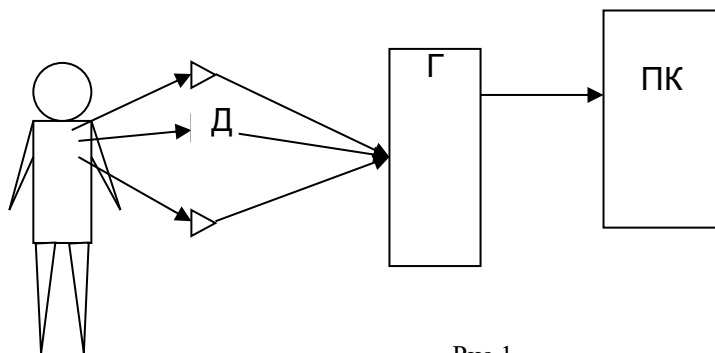


Рис.1

Найпростіший моніторинг стану організму без використання додаткових датчиків можливий на основі аналізу зображень, які можна отримувати за допомогою камери смартфона при кожному сеансі роботи з ним, тобто. без спеціальних зусиль з боку користувача. Спеціальне програмне забезпечення дозволяє аналізувати колір шкіри різних ділянок обличчя, визначати частоту дихання, насичення крові киснем, рівень стресу. Ці дані можуть накопичуватися в пам'яті пристрою і, таким чином, можливий аналіз динаміки стану організму та виявлення симптомів та патологічних станів на ранніх стадіях. Природно, такий моніторинг не забезпечить повноцінної діагностики, але уможливує раннє виявлення симптомів та підозрілих станів, про що програма інформує пацієнта, а можливо інших осіб або медичний заклад. Більш ефективна діагностика можлива на основі елементарних операцій, що виконуються користувачем, таких як наведення камери смартфона на певні ділянки обличчя, дихання або відтворення певних фонем мікрофон, зображення або простеження пальцем певних ліній на сенсорній панелі смартфона. Аналіз одержуваних при цьому даних, зокрема просте зіставлення з еталонами, дозволяє діагностувати, причому на ранніх етапах, хворобу Паркінсона, бронхіальну астму, серцево-судинні захворювання, деякі онкологічні захворювання. Оснащення смартфона додатковими датчиками дозволяє значно розширити можливості моніторингу та ранньої діагностики, що пов'язано з деякими незручностями користувача. Номенклатура біомедичних датчиків для підключення до смартфона вже зараз включає датчики пульсу, ЕКГ та ЕЕГ, датчики температури та електропровідності шкіри, датчики для аналізу складу поту та слини, датчики для зняття міограми та ін. Застосування сучасних нанотехнологій дозволяє виготовляти ряд датчиків у вигляді тонких пластів перетворення сигналів, так і передавальні пристрої для передачі даних у гаджет за допомогою WiFi або Bluetooth.

Актуальність та перспективність цього підходу акцентується ситуацією, що склалася у зв'язку з пандемією COVID-19, коли карантинні заходи вимагають мінімізації безпосередніх контактів пацієнтів з медиками, що веде до збільшення захворюваності та смертності від захворювань, що залишаються не діагностованими та не пролікованими вчасно. Існуючі засоби не дозволяють обійтися без складних та дорогих лабораторних тестів, однак раннє виявлення симптомів COVID-19 у вигляді порушення функції дихання можливе за допомогою пульсоксиметра та датчиків дихання, які просто зв'язуються з СФ за допомогою Bluetooth.

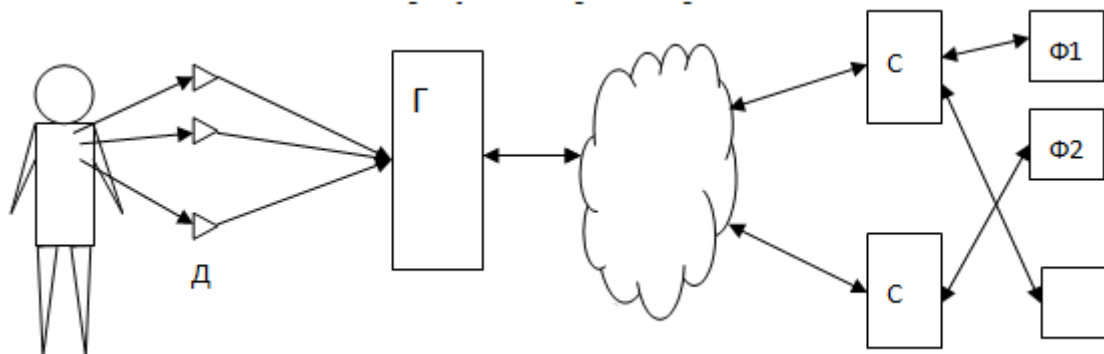


Рис.2

Дистанційний моніторинг забезпечує значно більші можливості як щодо власне моніторингу та діагностики, так і щодо використання їх результатів на вищих рівнях системи охорони здоров'я. Дистанційний моніторинг передбачає використання персональних пристроїв тільки для отримання первинних даних з датчиків

та первинної їх обробки з метою стиснення та виявлення критичних станів та симптомів, що потребують термінової реакції. Функції аналізу даних вищого рівня, включаючи діагностику та формування первинних рекомендацій, як програмного забезпечення розміщуються на серверах, доступом до них надається з допомогою хмарних технологій як до Інтернет-сервісів, як показано на рис.2.

Зосереджені серверні функції аналізу даних з елементами штучного інтелекту (наприклад, на основі нейронних мереж) вже сьогодні забезпечують аналіз візуальних даних у вигляді зображень різного походження (рентгенівських, ультразвукових, інфрачервоних, фотографічних і т.д.), аналіз біоелектричних сигналів (електрокардіограм) (ЕЕГ), реограм, механічної пульсової хвилі і т.д., причому точність аналізу перевершує досягнуту людиною. і цілком доступні на ринку датчики для зняття ЕКГ, ЕМГ, ЕЕГ, оксигеммограми, широкодіапазонні фото-і відеокамери, які дозволяють отримувати високоякісні зображення в різних діапазонах спектру, придатні для аналізу і навіть вимірювань. Істотне скорочення обсягу переданих від датчиків до Г і даних, що зберігаються, може бути досягнутий. Використовуваний Інтернет-сервіс забезпечує передачу даних на сервер С, що підтримує відповідну функцію аналізу Ф. Результат аналізу повертається сервером на смартфон користувача з затримкою або в реальному часі. Прикладом застосування даної технології профілактичного контролю та діагностики може бути така актуальна проблема, як рання діагностика меланоми. Початковим кроком є візуальне спостереження підозрілих об'єктів на шкірі пацієнта – при виконанні його традиційним шляхом, тобто безпосередньо фахівцем, виникає маса організаційно-технічних складностей, часових і грошових витрат, які роблять широке охоплення населення практично неможливим. Застосування персональних засобів і хмарних технологій передбачає отримання фото підозрілого об'єкта за допомогою камери смартфона, завантаження його на сервер/, який підтримує відповідну функцію аналізу зображення, що здійснюється як взаємодія з Інтернет-сервісом і доступно будь-якому користувачеві, аналіз зображення на сервері та повернення результату користувачеві.

Використання згаданих вище датчиків дозволяє отримувати різноманітну інформацію, що дозволяє виконувати глибоку діагностику. При цьому можна використовувати розвинене програмне забезпечення, розміщене на серверних вузлах. Сучасні мережеві технології дозволяють створювати банки даних для тимчасового аналізу даних по одному пацієнту, а також аналізувати масиви даних у часовому та географічному розрізі з метою аналізу та прогнозування епідемічної ситуації, що необхідно для ефективного управління системою охорони здоров'я.

Дана технологія може застосовуватися для діагностики досить широкого спектра патологій, насамперед тих, які потребують складного спеціального апаратурного забезпечення. З точки зору реформи медицини застосування таких технологій дистанційного обстеження є тим шляхом, який дозволяє забезпечити доступність, оперативність та низьку вартість первинного обстеження, яке є ключовим із погляду профілактичної медицини. Ключовим пунктом впровадження такої технології є створення серверних вузлів із відповідним програмним забезпеченням, на що мають бути спрямовані зусилля держави та що має бути предметом широкого міжнародного співробітництва.

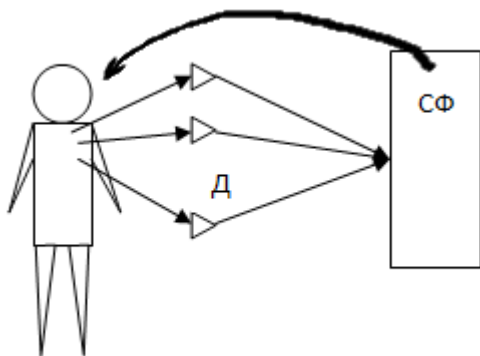


Рис.3

Сучасні гаджети можуть використовуватись і для лікування деяких станів, зокрема з використанням принципів біологічного зворотного зв'язку. Першим та найбільш очевидним застосуванням є профілактика та лікування стресу. Стрес проявляє себе рядом симптомів (зміни в ритмі дихання, серцевому ритмі, електропровідності поверхні шкіри, напруга та тремор м'язів, зміна кольору шкіри обличчя та ін.), які можуть досить просто виявлятися за допомогою стандартних засобів гаджета (камера, мікрофон) або за допомогою найпростіших додаткових датчиків. При виявленні симптомів стресу гаджет подає попереджувальний сигнал користувачеві, і навіть пропонує засоби нейтралізації стресу. Для придушення стресу

ефективно застосовується біологічний зворотний зв'язок, який може замикатися аудіовізуальним каналом взаємодії користувача з смартфоном СФ (рис.3).

Подібна технологія зі зворотним біологічним зв'язком може, виходячи з фізіологічних та клінічних даних, застосовуватись і для раннього вольового купування астматичних нападів, що потребує спеціальних досліджень.

На окрему увагу заслуговують проблеми діагностики та лікування психосоматичних розладів, чисельність яких зростає в умовах пандемії та карантинних заходів. Мережеві технології на базі персональних комунікаційних засобів і тут можуть виявитися дуже корисними як для розпізнавання психосоматичного розладу, так і для його лікування із залученням засобів психотерапії.

ТКАЧЕНКО О. М.

ІЛЬЧУК М. Р.

ВНТУ

АЛГОРИТМІЧНА ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ГРИ «П'ЯТНАШКИ»

Анотація: У статті розглянуто алгоритмічну та програмну реалізацію класичної головоломки «П'ятнашки» з використанням мови програмування Java та бібліотеки JavaFX. Проведено аналіз методів пошуку рішень, таких як повільний алгоритм (Greedy) та алгоритм A*, слідовано їх ефективності, складності і час виконання. Робота має на меті продемонструвати застосування алгоритмів для розв'язання логічних задач та їх практичне впровадження в навчальних і дослідницьких цілях.

Ключові слова: П'ятнашки, алгоритм A*, пошук, евристика, JavaFX, складність алгоритму.

Abstract: The article considers the algorithmic and software implementation of the classic puzzle "Tic Tac Toe" using the Java programming language and the JavaFX library. The analysis of solution search methods, such as the slow algorithm (Greedy) and the A* algorithm, is carried out, their efficiency, complexity and execution time are investigated. The work aims to demonstrate the use of algorithms for solving logical problems and their practical implementation for educational and research purposes.

Keywords: Tic Tac Toe, A* algorithm, search, heuristics, JavaFX, algorithm complexity.

Актуальність дослідження. Сучасна інформатика активно застосовує алгоритми пошуку та евристичні підходи для розв'язання складних задач. Гра «П'ятнашки» є класичним прикладом задачі на пошук шляху у просторі станів, що дозволяє дослідити ефективність алгоритмів A* та Greedy [1]. Її реалізація у програмному середовищі JavaFX сприяє формуванню навичок роботи з графічними інтерфейсами та алгоритмами оптимізації. Завдяки простій постановці та великій кількості можливих перестановок, головоломка «П'ятнашки» є чудовою моделлю для дослідження питань евристичного пошуку, складності алгоритмів і ефективності використання пам'яті. Реалізація гри у середовищі JavaFX сприяє розвитку навичок створення графічних інтерфейсів, організації даних у вигляді графів і застосуванню структур даних для пошуку розв'язків у просторі станів. Такий підхід поєднує теоретичні знання з практичною реалізацією, що є особливо актуальним у контексті навчання алгоритмів штучного інтелекту та програмної інженерії.

Постановка проблеми. Проблема полягає у створенні алгоритму, який здатний знаходити найкоротший шлях від початкової конфігурації плиток до цільового стану. Для цього необхідно мінімізувати кількість обчислень при великій кількості можливих перестановок ($16!$ станів) [2]. Крім того, необхідно враховувати ефективність пошуку, оскільки кожен крок генерує кілька можливих наступних станів, які потрібно оцінити. Тому важливим завданням є вибір такої евристичної функції, що дозволить мінімізувати кількість розглянутих вузлів, не втрачаючи точності результату. Розробка ефективного алгоритму пошуку у просторі станів «П'ятнашок» є не лише навчальним, а й науково-дослідним завданням, адже подібні принципи використовуються у системах навігації, робототехніці та машинному навчанні.

Аналіз досліджень. У працях Г. Харт, Н. Нілсона та Б. Рафайла [3] було закладено основу евристичних алгоритмів пошуку, серед яких алгоритм A* вважається оптимальним і повним за умови використання монотонної евристики. Він забезпечує знаходження найкоротшого шляху, якщо евристична функція не переоцінює реальну відстань до цілі. Подальші дослідження у галузі пошукових алгоритмів підкреслюють важливість вибору правильної евристики. Для задачі «П'ятнашки» найпоширенішою є мангеттенська відстань, яка обчислює суму різниць між поточними та цільовими координатами кожної плитки. Такий підхід забезпечує високу точність оцінки, зберігаючи при цьому помірну обчислювальну складність [1].

Мета та завдання роботи. Метою дослідження є створення програмного забезпечення, що реалізує пошук розв'язку головоломки «П'ятнашки» за допомогою алгоритмів A* та Greedy, а також порівняння їх ефективності. Для досягнення мети було поставлено такі завдання: розробити модель гри та структури даних для

представлення станів гри у вигляді графу; реалізувати евристичну функцію $h(n)$, що обчислює мангеттенську відстань до цільового стану; реалізувати алгоритми A^* та Greedy у середовищі JavaFX; порівняти часову складність, кількість кроків і використання пам'яті для кожного алгоритму; забезпечити візуалізацію процесу пошуку шляху з можливістю демонстрації неможливих комбінацій.

Основний матеріал. У межах проведеного дослідження було розроблено програму, що моделює процес розв'язання головоломки «П'ятнашки» за допомогою алгоритмів A^* та Greedy. Кожен стан гри описується у вигляді вузла графу, а можливі дії — як ребра, які з'єднують ці стани. Таким чином, уся задача подається як пошук оптимального шляху у просторі станів, де вершини відповідають різним конфігураціям поля, а цільовий вузол — це впорядкований стан з числами від 1 до 15 і порожньою клітинкою.

Для реалізації алгоритму A^* використано класичну формулу оцінки: $f(n) = g(n) + h(n)$, де $g(n)$ — кількість кроків, здійснених від початкового стану, а $h(n)$ — евристична функція, що оцінює відстань від поточного стану до цільового. У даній роботі $h(n)$ базується на мангеттенській відстані — сумі горизонтальних і вертикальних переміщень кожної плитки до її правильного положення.

Алгоритм Greedy застосовує лише евристичну частину $h(n)$, повністю ігноруючи вартість уже пройденого шляху. Це робить його простішим у реалізації, але менш точним: він схильний до вибору варіанта, який не завжди веде до глобального оптимуму. У багатьох випадках такий підхід призводить до зайвих кроків або заціклення, що знижує ефективність при складних конфігураціях гри.

Візуалізація виконана за допомогою JavaFX, що дозволило відображати як рух плиток у полі, так і процес пошуку в реальному часі. Користувач може обирати режими «Звичайний» та «Неможливий» (у якому обмінюються місцями плитки 14 і 15). Останній режим використовується для демонстрації обробки нерозв'язних комбінацій і перевірки правильності алгоритму перевірки парності перестановок. Для оцінки ефективності було проведено порівняння часу роботи, кількості розглянутих станів і довжини знайденого шляху для обох алгоритмів. Результати показали, що A^* досягає розв'язку швидше, тоді як Greedy потребує більше кроків через відсутність інформації про пройдений вузли. Аналіз складності показав, що в середньому A^* має складність $O(n^2)$, а Greedy — $O(n^3)$, оскільки виконує додаткові перевірки без повторного використання проміжних результатів.

Висновки. Алгоритм A^* показав найкращі результати за швидкістю та точністю, завдяки використанню комбінованої оцінки $f(n) = g(n) + h(n)$. Алгоритм Greedy попри простоту, є менш ефективним через відсутність урахування реальної вартості шляху. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на застосування вдосконалених евристик або алгоритмів IDA^* для розв'язання великих версій гри [3]. Отримані результати підтверджують важливість вибору правильної евристичної функції для підвищення продуктивності пошуку. Ефективність алгоритму A доводить, що комбінування інформації про пройдений шлях і передбачувану відстань до цілі дозволяє мінімізувати обчислювальні ресурси. У ході дослідження також було встановлено, що оптимізація структури даних, зокрема використання черги з пріоритетами, позитивно впливає на швидкість виконання. Крім того, реалізація програми у JavaFX продемонструвала зручність візуалізації процесу пошуку рішень у реальному часі.

Список використаних джерел

1. Russell, S. & Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. — Pearson, 2021 URL:
2. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/artificial-intelligence-a-modern-approach/P200000003500/9780134610993>
3. Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., Stein, C. Introduction to Algorithms. — MIT Press, 2022 URL: <https://mitpress.mit.edu/9780262046305/introduction-to-algorithms/>
4. Hart, P., Nilsson, N., Raphael, B. A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths. — IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics, Vol. 4(2), 1968 URL: <https://doi.org/10.1109/TSSC.1968.300136>

ТОРЯНИК Л. О.

ВСП «Сумський фаховий коледж НУХТ»

ГЕЙМІФІКАЦІЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ АЛГОРИТМІЧНИХ КОНЦЕПЦІЙ У КУРСІ «АЛГОРИТМИ І МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ»: ДОСВІД СТВОРЕННЯ УКРАЇНОМОВНОГО ЕМУЛЯТОРА МАШИНИ ТЮРІНГА

Анотація. У статті висвітлено питання забезпечення безперервності та якості викладання курсу «Алгоритми і методи обчислення» в умовах воєнного стану. Обґрунтовано методичне рішення, засноване на гейміфікації фундаментальних концепцій через використання емуляторів теоретичних моделей, зокрема

машини Тюрінга. Описано досвід створення україномовного, наочного та стійкого програмного інструменту в рамках кваліфікаційної роботи, який усуває мовні бар'єри та підвищує залученість студентів до вивчення алгоритмізації.

Ключові слова: гейміфікація, машина Тюрінга, емулятор, теорія алгоритмів, змішане навчання, цифрова стійкість, алгоритми і методи обчислення, україномовне забезпечення.

У сучасному світі, де динаміка розвитку інформаційних технологій набула безпрецедентної швидкості, незмінно зростає потреба у фахівцях, які не просто володіють програмними інструментами, а глибоко розуміють фундаментальні концепції обчислювальності та теорії алгоритмів. Саме ці основи, закладені в курсі «Алгоритми і методи обчислення» для спеціальності F7 «Комп'ютерна інженерія», формують здатність до ефективного розв'язання складних інженерних задач. Проте, багаторічний досвід викладання свідчить, що традиційні методи, оперуючи високим рівнем абстракції (як-от модель машини Тюрінга, нормальні алгоритми Маркова), часто стикаються з педагогічними труднощами — студентам бракує наочності та досвіду безпосередньої взаємодії з моделлю [5].

Особливої ж актуальності ця проблема набула в умовах повномасштабної агресії та повсюдного переходу до змішаного або повністю дистанційного навчання. Обмежений фізичний доступ до лабораторій, необхідність забезпечення безперервності та безпеки освітнього процесу, а також постійний пошук шляхів підвищення залученості студентів до вивчення абстрактних моделей вимагають розробки ефективного методичного рішення, що гарантує цифрову стійкість освітнього процесу.[6] Це завдання пов'язане з важливою науковою та практичною потребою — забезпеченням високої якості підготовки фахівців, здатних працювати з алгоритмами на фундаментальному рівні, навіть в умовах кризових викликів.

Саме для подолання розриву між абстрактним формалізмом та інтуїтивним розумінням виник і розвинувся широкий спектр програмних симуляторів. Ці інструменти слугують критично важливими освітніми засобами, що перетворюють статичні, текстові визначення на динамічні, інтерактивні візуалізації.[7] Вони дозволяють студентам "створювати та втілювати в життя" абстрактні машини, покроково виконувати їхні програми та візуально спостерігати за взаємодією між головою, стрічкою та функцією переходу.

Навчання алгоритмізації вимагає переходу від пасивного запам'ятовування до активного моделювання. Емулятори теоретичних моделей, таких як машина Тюрінга, надають низку критичних переваг:

- наочність та візуалізація: абстрактні правила переходів трансформуються у динамічний процес, де студент бачить, як крок за кроком змінюється стрічка (пам'ять) та стан машини. Це перетворює логіку на видиму та зрозумілу дію;
- безпека та доступність: емулятор є програмним продуктом, який не вимагає дорогого обладнання та може працювати на будь-якому ПК чи ноутбукі, гарантуючи безперервність навчального процесу в умовах повітряних тривог або відсутності фізичного доступу до лабораторій;
- гейміфікаційний потенціал: створення програми для машини Тюрінга — це, по суті, розв'язання логічної головоломки. Емулятор надає середовище, де студенти можуть «грати» з алгоритмами, експериментувати з правилами та миттєво бачити наслідки помилок, що значно підвищує інтерес і стимулює логічне мислення.[7]

Проте, не всі емулятори створені однаковими. Аналіз доступних у відкритому доступі інструментів виявляє чіткий розподіл за двома основними напрямками:

1. педагогічні інструменти: пріоритетом цих симуляторів є ясність візуалізації, простота використання, покрокове виконання та інтерактивний зворотний зв'язок. Вони розроблені спеціально для того, щоб прояснити абстрактні концепції для студентів;
2. дослідницькі інструменти: ці інструменти надають перевагу обчислювальній потужності, продуктивності, підтримці складних або нетипових моделей (багатострічкові МТ, недетерміністичні МТ, машини Поста) та симуляції нетипових умов, таких як збої та відновлення.

Веб-орієнтовані емулятори пропонують найнижчий поріг входу, не вимагаючи інсталяції та забезпечуючи миттєву доступність. Вони є ідеальними для швидких демонстрацій у лекційних аудиторіях. Однак вони часто обмежують функціональну глибину заради простоти. Серед найпопулярніших веб-емулаторів слід виділити:

1. turingmachine.io (<https://turingmachine.io/>) - цей емулятор є веб-додатком на основі JavaScript, який вирізняється своїм унікальним підходом до візуалізації. Функціональність включає стандартні засоби керування (запуск, покрокове виконання, скидання), візуалізацію стрічки та надання понад десятка прикладів;

2. morphett.info (<https://morphett.info/turing/>) - веб-симулятор на JavaScript є одним з найбільш функціонально насичених інструментів у своєму класі. Він використовує простий текстовий формат введення, де кожне правило переходу (кортеж) записується в окремому рядку у формі <поточний стан> <поточний символ> <новий символ> <напрямок> <новий стан>.

Настільні додатки традиційно пропонують найбагатший набір функцій, оскільки вони не обмежені можливостями веб-браузера. Вони слугують основою для багатьох університетських курсів з теорії автоматів. Серед найпопулярніших додатків слід виділити:

1. JFLAP (Java Formal Languages and Automata Package) (<https://www.jflap.org/>), який є, безперечно, найбільш домінуючим та всеосяжним програмним забезпеченням для викладання теорії автоматів. Розроблений в Університеті Дьюка за підтримки Національного наукового фонду (NSF), цей додаток на Java є не просто емулятором МТ, а інтегрованим середовищем для всього курсу теорії обчислюваності.[8]
2. Tursi – це крос-платформний додаток на Java, розроблений як заміна старого "Turing Applet". Його ключова особливість – подвійний режим роботи. Він пропонує як "функціонально насичений GUI", так і "швидкий консольний режим".
3. Visual Turing – це настільний додаток на Java (з використанням Java Swing), який представляє одну з крайнощів у спектрі проектування емуляторів. Його центральна ідея – повна відмова від текстового введення на користь чисто візуального проектування. Він пропонує "просте проектування і обіцяє відмову від кодів. Однак його філософія проектування докорінно відрізняється від JFLAP. Tursi розроблений виключно для детерміністичних однострічкових Машин Тюрінга.
4. Turing Machine Simulator (від IgorX2) -цей програмний симулятор доступний у магазині Microsoft Store. Сторінка магазину Microsoft Store, переглянута з українськими регіональними налаштуваннями, показує інтерфейс українською (наприклад, категорія "Освіта"). Крім того, на сторінках магазину для інших регіонів "українська (Україна)" чітко вказана у списку мов, які підтримує додаток. Додаток призначений як навчальний посібник для студентів, що вивчають теорію автоматів та абстрактні моделі обчислень. Він дозволяє користувачам писати власні переходи для багатострічкових машин Тюрінга (Multitrack Turing Machines) та виконувати їх покроково.[10]
5. Turing Machine Simulator (від nikhil-RGB / swingguiking) - цей емулятор є мобільним додатком для Android, сторінка якого в магазині Google Play локалізована українською мовою. Самі матеріали вказують на те, що сторінка магазину перекладена, але не дають остаточного підтвердження щодо мови інтерфейсу самого додатка.
6. Інші популярні симулятори, доступні в українських версіях магазинів додатків (наприклад, "Turing Machine Simulator" від Alexander Clauss або "Turing Machine Simulator" від Rustam Khakhuk в Apple App Store), у своїх описах вказують підтримку лише англійської (та іноді німецької) мови, навіть якщо сама сторінка магазину перекладена.[11]

Аналіз основних досліджень і публікацій, присвячених візуалізації абстрактних обчислювальних моделей, показує, що хоча емулятори існують, вони мають серйозні методологічні та політичні недоліки. Слід констатувати, що більшість функціональних рішень є або англійськими, що створює значний мовний бар'єр і уповільнює засвоєння матеріалу, або, що є абсолютно неприйнятним в умовах сьогодення, російськомовними, продовжуючи культурну агресію в освітній сфері. Крім того, більшість наявних емуляторів не відповідають сучасним дидактичним вимогам до інтерактивності: їхній інтерфейс часто перевантажений, неінтуїтивний, або вимагає введення правил через складний програмний синтаксис. Усе це перетворює роботу з моделлю з інструменту навчання на додаткову технічну перешкоду. Таким чином, невирішеною раніше частиною загальної проблеми є відсутність українськомовного, стабільного, наочного та гейміфікованого інструменту, який би не лише відповідав академічній точності, але й був доступним для широкого кола студентів, незалежно від їхнього місця перебування та технічних можливостей.

З огляду на вищезазначені виклики, виникла гостра методична необхідність у створенні наочно-практичного забезпечення, здатного вирішити проблему абстракції. Як успішний приклад такого підходу ми розглядаємо розробку програмного емулятора машини Тюрінга в рамках кваліфікаційної роботи здобувачем освіти, оскільки цей інструмент, перетворюючи складну теоретичну модель на інтерактивну «гру-головоломку», стає вагомим елементом гейміфікації вивчення фундаментальних алгоритмічних концепцій.

Машина Тюрінга — це абстрактна математична модель, що формалізує поняття алгоритму. Вона складається з нескінченної стрічки для запису символів, керованої голівки, яка зчитує та записує, та набору правил переходу, які визначають її дії (зміна стану, запис символу, рух стрічкою). Це теоретичний інструмент

для дослідження обчислюваності та складності алгоритмів, який, попри свою простоту, здатний імітувати будь-який комп'ютерний процес [1].

Метою цієї статті є не опис технічних характеристик, а поширення методичного досвіду, набутому під час виконання кваліфікаційної роботи, обґрунтування, як досвід розробки цього емулятора може стати основою для нового, ефективного методичного рішення — гейміфікації фундаментальних розділів алгоритмізації.

Ефективність викладання теоретичної інформатики безпосередньо залежить від зниження когнітивного навантаження. Коли студент змушений утримувати в пам'яті одночасно правила переходів, поточний стан стрічки та логіку алгоритму, його здатність до осмислення процесу суттєво знижується. Емулятор виступає тут як «когнітивний протез», беручи на себе функцію візуалізації та контролю синтаксису.

Основний матеріал нашого дослідження зосереджений на обґрунтуванні того, чому саме емуляція, поєднана з гейміфікацією, є найкращою відповіддю на сучасні освітні виклики. Абстрактна модель машини Тюрінга, яка формалізує поняття алгоритму, ідеально підходить для перетворення на логічну головоломку. Наш досвід підтверджує, що для успіху такого проєкту першочерговим є вибір технологічного стеку, що забезпечує максимальну доступність і мінімальні вимоги до ресурсів. У даному випадку це Python та вбудована графічна бібліотека Tkinter. Такий вибір дозволив вирішити проблему кросплатформенності та уникнути встановлення складних фреймворків, зробивши інструмент інклюзивним. Логічна структура програми суворо відповідала моделі Тюрінга, але ключовий акцент був зроблений на дискретному циклі виконання, що забезпечує покрокову роботу. Саме можливість контролювати кожен крок перетворює теоретичний алгоритм на інтерактивну практичну дію.

Для забезпечення коректної роботи машини Тюрінга були обрані наступні ключові структури даних [2]:

Стрічка (Tape): Реалізована як динамічний масив або список (list) у Python. Це дозволило ефективно імітувати потенційну нескінченність стрічки, додаючи нові елементи зліва або справа, коли голівка наближається до краю. Це відрізняє емулятор від рішень, що використовують статичні масиви, які швидко вичерпують свою пам'ять.

Алфавіт (Alphabet): Зберігається як набір символів, що дозволяє швидко перевіряти валідність введених даних (валідація та фільтрація).

Правила переходів (Rules): Зберігаються у вигляді словника (dictionary) або хеш-таблиці. Ключем для пошуку правила є пара: (Поточний стан, Зчитаний символ). Це забезпечує надзвичайно швидкий пошук необхідної команди на кожному такті роботи машини, підвищуючи продуктивність і точність емуляції.

Приклад структури зберігання правил у Python

```
rules = {
    ('q1', '0'): ('q1', '1', 'R'), # (Стан, Символ): (Новий стан, Записати,
    ('q1', 'B'): ('q0', 'B', 'N'),
    # ... інші правила
}
```

У рамках розробки здобувачем був створений інтуїтивний графічний інтерфейс, який став головним провідником до гейміфікації. Це вирішує проблему перевантажених інтерфейсів, які ми бачили в аналізованих іноземних емуляторах. Замість складних таблиць чи коду, правила переходів (стан, символ, нова дія, новий стан) вводяться у зручні, візуально розділені поля. Цей підхід спрощує процес «програмування» та заохочує студента до експерименту. Наочність забезпечується завдяки чіткій візуалізації стрічки станів, де активна комірка, яку оглядає голівка, підсвічується, миттєво фокусуючи увагу, перетворюючи абстрактну дію на візуально сприйнятну подію. Введення правил через окремі, інтуїтивно зрозумілі поля, а не через монолітну таблицю, перетворює написання алгоритму на збирання конструктора. Студент не боїться помилитися, оскільки може вільно додавати, видаляти та редагувати окремі правила за допомогою кнопок «+» та «-». Кнопка «Крок» стає основним інструментом аналізу, дозволяючи студенту перевіряти свою логіку та виявляти помилки крок за кроком, подібно до того, як він розв'язує складну головоломку. Цей покроковий режим є ключовим для самонавчання, оскільки він дозволяє студенту анімувати власні гіпотези.

Поточний активний стан машини завжди відображається у нижньому лівому куті інтерфейсу. Це критично важливо для діагностики: студент миттєво бачить, на якому стані алгоритм зупинився або зациквився.

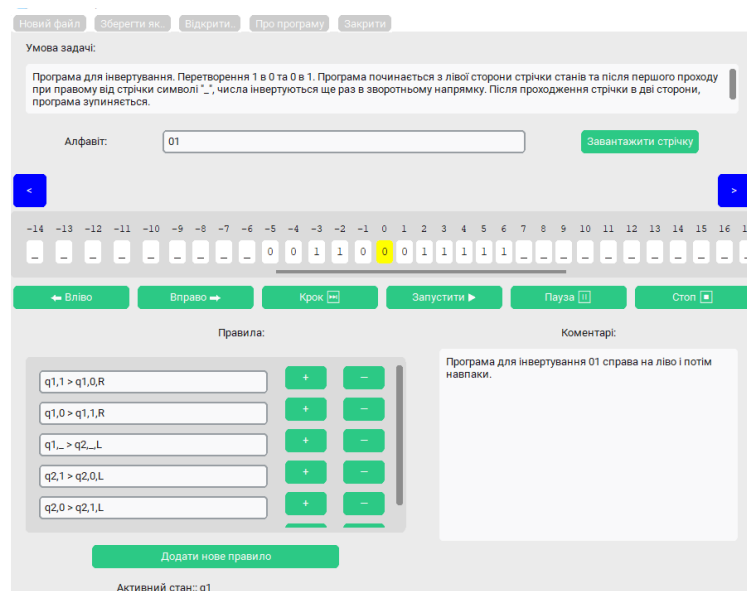


Рисунок 1 - Загальний вигляд програми

Окремої уваги заслуговує етап тестування та налагодження, адже для навчального інструменту надійність є критичною. Досвід роботи показав необхідність вирішення низки специфічних проблем, що виникають при емуляції. Зокрема, було реалізовано механізм динамічного розширення стрічки при русі голівки, що імітує її теоретичну нескінченність, та впроваджено примусову синхронізацію графічного інтерфейсу після кожного кроку виконання, щоб уникнути некоректного відображення проміжних результатів. Також було додано механізм валідації та фільтрації символів, що захистило систему від некоректного введення і підвищило її стійкість. Лише після такого ретельного обґрунтування і налагодження емулятор набув високого ступеня стабільності, що дозволяє викладачам використовувати його для проведення лабораторних робіт у змішаному режимі.

Викладений досвід розробки україномовного емулятора машини Тюрінга демонструє життєздатний та ефективний методичний підхід для викладання абстрактних концепцій. Інструмент успішно долає мовний бар'єр, забезпечує наочність, перетворює складну теорію на доступну інтерактивну практику і є надійним рішенням для забезпечення безперервності та якості освітнього процесу в умовах воєнних викликів. Завдяки реалізованій наочності та гейміфікаційному потенціалу, ми можемо стверджувати, що цей підхід підвищує залученість та глибину засвоєння матеріалу студентами.

Таким чином, розроблений емулятор є успішним прикладом того, як інноваційні, але технологічно доступні проєкти, створені здобувачами освіти, можуть бути ефективно інтегровані в освітній процес для подолання поточних кризових викликів, а також сприяти підготовці конкурентоспроможних ІТ-фахівців в умовах сьогодення. У висновках з даного дослідження слід підкреслити, що подібні ініціативи є стратегічно важливими. Перспективи подальших досліджень у даному напрямку повинні бути зосереджені на розширенні цього досвіду на інші фундаментальні моделі, такі як нормальні алгоритми Маркова або автоматні моделі, а також на розробці емуляторів низькорівневих апаратних систем (наприклад, емуляція роботи з BIOS). Це дозволить створити повноцінний комплекс україномовних, доступних та гейміфікованих інструментів, що забезпечать цифрову стійкість української ІТ-освіти в умовах сьогодення.

Список використаних джерел

1. Алгоритми та методи обчислень: підручник / М.А. Новотарський – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.
2. Дослідження роботи машини Тюрінга : навч.-метод. посібник / О. О. Петрова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 75 с
3. Візуалізація машини Тюрінга: вебсайт: URL: <https://turingmachine.io/> (дата звернення: 06.11.2025)
4. Веб-сайт URL: https://phm.cuspu.edu.ua/theory_of_algorithms/index.html (дата звернення: 06.11.2025)
5. Веб-сайт URL: https://www.researchgate.net/publication/336445435_On_Using_of_Turing_Machine_Simulators_in_Teaching_of_Theoretical_Computer_Science (дата звернення: 06.11.2025)
6. Веб-сайт URL: Economic Affairs, Vol. 68, No. 01s, pp. 43-50, February 2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/369782490_Features_of_Using_the_Opportunities_of_the_Digital_Envi

ronment_of_the_Higher_Educational_Institution_for_the_Development_of_Future_Economists'_Professional_Competence (дата звернення: 06.11.2025)

7. Веб-сайт URL: Algorithm Visualization platform. EasyChair. URL: <https://easychair.org/publications/preprint/tw6K/open> (дата звернення: 06.11.2025)
8. Веб-сайт URL: <https://www.jflap.org/> (дата звернення: 06.11.2025)
9. Веб-сайт URL: <https://apps.microsoft.com/detail/9ngq1k1smjsq?hl=uk-ua&gl=RU> (дата звернення: 06.11.2025)
10. Веб-сайт URL: <https://apps.apple.com/ru/app/turing-machine-simulator/id303032123?l=en-GB> (дата звернення: 06.11.2025)
11. Stanford Encyclopedia of Philosophy: веб-сайт URL: <https://plato.stanford.edu/entries/turing-machine/#DefiForm> (дата звернення: 06.11.2025)

УПІРОВ В.В.

здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
Державний податковий університет
м. Ірпінь, Україна

Науковий керівник: ГОРБОВИЙ А. Ю., д.т.н., професор

ЗАСТОСУВАННЯ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ

Анотація: У роботі досліджується проблема ефективної візуалізації даних в системах моніторингу з підтримкою різномірних джерел. Запропоновано компонентний підхід з використанням React, WebSocket та бібліотек D3.js, Recharts для створення адаптивного веб-інтерфейсу з високою інтерактивністю та оновленням даних в реальному часі. Результати підтверджують можливість створення високопродуктивного інтерфейсу для різних категорій користувачів та пристроїв.

Ключові слова: візуалізація даних, системи моніторингу, адаптивний веб-інтерфейс, React, WebSocket, інтерактивні дашборди, D3.js, Recharts, Apache ECharts

Візуалізація даних є критичним компонентом сучасних систем моніторингу, адже якість прийняття рішень безпосередньо залежить від ефективності представлення інформації. У контексті систем збору метрик з множини різномірних джерел виникають специфічні вимоги: підтримка різних типів даних (time-series, categorical, geospatial), real-time оновлення без перезавантаження сторінки, адаптивність інтерфейсу для різних пристроїв та можливість кастомізації візуалізацій під потреби конкретних користувачів. Існуючі платформи демонструють обмеження щодо інтеграції різних підходів до візуалізації та адаптивності інтерфейсів для різних категорій користувачів.

Grafana надає широкий набір готових панелей з можливістю налаштування через UI, проте має обмежену кастомізацію для нестандартних візуалізацій [1]. Платформа фокусується на попередньо визначених типах графіків, що може бути недостатнім для специфічних наукових або промислових сценаріїв. Kibana орієнтована на візуалізацію логів та неструктурованих даних, пропонуючи потужні інструменти для аналізу даних, однак вимагає значних ресурсів для розгортання та експлуатації повного Elastic Stack.

Bostock у своєму дослідженні описує D3.js як бібліотеку для маніпуляції DOM елементів, що надає низькорівневий контроль над кожним аспектом візуалізації [2]. Такий підхід дозволяє створювати унікальні та високо кастомізовані графіки, проте вимагає значних зусиль розробника та глибокого розуміння SVG, CSS та JavaScript. Альтернативні бібліотеки, такі як Recharts та Apache ECharts, пропонують готові компоненти з готовими базовими налаштуваннями, що прискорює розробку стандартних візуалізацій зі збереженням можливості кастомізації через конфігураційні опції.

Toasa та співавтори у своєму дослідженні описують техніки візуалізації real-time даних з використанням Node.js, Socket.io та Redis, що дозволяє реалізувати систему дашбордів для аналізу даних [3]. Така архітектура демонструє можливість побудови спеціалізованих рішень для конкретних потреб без прив'язки до комерційних платформ. Використання WebSocket з двонаправленим зв'язком дозволяє досягти затримки менше 100 мілісекунд від надходження даних на стороні серверу до відображення на інтерфейсі.

Концепція адаптивного веб-інтерфейсу для платформи моніторингу, що розробляється в рамках дослідження, базується на компонентному підході, де кожна візуалізація це незалежний компонент який може використовувати ту чи іншу бібліотеку візуалізації, головне щоб вони наслідували загальний інтерфейс для налаштування. Кожен компонент приймає стандартизований формат даних та конфігурацію через властивості компоненту, що дозволяє легко комбінувати різні типи візуалізацій на одному дашборді.

Компонентний шар реалізує багато разове використання React компонентів для різних типів візуалізацій: TimeSeriesChart для відображення метрик у часі; BarChart для порівняння категоріальних значень; Gauge для

моментальних показників системи; Heatmap для візуалізації щільності подій або матриць кореляцій; Table з підтримкою сортування, фільтрації та пагінації для детального перегляду неформатованих даних;

Ключовою особливістю інтерфейсу системи що розробляється є висока інтерактивність та оновлення даних в реальному часі. Користувачі зможуть певні часові ряди для збільшення деталізації безпосередньо на графіках з синхронізацією між всіма графіками для перехресного аналізу. При наведенні на точку будуть відображені детальні значення всіх метрик у конкретний момент часу. Динамічне приховування серій в графіку дозволяє сфокусуватися тільки на даних що цікавлять в даний момент без перезавантаження сторінки. WebSocket забезпечує низьку затримку відображення нових даних на графіку.

Проведене дослідження підтверджує можливість створення високопродуктивного адаптивного веб-інтерфейсу для систем моніторингу на базі сучасних веб-технологій. Комбінація React та WebSocket забезпечує якісний користувацький досвід на різних пристроях. Модульна компонентна архітектура дозволяє легко розширювати функціональність додаванням нових типів візуалізацій або інтеграцією додаткових бібліотек. Подальші дослідження будуть спрямовані на інтеграцію зі штучним інтелектом для допомоги в налаштування візуалізацій.

Список використаних джерел

1. Grafana: The open observability platform. Grafana Labs Documentation. 2024. URL: <https://grafana.com/docs/grafana/latest/>
2. Bostock M., Ogievetsky V., Heer J. D3: Data-Driven Documents. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2011. Vol. 17. No. 12. P. 2301-2309. URL: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.185>
3. Toasa R.M., Gonz'alez M., Arnau D., Guam'an D. Data Visualization Techniques for Real-Time Information — A Custom and Dynamic Dashboard for Analyzing Surveys' Results. IEEE World Forum on Internet of Things. 2019. P. 1–6. URL: <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2019.8767348>

ФЕДЕНКО, Д.О.,
КНЕУ ім. Вадима Гетьмана,

ВІЗУАЛЬНІ КОНФІГУРАТОРИ ЯК ЗАСІБ КОМП'ЮТЕРНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У БУХГАЛТЕРСЬКОМУ ОБЛІКУ ТА НАВЧАННІ

Анотація: розглянуто можливості застосування технологій комп'ютерної візуалізації у сфері бухгалтерського обліку з метою підвищення ефективності організаційно-технологічних процесів. Обґрунтовано доцільність використання візуальних конфігураторів як інструментів моделювання, які дозволяють наочно відображати взаємозв'язки між елементами облікової системи — операціями, документами, рахунками та результатними показниками. Визначено, що інтеграція таких засобів у практику обліку та навчання сприяє підвищенню рівня цифрової грамотності, розвитку ІКТ-компетентностей і формуванню аналітичного мислення майбутніх фахівців. Показано, що використання конфігураторів забезпечує гнучкість адаптації облікових моделей до змін законодавства та специфіки галузі, а також створює умови для ефективного дистанційного й змішаного навчання. Результати дослідження свідчать про перспективність поєднання методів комп'ютерної візуалізації з інноваційними підходами до організації бухгалтерського обліку в умовах цифрової трансформації економіки.

Ключові слова: візуальні конфігуратори, комп'ютерна візуалізація, бухгалтерський облік, цифрова трансформація, організаційно-технологічні процеси, електронні освітні ресурси, моделювання облікових систем, ІКТ-компетентність, цифрові платформи, інтерактивне навчання, управління даними, аналітичне мислення, дистанційна освіта, цифрова економіка, інноваційні освітні технології.

Цифрова трансформація економіки змінює концептуальні основи ведення бухгалтерського обліку, виводячи його за межі суто реєстраційної функції. У сучасних умовах бухгалтерський облік розглядається як частина інтегрованої системи управління даними, що забезпечує інформаційно-аналітичну підтримку процесів прийняття рішень. З огляду на це актуальним стає впровадження технологій комп'ютерної візуалізації, які дозволяють моделювати та відображати складні взаємозв'язки між обліковими операціями, процесами й фінансовими показниками у наочній, інтерактивній формі.

Одним із найбільш перспективних інструментів такого підходу є візуальні конфігуратори — спеціалізовані програмні засоби, що забезпечують можливість створення, моделювання та управління обліковими процесами за допомогою графічних інтерфейсів. Вони дозволяють користувачам без глибоких знань

програмування будувати логіку функціонування облікової системи, налаштовувати параметри операцій, формувати звітні моделі та здійснювати інтеграцію з іншими підсистемами управління підприємством. На відміну від традиційних програмних рішень, які передбачають фіксовані алгоритми дій, візуальні конфігуратори забезпечують гнучкість, адаптивність і прозорість у побудові процесів.

Застосування технологій комп'ютерної візуалізації у бухгалтерському обліку має декілька науково-практичних переваг. По-перше, воно дозволяє відобразити структурно-логічні зв'язки між операціями та результатами у вигляді схем, діаграм чи інтерактивних моделей, що підвищує розуміння сутності облікових процесів. По-друге, забезпечується оперативна діагностика помилок та відхилень у даних, оскільки конфігуратор може виявляти невідповідності між елементами системи у візуальному форматі. По-третє, така технологія дає змогу швидко адаптувати систему обліку до змін у нормативно-правовій базі, не вдаючись до складних технічних втручань [1, 41].

Особливе значення використання візуальних конфігураторів має у сфері навчання бухгалтерському обліку, де вони виступають ефективним елементом електронних освітніх ресурсів. Завдяки візуалізації студенти не лише опановують теоретичні знання, а й мають можливість експериментувати з різними сценаріями організації облікових процесів. Вони можуть самостійно моделювати господарські операції, змінювати параметри проводок, спостерігати за впливом своїх дій на фінансові результати та структуру звітності. Це формує аналітичне мислення, здатність бачити причинно-наслідкові зв'язки в обліковій інформації, а також розвиває ІКТ-компетентності, необхідні для роботи в цифровому середовищі [2, 10].

З методологічного погляду візуальні конфігуратори виступають інструментом комп'ютерної візуалізації знань, який дозволяє поєднати концептуальну модель обліку з реальними даними підприємства. Це створює основу для побудови цифрових двійників облікових процесів, що відображають діяльність організації у реальному часі. Такий підхід сприяє глибшому розумінню інформаційних потоків, оптимізації трудових ресурсів і підвищенню ефективності управлінських рішень.

Важливою перевагою візуальних конфігураторів є їх інтеграційна здатність — можливість поєднання з ERP, CRM та аналітичними системами підприємства. Це створює єдиний інформаційний простір, у якому бухгалтерський облік перестає бути ізольованим підрозділом і стає частиною корпоративної цифрової екосистеми. Така інтеграція забезпечує узгодженість фінансових даних з операційними показниками, сприяє формуванню прозорості управлінських процесів і підвищує рівень контролю за діяльністю підприємства.

Не менш значущим є педагогічний аспект застосування конфігураторів. У процесі дистанційного або змішаного навчання вони дозволяють відтворювати реальні робочі сценарії, моделювати поведінку користувача облікової системи, створювати ситуаційні кейси для самостійного розв'язання. Це забезпечує активне навчання через дію (*learning by doing*), підвищує мотивацію студентів і робить освітній процес більш практикоорієнтованим [3, 600].

У підсумку, впровадження технологій комп'ютерної візуалізації в організацію бухгалтерського обліку за допомогою візуальних конфігураторів сприяє формуванню нової парадигми облікової діяльності, що ґрунтується на принципах відкритості, інтегрованості й аналітичності. Це дає змогу розглядати бухгалтерський облік не лише як технічну систему збору даних, а як інтелектуальний інструмент управління, який забезпечує прозорість, прогнозованість і стратегічну підтримку прийняття рішень.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці адаптивних моделей візуальних конфігураторів для навчальних платформ, інтеграції таких систем із хмарними сервісами та аналітичними модулями, а також у вивченні їхнього впливу на якість підготовки фахівців економічного профілю. Поєднання технологій комп'ютерної візуалізації та бухгалтерського обліку відкриває новий етап у розвитку цифрової освіти та управління економічною інформацією.

Список використаних джерел

1. Prokopenko T., Grigor O. Development of the comprehensive method to manage risks in projects related to information technologies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Kharkiv, 2018. Vol. 2, No. 3 (92). P. 37–43. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.128140>
2. Тарасенко Я.В., Бабенко В.Г. Метод комп'ютеризованого модифікування англomовного тексту на основі психосемантичних властивостей. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. Черкаси, 2022. № 1. С. 4–12. DOI: <https://doi.org/10.24025/2306-4412.1.2022.255991>
3. Perspective trajectory of scientific research in technical sciences : Collective monograph. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2021. 634 p. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-085-8-24>

ЦИФРОВІ МЕХАНІЗМИ АДМІНІСТРУВАННЯ В УМОВАХ ФОРМУВАННЯ СПІВРОБІТНИЦТВА ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

Анотація. У статті досліджено трансформаційний потенціал цифрових механізмів адміністрування як каталізатора формування ефективного співробітництва в межах територіальних громад. Акцентовано увагу на тому, що в умовах децентралізації та набуття громадами нових повноважень класичні моделі управління виявляються недостатньо ефективними для забезпечення прозорості, включеності громадськості та оперативного реагування на виклики. Автором проаналізовано комплекс інструментів цифровізації – від електронних систем документообігу та відкритих порталів даних до геоінформаційних систем та платформ електронної демократії, – які становлять основу для побудови нових горизонтальних зв'язків між органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання, громадськими організаціями та окремими мешканцями. Доведено, що впровадження цих механізмів не лише підвищує адміністративну ефективність, але й створює нові якісні можливості для участі громадян у прийнятті управлінських рішень, сприяючи тим самим консолідації громади навколо спільних цілей розвитку.

В рамках дослідження виокремлено ключові перешкоди на шляху цифровізації, такі як цифровий нерівність, недостатній рівень кібербезпеки, консерватизм адміністративної культури та проблеми нормативно-правового забезпечення. Запропоновано низку практичних рекомендацій щодо подолання цих бар'єрів, зокрема, через розробку цільових програм цифрової освіти для мешканців та чиновників, створення стимулів для розвитку цифрової інфраструктури в сільській місцевості та гармонізацію національного законодавства з європейськими стандартами в сфері відкритих даних та електронного урядування. Підкреслено, що успішність цифрових механізмів залежить не стільки від технологічного компоненту, скільки від здатності громади до їх адаптації та використання для досягнення конкретних соціально-економічних результатів.

Ключові слова: цифровізація, електронне урядування, територіальна громада, співробітництво, електронна демократія, відкриті дані, децентралізація, адміністративні механізми, цифрова інфраструктура, громадська участь.

Abstract. The article examines the transformational potential of digital administrative mechanisms as a catalyst for the formation of effective spivorization among territorial communities. The emphasis is placed on the fact that in the minds of decentralization and the emergence of a huge number of new, classical management models are insufficiently effective for ensuring insight, inclusion of the population and prompt response to calls. The author analyzed a complex of digitalization tools - from electronic document management systems and confidential data portals to geographic information systems and platforms of electronic democracy - which form the basis for encouraging new horizontal connections between local self-government bodies, government entities, large organizations and other local people. It has been proven that the implementation of these mechanisms not only promotes administrative efficiency, but also creates new clear opportunities for the participation of citizens in making management decisions, We therefore agree with the consolidation of the community towards the common goals of development.

As part of the investigation, key transitions in the direction of digitalization were reinforced, such as digital inequality, insufficient cybersecurity, conservatism of administrative culture and problems of regulatory security. Proposed low practical recommendations for the implementation of these barriers, zokrem, through the development of targeted programs of digital coverage for citizens and officials, the creation of incentives for the development of digital infrastructure in rural areas The relevance and harmonization of national legislation with European standards in the field of confidential data and electronic regulation. It is emphasized that the success of digital mechanisms lies not so much in the technological component, but rather in the development of the community before their adaptation and the success rate for achieving specific socio-economic goals results.

Keywords: digitalization, electronic regulation, territorial community, spivorbitnstvo, electronic democracy, confidential data, decentralization, administrative mechanisms, digital infrastructure, a huge fate.

Актуальність дослідження цифрових механізмів адміністрування в контексті співробітництва територіальних громад зумовлена парадигмальною зміною в системі публічного управління України, зокрема, процесом децентралізації. Сьогодення вимагає від громад нової якості управління, спрямованого на забезпечення сталого розвитку, підвищення конкурентоспроможності територій та максимальне задоволення потреб їхніх мешканців. Класичні, ієрархічні моделі адміністрування, орієнтовані на виконавчі функції [1 - 7], все частіше виявляють свою неефективність у забезпеченні швидкості, прозорості та, що найважливіше, включеності всіх стейкхолдерів в управлінські процеси [5, с. 47]. У цьому контексті цифрові інструменти виступають не просто технологічним доповненням, а фундаментальним механізмом, що переформатовує саму логіку взаємодії всередині громади та створює нові можливості для співпраці.

Метою даної роботи є комплексний аналіз цифрових механізмів адміністрування як інструменту формування та поглиблення співробітництва територіальних громад. Для досягнення цієї мети поставлено наступні завдання: розкрити сутність та класифікувати цифрові механізми адміністрування; дослідити їхній вплив на розвиток горизонтальних зв'язків між суб'єктами громади; виявити ключові перешкоди та ризики їхнього впровадження; та розробити практичні рекомендації щодо їх ефективного використання.

Об'єктом дослідження виступають управлінські процеси в територіальних громадах в умовах цифровізації. Предметом – цифрові механізми адміністрування та їхня роль у забезпеченні співробітництва між різними учасниками громадського життя.

Сучасна наукова думка розглядає цифровізацію публічного управління не як просте перенесення паперових процесів в електронну форму, а як якісно новий етап розвитку, що ґрунтується на концепціях "електронного урядування" (e-government) та "відкритого уряду" (open government). Електронне урядування трактується як «використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) для покращення діяльності органів влади та надання державних послуг» [7, с. 33]. Однак його вища форма – це перехід від електронних послуг до електронного співробітництва (e-collaboration), коли платформи стають середовищем для спільної роботи громадян, бізнесу та влади над спільними проектами та ініціативами.

Ключовим для нашої роботи є поняття "співробітництво територіальних громад". Воно виходить за межі формальної взаємодії органів місцевого самоврядування і охоплює весь комплекс відносин між усіма суб'єктами громадського життя – мешканцями, бізнес-структурами, громадськими організаціями, закладами освіти та культури – спрямованих на досягнення спільного благополуччя. Саме цифрові механізми виступають тим інструментом, який інституціалізує це співробітництво, надає йому структуру, технологічну основу та масштабованість [3, с. 91].

Методологічно дослідження ґрунтується на системному підході, що дозволяє розглядати громаду як цілісну соціотехнічну систему, де цифрові інструменти взаємодіють з соціальними, економічними та правовими інститутами. Також використано інституційний підхід для аналізу того, як цифровізація формує нові "правила гри" та норми взаємодії.

Цифрові механізми адміністрування, спрямовані на співробітництво, можна класифікувати за кількома ознаками: за цільовою аудиторією (G2C – уряд для громадянина, G2B – уряд для бізнесу, G2G – уряд для уряду), за функціональним призначенням та за рівнем взаємодії.

Механізм забезпечення прозорості та відкритості (платформи відкритих даних). Це фундаментальний механізм, що закладає основу для довіри та інформованого співробітництва. Портал «Є-Дані» або аналогічні регіональні системи надають доступ до структурованих машинно-читаних даних про бюджет, державні закупівлі, соціально-економічний розвиток, земельні ресурси тощо. Це дозволяє не лише забезпечити громадський контроль, але й створити умови для появи нових сервісів від бізнесу та громадського сектору, розроблених на основі цих даних, що є яскравим прикладом співпраці [1, с. 112].

Механізми електронної демократії та громадської участі. До них належать:

- онлайн-платформи для громадських обговорень законопроектів, програм розвитку, генпланів;
- ініціативи електронних петицій, що набули законодавчого закріплення і дозволяють мешканцям вносити пропозиції до органів влади;
- системи електронного бюджету участі, де громадяни безпосередньо голосують за проекти, на реалізацію яких мають бути спрямовані кошти місцевого бюджету. Цей механізм максимально конкретизує співробітництво, переводячи його в практичну площину [8, с. 75].

Механізми надання електронних адміністративних послуг (ЦНАП, портал «Дія»). Спрощуючи отримання послуг, ці механізми звільняють час і ресурси як громадян, так і бізнесу, які можуть бути спрямовані на продуктивну співпрацю, а не на подолання бюрократичних бар'єрів. Інтеграція реєстрів та система електронного міжвідомчого документообігу (ЕМДО) значно прискорює внутрішню координацію між різними департаментами та установами громади [4, с. 54].

Геоінформаційні системи (ГІС) та інструменти планування. Ці механізми наочно візуалізують дані про територію (комунікації, зонування, об'єкти культурної спадщини, екологічний стан) і є незамінним інструментом для спільного стратегічного планування, обговорення проєктів благоустрою та розвитку інфраструктури, залучаючи до цього процесу експертів, активістів і мешканців.

Спеціалізовані платформи для міжгромадського співробітництва. Це можуть бути електронні майданчики для об'єднаних закупівель, спільного реалізації проєктів ЄС, обміну досвідом між чиновниками сусідніх громад, що сприяє подоланню ізоляції та поширенню найкращих практик.

Незважаючи на очевидні переваги, процес цифровізації адміністрування стикається з низкою серйозних викликів, які можуть істотно уповільнити або спотворити його.

- *Цифровий розрив (digital divide)*. Нерівний доступ до інтернету (особливо в сільській місцевості), різний рівень цифрової грамотності серед різних вікових і соціальних груп загрожує тим, що цифрові механізми будуть слугувати інтересам лише окремої, технологічно просунутої частини громади, залишаючи за її межами значну кількість мешканців. Це може не сприяти, а, навпаки, загострити соціальну напруженість і підірвати принципи рівної участі [6, с. 128].
- *Проблеми кібербезпеки та захисту даних*. Зростання кількості цифрових сервісів супроводжується збільшенням ризиків кібератак, витоків конфіденційної інформації про громадян, маніпулювання даними. Втрата довіри до безпеки цифрового середовища є однією з найсерйозніших загроз для розвитку співробітництва.
- *Інерція адміністративної системи та недостатня цифрова компетентність чиновників*. Багато представників органів влади на місцях дотримуються традиційних, ієрархічних методів управління і сприймають цифрові інструменти як загрозу власному статусу або як додаткове навантаження. Відсутність навичок роботи з сучасними платформами також є значним бар'єром.
- *Недосконалість нормативно-правової бази*. Законодавство не завжди встигає за технологічним розвитком, що створює правові прогалини у сфері електронного документообігу, визнання електронного підпису, використання даних. Це ускладнює масштабне впровадження складних механізмів, таких як міжгромадське співробітництва в електронній формі.
- *Фінансові та інфраструктурні обмеження*. Для малих громад витрати на розробку, впровадження та підтримку власних цифрових рішень можуть бути непомірно високими, що створює ризик ще більшої нерівності між великими та малими територіями.

Подолання вищезазначених викликів вимагає комплексного та системного підходу з боку як національних, так і місцевих органів влади.

Подолання цифрового розриву: розробка та фінансування цільових програм з підвищення цифрової грамотності для людей похилого віку та малозабезпечених верств населення; стимулювання приватних інвесторів до розширення високошвидкісного інтернет-покриття в сільській місцевості; збереження та вдосконалення мережі ЦНАПів як точок доступу до цифрових послуг для всіх.

Зміцнення кібербезпеки: запровадження єдиних стандартів безпеки для всіх державних інформаційних систем на рівні громад; регулярне навчання співробітників основам кібергігієни; співпраця з національними спецслужбами в галузі захисту критичної інформаційної інфраструктури.

Адаптація адміністративного апарату: впровадження програм навчання та перепідготовки (upskilling/reskilling) для державних службовців з акцентом на роботу з даними, проєктне управління та користувацькі сервіси; включення цифрових компетентностей до системи оцінки ефективності роботи чиновників.

Вдосконалення законодавства: активна робота над гармонізацією українського законодавства з директивами ЄС (наприклад, щодо відкритих даних, eIDAS); спрощення процедур електронного міжвідомчого взаємодії та міжгромадської співпраці; розвиток законодавства про електронну демократію.

Стимулювання кооперації: створення на державному рівні шаблонних, тиражованих рішень (white-label solutions) для електронних бюджетів участі, платформ громадських обговорень тощо, які малі громади могли б використовувати з мінімальними витратами; заохочення створення об'єднаних ІТ-департаментів для кількох громад.

Дослідження доводить, що цифрові механізми адміністрування є не просто технологічним трендом, а стратегічним ресурсом для формування справжнього співробітництва територіальних громад. Вони слугують технічною основою для реалізації принципів відкритості, прозорості та інклюзивності, трансформуючи одноразові контакти "громадянин-влада" у постійний діалог і спільну проєктну діяльність. Ефективне співробітництво, засноване на цифрових механізмах, дозволяє об'єднувати ресурси, знання та ініціативи всіх учасників громадського життя для вирішення складних проблем територіального розвитку.

Однак успішність цього процесу безпосередньо залежить від подолання низки істотних перешкод, серед яких ключовими є цифрова нерівність, загрози безпеці та консерватизм адміністративної культури. Тому впровадження цифрових інструментів має супроводжуватися паралельними заходами зі зміцнення інфраструктури, навчання персоналу, підвищення цифрової грамотності населення та адаптації нормативно-правового поля. Майбутнє розвитку цифрових механізмів адміністрування полягає в їхній глибшій інтеграції,

переході від окремих сервісів до цілісних цифрових екосистем громади, де співробітництво стане природним, зручним і безпечним для всіх його учасників.

Список використаних джерел

1. Біленко С. І. Відкриті дані як інструмент електронного урядування: світовий досвід та перспективи для України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Державне управління*. 2020. Вип. 1(10). С. 110–116.
2. Князєв С. В., Онікієнко В. В. Децентралізація та місцевий розвиток: нові виклики для публічного адміністрування. К.: НІСД, 2019. 254 с.
3. Ліпканов В. М. Цифрова трансформація органів місцевого самоврядування: теорія та практика. *Ефективність державного управління*. 2021. Вип. 2(67). С. 88–97.
4. Мороз О. В. Електронне урядування в Україні: стан, проблеми та перспективи розвитку. *Держава та регіони*. Серія: Державне управління*. 2022. № 1(79). С. 52–58.
5. Петрушенко Ю. М. Сучасні концепції публічного управління в умовах цифровізації. Харків: Вид-во ХарПІНАДУ "Магістр", 2020. 180 с.
6. Сіденко В. Р. Цифровий розрив в Україні: соціально-управлінські аспекти. *Управління розвитком складних систем*. 2019. Вип. 38. С. 125–131.
7. Філіпенко А. С. Теоретичні засади електронного урядування в публічному управлінні. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право*. 2020. Вип. 62. С. 32–36.
8. Шевчук В. М. Електронна демократія: світовий досвід та українські реалії. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 5. С. 74–78.
9. Про електронні довірчі послуги: Закон України від 05.10.2017 № 2155-VIII. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/ZW000051> (дата звернення 05.11.2025).
10. Про засади державної регіональної політики: Закон України від 05.02.2015 № 156-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/156-19#Text> (дата звернення 05.11.2025).

ХУДАВЕРДІЄВА В. А.,
кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри туризму,
Державний біотехнологічний університет,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0100-5079>

КІБЕРБЕЗПЕКА У ЦИФРОВІЗОВАНІЙ ТУРИСТИЧНІЙ ІНДУСТРІЇ

Анотація: У статті досліджено актуальні проблеми забезпечення кібербезпеки в умовах цифрової трансформації туристичної індустрії. Проаналізовано основні кіберзагрози, що виникають у процесі використання онлайн-сервісів, електронних платіжних систем, мобільних додатків та платформ для бронювання туристичних послуг. Розглянуто вплив цифровізації на підвищення рівня ризиків витоку персональних даних клієнтів та зловживань з боку кіберзлочинців. Проаналізовано сучасні підходи та технологічні інструменти забезпечення кіберзахисту, зокрема використання штучного інтелекту, блокчейну, хмарних сервісів і багаторівневої аутентифікації користувачів. Об'єкт дослідження – процеси цифровізації в туристичній індустрії. Предмет дослідження – теоретичні та практичні засади забезпечення кібербезпеки в умовах цифрової трансформації туристичних підприємств. Запропоновано практичні рекомендації щодо формування стратегії кіберзахисту туристичних підприємств та підвищення рівня цифрової грамотності працівників. Методологічні підходи до забезпечення кіберзахисту в цифровому середовищі базуються на системному підході, інтегруючи технологічні рішення, організаційні процеси та правове регулювання. Серед ефективних методів — аудит інформаційних систем, оцінка ризиків і вразливостей, впровадження ISMS, резервне копіювання, моніторинг аномалій у роботі систем, симуляції кібератак для навчання персоналу, автоматизоване виявлення шахрайських дій із застосуванням AI. Важливим є врахування взаємозв'язку внутрішніх процесів компанії та зовнішнього середовища, включаючи міжнародні та національні стандарти, обмін інформацією про загрози та координацію дій у разі інцидентів. Наукова новизна полягає у систематизації сучасних загроз кібербезпеці туристичної галузі та у розробленні концептуальної моделі інтеграції кіберзахисних технологій у цифрові сервіси туризму. Практична значущість результатів дослідження полягає у можливості використання отриманих результатів для підвищення рівня інформаційної безпеки туристичних компаній, удосконалення корпоративних політик захисту даних, а також розроблення рекомендацій щодо підготовки фахівців із цифрової безпеки у сфері туризму.

Ключові слова: кібербезпека, цифровізація, туристична індустрія, інформаційна безпека, кіберзагрози, персональні дані, блокчейн, штучний інтелект.

CYBERSECURITY IN THE DIGITALIZED TOURISM INDUSTRY

Abstract: The article examines the current problems of ensuring cybersecurity in the context of the digital

transformation of the tourism industry. The main cyber threats that arise in the process of using online services, electronic payment systems, mobile applications and platforms for booking tourist services are analyzed. The impact of digitalization on increasing the risk of leakage of personal data of customers and abuse by cybercriminals is considered. Modern approaches and technological tools for ensuring cyber protection are analyzed, in particular the use of artificial intelligence, blockchain, cloud services and multi-level user authentication. The object of the study is the processes of digitalization in the tourism industry. The subject of the study is the theoretical and practical principles of ensuring cybersecurity in the context of the digital transformation of tourism enterprises. Practical recommendations are proposed for the formation of a cyber security strategy for tourism enterprises and increasing the level of digital literacy of employees. Methodological approaches to ensuring cyber security in the digital environment are based on a systemic approach, integrating technological solutions, organizational processes and legal regulation. Among the effective methods are auditing information systems, assessing risks and vulnerabilities, implementing ISMS, backups, monitoring anomalies in the operation of systems, simulations of cyber attacks for personnel training, automated detection of fraudulent actions using AI. It is important to take into account the relationship between the company's internal processes and the external environment, including international and national standards, exchanging information about threats and coordinating actions in the event of incidents. The scientific novelty lies in the systematization of modern threats to cybersecurity in the tourism industry and in the development of a conceptual model for integrating cyber security technologies into digital tourism services. The practical significance of the research results lies in the possibility of using the obtained results to increase the level of information security of tourism companies, improve corporate data protection policies, as well as develop recommendations for training digital security specialists in the tourism sector.

Keywords: cybersecurity, digitalization, tourism industry, information security, cyber threats, personal data, blockchain, artificial intelligence.

Актуальність теми. Цифровізація туризму та гостинності стала однією з визначальних тенденцій сучасного глобального розвитку. Активне впровадження інформаційно-комунікаційних технологій, онлайн-платформ бронювання, електронних платежів, мобільних додатків та систем штучного інтелекту значно підвищує ефективність туристичних послуг і якість клієнтського досвіду. Водночас розширення цифрового середовища призводить до виникнення нових викликів у сфері інформаційної безпеки. Кіберзагрози, такі як фішинг, злам баз даних, витік персональних даних туристів, зловживання електронними транзакціями та маніпуляції онлайн-рейтингами, створюють ризики як для споживачів, так і для підприємств індустрії гостинності. У таких умовах проблема забезпечення кібербезпеки набуває стратегічного значення, оскільки від неї залежить довіра клієнтів, репутація брендів і стабільність функціонування туристичного бізнесу. Таким чином, питання кіберзахисту стає невід'ємною складовою сталого розвитку цифрової туристичної індустрії.

Постановка проблеми. У сучасному світі цифровізація туризму та гостинності стала однією з ключових тенденцій глобального розвитку економіки та сервісного сектору. Онлайн-платформи бронювання, мобільні додатки для туристів, електронні платежі, хмарні сервіси та системи штучного інтелекту створюють нові можливості для підвищення ефективності бізнес-процесів і якості обслуговування клієнтів. Водночас ці технології відкривають нові вектори загроз: фішингові атаки, крадіжка персональних даних туристів, злам баз даних, витік конфіденційної інформації та маніпуляції з онлайн-рейтингами. За даними звіту UNWTO 2023, понад 60% світових туристичних компаній протягом останніх двох років стикалися з кіберінцидентами різного масштабу, що призводило до фінансових втрат і зниження довіри споживачів [1,2]. В Україні ситуація має схожі тенденції. Онлайн-платформи, такі як JoinUp, Travel24, а також готельні мережі Reikartz і Premier Hotels, активно впроваджують цифрові технології, проте рівень підготовки до кіберзагроз залишається низьким. Відсутність стандартизованих політик кібербезпеки та недостатня цифрова культура персоналу збільшують ризики інцидентів, що робить проблему захисту інформації актуальною як на національному, так і на міжнародному рівні. Таким чином, проблема кібербезпеки у цифровізованій туристичній індустрії поєднує технологічні, організаційні та правові аспекти і є ключовою для забезпечення сталого розвитку туризму, довіри клієнтів і конкурентоспроможності туристичних компаній.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Проблематику інформаційної безпеки та захисту персональних даних висвітлювали різні джерела, зокрема:

- Законодавство: Статті 188-39 та 212-12 Кодексу України про адміністративні правопорушення встановлюють відповідальність за порушення законодавства у сфері захисту персональних даних та порушення порядку захисту інформації [3].
- Правозахисні організації, юридичні організації (Консультант), безоплатна правнича допомога (<https://legaid.gov.ua/>): надають публікації щодо захисту особистої інформації, наприклад, щодо відповідальності за порушення законодавства та прав постраждалих осіб [4].

- Технологічні компанії (Компанія ITBIZ), доречі в статті «Інформаційна безпека та види можливих загроз» пояснюють основи інформаційної безпеки, наприклад, захист даних від кіберзагроз, шкідливого програмного забезпечення та внутрішніх ризиків [5].
- Освітні ресурси висвітлюють основні загрози, з якими стикаються користувачі при роботі в Інтернеті. Освітні ресурси висвітлюють такі основні загрози в Інтернеті, як шкідливі програми, фішинг та шахрайство, кібербулінг, витік особистих даних, а також небажаний контент, ігрову залежність та кіберзлочинність, як передає сайт «На Урок». Для захисту від них рекомендується використовувати антивірусне програмне забезпечення, надійні паролі, перевіряти достовірність вебсайтів та налаштовувати параметри приватності [6].
- Онлайн-курс «Цифрова безпека на персональному рівні» від Prometheus. Цей безкоштовний курс допоможе зрозуміти основні цифрові загрози та методи їх уникнення. Він охоплює теми, пов'язані з фішингом, створенням надійних паролів, захистом електронної пошти та налаштуванням безпеки в месенджерах.
- Статистичні установи пояснюють порядок обробки та захисту персональних даних, а також права суб'єктів персональних даних, наприклад, право вимагати зміни або знищення незаконно оброблених даних. Статистичні установи обробляють персональні дані відповідно до Закону України «Про захист персональних даних», що передбачає отримання згоди суб'єкта, дотримання принципів прозорості, законності та цілей обробки, а також захист даних шляхом використання технічних та організаційних заходів, таких як шифрування, аутентифікація, резервне копіювання та моніторинг [7].
- Користувачі соціальних мереж поширюють інформацію про конфіденційну інформацію та її види, наприклад, що персональні дані державних службовців, які стосуються їхніх службових обов'язків, не є конфіденційними.

Водночас більшість робіт зосереджені або на технічному аспекті безпеки, або на маркетинговій стороні цифрового туризму. Комплексного аналізу кіберризиків у туристичній індустрії, що враховує специфіку електронних платформ, мобільних додатків і поведінкових особливостей споживачів, наразі бракує. Це свідчить про необхідність розробки системного підходу до кіберзахисту, адаптованого саме до умов функціонування сучасного цифрового туризму.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проблема кібербезпеки у туризмі полягає в недостатньому рівні захищеності інформаційних систем туристичних підприємств і низькій цифровій грамотності персоналу. Більшість операторів туристичного ринку впроваджують цифрові рішення без системного підходу до кіберзахисту, що підвищує ймовірність інцидентів і порушення конфіденційності даних клієнтів. З наукової точки зору, відсутня цілісна концепція управління кібербезпекою у туризмі, яка поєднувала б технологічні, правові та організаційні аспекти. З практичної – недостатньо розроблені механізми підвищення кіберстійкості туристичних компаній, відсутні типові протоколи дій при кіберінцидентах. Проблема має міжгалузевий характер і пов'язана з пріоритетними завданнями державної політики у сфері цифрової трансформації, інформаційної безпеки та розвитку креативних індустрій, до яких належить туризм.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є наукове обґрунтування концептуальних засад кібербезпеки у цифровізованій туристичній індустрії та розроблення практичних рекомендацій щодо підвищення рівня захисту інформаційних ресурсів туристичних підприємств.

Виклад основного матеріалу дослідження. Цифровізація виступає ключовим чинником трансформації сучасного туризму, радикально змінюючи способи надання послуг, управління бізнес-процесами та взаємодії з клієнтами. Впровадження онлайн-платформ бронювання, мобільних додатків для туристів, електронних платежів, аналітичних систем і штучного інтелекту дозволяє компаніям оптимізувати роботу, підвищити швидкість обслуговування та точність прогнозування попиту. Сучасні туристичні сервіси інтегрують системи аналізу великих даних (Big Data), що дають можливість відстежувати поведінку туристів, пропонувати персоналізовані пакети послуг і оперативно реагувати на зміни попиту. Разом із цим цифровізація створює нові вектори загроз для інформаційної безпеки, оскільки збільшується кількість точок доступу до конфіденційних даних і фінансових ресурсів. Туристичні компанії стають дедалі більш залежними від інформаційно-технологічної інфраструктури, а отже, кібербезпека стає критичною складовою стратегії сталого розвитку та конкурентоспроможності.

Ще один цікавий напрямок у туризмі в наші дні – використання ШІ для покращення пам'яток за допомогою віртуальних турів та доповненої реальності. Це дозволяє відвідувачам досліджувати місця призначення в інтерактивному та захоплюючому форматі, збагачуючи їх розуміння та задоволення від різних місць. Згідно статті AIMultiple [8], провідними постачальниками AR-програмного забезпечення з підтримкою ШІ

сьогодні є Apple ARKit та Google ARCore. Apple ARKit використовує ШІ для надання розширених функцій, таких як маркування об'єктів, оклюзія людей, захоплення руху та відстеження кількох осіб. Аналогічно, Google ARCore використовує ШІ для захоплення руху, виявлення об'єктів та розпізнавання. Ці функції на основі ШІ підвищують реалістичність та функціональність AR-додатків, роблячи їх більш привабливими та корисними для різних цілей, від ігор та розваг до освіти та туризму [9]. ШІ значно покращив туризм, пропонуючи численні переваги як мандрівникам, і підприємствам. Отже, розглянемо деякі з цих ключових переваг, до них відносяться:

Покращене обслуговування клієнтів та персоналізований досвід: ШІ забезпечує цілодобову підтримку клієнтів через віртуальних помічників та чат-ботів, пропонуючи персоналізовані рекомендації та швидко вирішуючи питання, що призводить до підвищення задоволеності клієнтів, оскільки мандрівники отримують індивідуальні послуги, що відповідають їхнім потребам.

Підвищення ефективності в логістиці та плануванні поїздок: ШІ оптимізує логістику поїздок, керуючи розкладами, прогножуючи потенційні збої та оптимізуючи маршрути. Це забезпечує більш комфортну подорож для клієнтів та допомагає туристичним компаніям ефективно планувати та керувати ресурсами.

Економія засобів для мандрівників та туристичних компаній: Динамічне ціноутворення на основі штучного інтелекту та інтелектуальні системи бронювання дозволяють мандрівникам знаходити найкращі пропозиції в режимі реального часу, тоді як туристичні компанії можуть максимізувати дохід, коригуючи ціни залежно від попиту. Крім того, автоматизація рутинних завдань знижує операційні витрати туристичних компаній [10].

Незважаючи на величезну користь, інтеграція ШІ у сферу подорожей та туризму може мати свої недоліки як для мандрівників, так і для бізнесу. Деякі з цих проблем включають:

- Проблеми конфіденційності та безпека даних: Використання ШІ в туризмі включає збирання та обробку великих обсягів персональних даних, що викликає побоювання щодо конфіденційності та безпеки даних. Забезпечення захисту цих даних має вирішальне значення для підтримки довіри користувачів та дотримання таких правил, як GDPR та CCPA.

- Залежність від технологій та втрата особистого контакту: Надмірна залежність від AI-технологій може призвести до втрати особистого контакту, який цінують багато мандрівників. Людська взаємодія та персоналізоване обслуговування є важливими аспектами подорожей, які AI не може повністю відтворити.

- Проблеми обробки складних, неструктурованих туристичних запитів: Хоча ШІ чудово справляється з керуванням простими завданнями, він часто відчуває труднощі зі складними, неструктурованими туристичними запитами, які потребують тонкого розуміння та суджень. Це обмеження потребує балансу між інструментами ШІ та людським досвідом для ефективного задоволення різноманітних потреб клієнтів.

Індустрія гостинності вступила в цифрову епоху кілька десятиліть тому, проте її механізми захисту відстають від рівня нових загроз безпеці мережі. За останній рік кількість атак на учасників нашої галузі помітно зросла: особливо багато було зафіксовано випадків фішингу та атак програм-вимагачів. Як правило, ці атаки призводять до компрометації конфіденційних даних, внаслідок чого об'єкти розміщення зазнають фінансових збитків та репутаційних збитків, а також зазнають юридичних ризиків. Одна з тривожних тенденцій у кібербезпеці - це те, що кіберзлочинці все частіше зламують акаунти, тобто поодинокі або групою беруть під контроль акаунти об'єктів розміщення. Швидше за все, ця проблема посилюватиметься, оскільки зловмисники вдосконалюють свої методи та використовують не лише фішинг. Основна мета таких злочинців зазвичай полягає у отриманні фінансової вигоди, тому шахрайство дедалі частіше веде до захоплення контролю над акаунтом. Це безпосередньо впливає і на мандрівників, оскільки вони можуть зазнати фінансових втрат, і на партнерів, які опиняються під пережесним вогнем. Зловмисники використовують уразливості в операційній діяльності партнерів та намагаються обманним шляхом отримати гроші від людей, з якими взаємодіють партнери. Саме тому один із пріоритетів для Booking.com – протидія таким атакам. Booking.com прагне швидко виявляти потенційні загрози та впроваджувати надійні засоби захисту, але не заважати користувачам нашої платформи. Завдяки передовим технологіям, у тому числі машинному навчанню, Booking.com приймає динамічні рішення автоматично, а не покладаємось на статичні шаблони чи фільтри. Це дозволяє краще зрозуміти вплив загроз та знизити збитки від них. Підсилюючи таким чином стандарти безпеки, Booking.com намагається захищати від кібератак своїх клієнтів. Така стратегія дозволяє створити більш безпечне онлайн-середовище для всіх [11].

Оскільки туристичний сектор зазнав цифрової трансформації, кількість персональних даних клієнтів, що зберігаються в галузі, різко зросла, внаслідок чого галузь дозріла для кібератак. На цьому фоні кібербезпека принесе дохід в індустрії подорожей та туризму у розмірі 2,1 мільярда доларів у 2025 році порівняно з 1,4 мільярда доларів у 2021 році, прогнозує GlobalData, провідна компанія з обробки даних та аналітики. В останньому звіті GlobalData «Кібербезпека в подорожах та туризмі – тематичні дослідження» підкреслюється зростаючий попит на

продукти та послуги в галузі кібербезпеки з боку туристичних та туристичних компаній для захисту персональних даних своїх клієнтів. Рейчел Фостер Джонс, тематичний аналітик GlobalData, коментує: «Мандрівники тепер очікують безперешкодної подорожі, в результаті чого компанії використовують такі технології, як Інтернет речей (IoT) та хмара. Однак це зробило сектор уразливим для кіберзлочинців, оскільки ці технології збирають більше особистих та конфіденційних, але цінних». Коли кіберзлочинці отримують доступ до даних клієнтів, під загрозу потрапляють як клієнти, а й репутація всієї компанії. Низка гучних атак у галузі призвела до ретельного вивчення стратегій кібербезпеки, а регулюючі органи нині припиняють і штрафують компанії, які не в змозі захистити дані своїх клієнтів. Джонс продовжує: «Таким чином, ризик кібер-невігластва зростає, і туристичні компанії повинні почати серйозно ставитися до кібербезпеки. Для ефективної стратегії кібербезпеки компанії повинні йти в ногу з новими технологіями і бути на крок попереду кіберзлочинців. Ефективні стратегії кібербезпеки повинні просто включати її або простого виконання зобов'язань щодо дотримання вимог буде недостатньо, і замість цього це призведе тільки до нескінченного циклу витрат. Туристичні та туристичні компанії почали звертати на це увагу, і багато хто наймає Головного співробітника з інформаційної безпеки (CISO) для розробки та впровадження ефективних програм інформаційної безпеки. віддані кібербезпеці, то їм потрібно зробити ще один крок уперед. Компанії повинні мати своїх CISO у раді директорів, оскільки нині більшість корпоративних директорів немає достатнього досвіду у сфері кібербезпеки. Якщо компанії хочуть підтримувати будь-які повноваження в галузі охорони навколишнього середовища, соціального захисту та управління (ESG), то вони не можуть ігнорувати кібербезпеку, оскільки вона є життєво важливою основою корпоративного управління» [12].

У другому кварталі 2023 року кількість щотижневих кібератак у світі зросла на 8%. У середньому організації стикалися із 1258 атаками на тиждень. Найбільша кількість атак за тиждень зафіксована у сфері освіти та досліджень. В Африці та Азіатсько-Тихоокеанському регіоні зафіксовано найвище зростання щотижневих атак на організацію у річному обчисленні. В останні місяці було повідомлено про розкриття китайської АРТ-атаки, націленої на державні установи, про приховане шкідливе ПЗ [13], виявлене за легітимними додатками, про нову версію китайського шпигунського ПЗ [14], що поширювалося через USB-пристрій, і про шкідливі прошивки, виявлені на інтернет-маршрут. Крім того, кіберзлочинці продовжують використовувати новітні досягнення штучного інтелекту, розширюючи можливості чат-платформ з використанням генеративного штучного інтелекту, таких як ChatGPT4 [15].

Атаки програм-вимагачів по регіонах світу: у другому кварталі 2023 року кожна 44 організація у світі зазнала атаки програм-вимагачів, що на 9% менше, ніж у другому кварталі 2022 року, коли від подібних атак постраждала кожна 40 організація. В Азіатсько-Тихоокеанському регіоні та Європі спостерігається значне зростання кількості атак програм-вимагачів на організацію порівняно з минулим роком: на 29% та 21% відповідно. Далі йде Північноамериканський регіон зі зростанням на 15% порівняно з минулим роком [16] (табл. 1).

Таблиця 1. Атаки програм-вимагачів по регіонах світу

Область	Коефіцієнт атакованих організацій (1:X)	Зміна у річному обчисленні
Азіатсько-Тихоокеанський регіон	1 із 26	+29%
Європа	1 із 54	+21%
Північна Америка	1 із 94	+15%
Африка	1 із 30	-30%
Латинська Америка	1 із 26	-12%

Джерело: According to Check Point Research, the average number of weekly cyberattacks globally has reached a two-year high, increasing by 8% compared to last year. *Check Point*. July 13, 2023. URL: <https://blog.checkpoint.com/security/average-weekly-global-cyberattacks-peak-with-the-highest-number-in-2-years-marking-an-8-growth-year-over-year-according-to-check-point-research/>

У другому кварталі 2023 року в Африці спостерігалася найвища середня кількість щотижневих кібератак на організацію – у середньому 2164 атаки. Це означає значне зростання на 23%, порівняно з аналогічним періодом 2022 року. В Азіатсько-Тихоокеанському регіоні також спостерігалася суттєве зростання на 22% порівняно з аналогічним періодом минулого року, досягнувши в середньому 2046 атак (табл. 2).

Таблиця 2. Частота щотижневих кібератак на організації по регіонах світу

Область	Середня кількість атак за тиждень на організацію	Зміна у річному обчисленні
Африка	2164	+23%
Азіатсько-Тихоокеанський регіон	2046	+22%

Північна Америка	1011	+18%
Латинська Америка	1745	+9%
Європа	1013	+5%

Джерело: According to Check Point Research, the average number of weekly cyberattacks globally has reached a two-year high, increasing by 8% compared to last year. *Check Point. July 13, 2023.* URL: <https://blog.checkpoint.com/security/average-weekly-global-cyberattacks-peak-with-the-highest-number-in-2-years-marking-an-8-growth-year-over-year-according-to-check-point-research/>

Загальна кількість атак у світі – найбільша кількість, зафіксована Check Point Research за останні 2 роки. У другому кварталі 2023 року середня кількість щотижневих атак у світі збільшилась на 8% порівняно з попереднім роком. Середня кількість атак на організацію на тиждень досягла 1258 – це найвищий показник, зафіксований Check Point Research за останні два роки. У другому кварталі 2023 року сектор освіти/досліджень зіткнувся з найбільшою кількістю атак: у середньому 2179 атак на організацію на тиждень, що на 6% менше, ніж у другому кварталі 2022 року. На другому місці за кількістю атак виявився державний/військовий сектор: у середньому 1772 атаки на тиждень, що на 9% більше, ніж за аналогічний період минулого року. Сектор охорони здоров'я слідує за ним із середнім показником 1744 атак на тиждень, що на 30% більше, ніж за аналогічний період минулого року. На другому місці за рівнем постраждалих знаходиться сектор охорони здоров'я: від подібних атак постраждала кожна друга сьома організація, що на 16% більше, ніж у попередньому році. Освітня та дослідницька сфера слідує за ним з невеликим відставанням: від програм-зидників постраждала кожна третя організація, що на 2% менше, ніж минулого року [16] (табл. 3).

Таблиця 3. Коефіцієнт кібератак на організації в розрізі галузей

Галузі/ сектори економіки	Коефіцієнт атакованих організацій (1:X)	Зміна у річному обчисленні
Консультант	1 із 38	128%
Страхування/Юридичні організації	1 із 47	71%
Комунальні послуги	1 із 37	60%
Транспорт	1 із 49	43%
Дозвілля/Гостинність	1 із 55	41%
Фінанси/Банківська справа	1 із 31	33%
Комунікації	1 із 37	24%
Охорона здоров'я	1 із 27	16%
SI/VAR/Дистриб'ютор	1 із 41	15%
Постачальник програмного забезпечення	1 із 65	13%
Постачальник обладнання	1 із 73	7%
Інтернет-провайдер/MSP	1 із 36	2%
Виробництво/Промисловість	1 із 48	0,30%
Освіта/Дослідження	1 із 31	-2%
Уряд/Військові	1 із 25	-4%
Роздрібна та оптова торгівля	1 із 60	-11%

Джерело: According to Check Point Research, the average number of weekly cyberattacks globally has reached a two-year high, increasing by 8% compared to last year. *Check Point. July 13, 2023.* URL:

Кібербезпека у сфері туризму охоплює комплекс заходів, спрямованих на захист інформаційних систем, даних клієнтів, фінансових транзакцій, а також корпоративної інформації від несанкціонованого доступу, витоку чи пошкодження. Вона включає технічні, організаційні, правові та освітні компоненти, які взаємодіють між собою. Технічні заходи передбачають шифрування даних, антивірусний захист, багаторівневу автентифікацію, використання блокчейн-технологій для забезпечення прозорості фінансових операцій та неможливості зміни транзакцій. Організаційні заходи включають розробку корпоративних політик безпеки, регламентів доступу до систем, планів реагування на інциденти та контроль за їх виконанням. Правові аспекти зосереджуються на дотриманні міжнародних стандартів ISO/IEC 27001, NIST Cybersecurity Framework, GDPR, а також українського законодавства у сфері кібербезпеки та захисту персональних даних. Освітні заходи передбачають підвищення цифрової культури персоналу, навчання методам розпізнавання загроз, симуляції кібератак та формування відповідальної поведінки у цифровому середовищі.

Правове регулювання кібербезпеки у туристичній сфері поєднує міжнародні та національні норми. Міжнародні стандарти ISO/IEC 27001 і NIST Cybersecurity Framework встановлюють правила побудови систем управління безпекою, виявлення і реагування на інциденти. Регламент GDPR забезпечує захист персональних даних клієнтів у Європейському Союзі.

Для забезпечення кібербезпеки туристичні компанії керуються наступними міжнародними стандартами:

- ISO/IEC 27001: стандарт для систем управління інформаційною безпекою, включає аудит ризиків, політику доступу, контроль за збереженням даних [17]. Це міжнародний стандарт, який визначає вимоги до систем управління інформаційною безпекою (СУІБ). Він надає компаніям будь-якого розміру та з різних галузей посібник зі створення, впровадження та постійного поліпшення процесів захисту інформації шляхом управління ризиками. Відповідність цьому стандарту означає, що організація впровадила систему захисту своїх даних відповідно до кращих світових практик.
- GDPR (ЄС, 2018) [18]: регламентує обробку персональних даних громадян ЄС, включаючи туристів, що користуються онлайн-платформами. GDPR (General Data Protection Regulation) – це законодавчий акт Європейського Союзу, який набув чинності 25 травня 2018 року, який уніфікує та посилює захист персональних даних громадян ЄС. Цей регламент надає людям більший контроль над своїми даними та встановлює правила обробки персональних даних як для компаній у ЄС, так і для тих, хто працює з даними громадян ЄС за межами Союзу.
- NIST Cybersecurity Framework: набір рекомендацій для управління кіберризиками, застосовуваний у США та міжнародних компаніях. У 2022 році звіт Gartner показав, що NIST CSF став одним з найкращих фреймворків управління ризиками кібербезпеки. У лютому 2024 року стандарт оновили до версії 2.0 і у цій статті ми розглянемо усі значні нововведення. NIST CSF – це фреймворк кібербезпеки, розроблений Національним інститутом стандартів і технологій США, метою якого є надання підтримки організаціям у процесі управління ризиками кібербезпеки [19].
- UNWTO Guidelines: рекомендації щодо безпечного використання цифрових технологій у туризмі. Приклад: Booking.com та Airbnb дотримуються GDPR при обробці персональних даних європейських туристів, використовуючи шифрування і багаторівневу автентифікацію.

В Україні ключовими документами є Закон «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» та Закон «Про захист персональних даних», які визначають правові основи захисту інформації і обов'язки підприємств. Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» (2017) [20] визначає основи національної кіберстратегії та відповідальність підприємств. Закон «Про захист персональних даних» (2010, оновлено 2021) [21]: встановлює вимоги до обробки і збереження даних громадян. Закон України «Про захист персональних даних» № 2297-VI, ухвалений у 2010 році, встановлює правила обробки персональних даних для захисту прав людини. У 2021 році до нього було внесено оновлення, а з 2014 року нагляд за дотриманням цього законодавства здійснює Уповноважений Верховної Ради України з прав людини. Закон регулює обробку даних, що здійснюється частково або повністю за допомогою автоматизованих засобів, а також тих, що зберігаються в картотеках чи призначені для включення до них.

Цифрова стратегія України 2022–2025 [22]: передбачає розвиток безпечних цифрових сервісів у туристичному секторі затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 травня 2025 р. № 464-р «Про продовження строку реалізації Стратегії здійснення цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації системи управління державними фінансами на період до 2025 року та плану заходів щодо її

реалізації». Цифрова стратегія України на період 2022–2025 років зосереджена на досягненні таких цілей, як повна цифровізація державних послуг, забезпечення доступу до високошвидкісного Інтернету, посилення кібербезпеки та цифрова трансформація економіки для відновлення та подальшого зростання. До кінця 2024 року планувалося, що 95% населених пунктів та інфраструктури матимуть доступ до Інтернету, а 100% публічних послуг будуть доступні онлайн. Також у 2025 році Україна підписала угоду про співпрацю з ЄС у сфері кібербезпеки, щоб захистити свої цифрові ресурси та посилити свою кіберстійкість. Основні напрямки стратегії [22]:

- Цифровізація послуг: 100% публічних послуг мають бути доступні онлайн для громадян та бізнесу до 2024 року.
- Інфраструктура: Досягнення 95% покриття швидкісним Інтернетом для транспортної інфраструктури та населених пунктів до 2024 року.
- Кібербезпека: Посилення кіберстійкості України через співпрацю з ЄС, що дозволить отримати доступ до Резерву кібербезпеки ЄС та скористатися підтримкою сертифікованих експертів.
- Відновлення економіки: Використання цифрової трансформації для прискорення відновлення національної економіки в умовах війни та в повоєнний період.
- Управління державними фінансами: Забезпечення оптимізації обміну даними, зменшення операційних витрат, підвищення прозорості та безпеки в системі управління державними фінансами. Приклад: JoinUp та Travel24 інтегрували політику GDPR і українських норм захисту персональних даних, впровадивши шифрування, резервне копіювання та багаторівневу автентифікацію. Практика показує, що компанії, які інтегрують міжнародні стандарти та національне законодавство, значно знижують ризики інцидентів. Так, українські компанії JoinUp і Premier Hotels впровадили двофакторну автентифікацію, шифрування і політики доступу, що дозволило мінімізувати ризики втрати даних і фінансових ресурсів.

Цифровий туризм охоплює використання інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ) для створення, просування та надання туристичних послуг. До ключових елементів цифрового туризму належать:

- онлайн-бронювання та системи управління готелями (PMS, CRM);
- мобільні застосунки для подорожей та навігації;
- системи електронних платежів та фінансові платформи;
- аналітичні платформи для прогнозування попиту та оцінки туристичних потоків;
- штучний інтелект і чат-боти для персоналізованого обслуговування.

Завдяки цифровізації компанії можуть оптимізувати процеси, зменшити операційні витрати та підвищити якість обслуговування. Проте розширення цифрового середовища водночас збільшує кількість точок потенційного доступу для кіберзловмисників. Цифрові технології у туристичній сфері забезпечують: AI та ML – персоналізація пропозицій, прогнозування туристичного попиту, виявлення аномалій і шахрайства; IoT – “розумні” готелі з сенсорами для управління енергоспоживанням і безпеки; Big Data – аналітика поведінки клієнтів, оптимізація маршрутів і сервісу; Blockchain – безпечні фінансові транзакції, захист даних, прозорість бронювань. Приклад: Marriott International використовує Big Data і AI для моніторингу платежів і виявлення підозрілих транзакцій у реальному часі. В Україні Premier Hotels інтегрував IoT-системи у кілька готелів для контролю доступу і безпеки об’єктів.

Міжнародні туристичні компанії активно впроваджують цифрові технології для підвищення ефективності бізнесу: Booking.com: використання AI для персоналізації пропозицій і аналітики попиту; багаторівнева автентифікація для захисту облікових записів клієнтів; Airbnb: системи моніторингу підозрілих транзакцій, використання алгоритмів машинного навчання для виявлення шахрайських акантів; Expedia: інтеграція блокчейн-технологій для фінансових транзакцій і захисту даних користувачів; Marriott International: після інциденту 2018 року компанія впровадила комплексну систему ISMS та регулярний аудит кібербезпеки. Статистика: за даними Deloitte 2023, 82% великих міжнародних туристичних компаній мають окремий відділ кібербезпеки, а понад 70% інвестують у штучний інтелект і системи моніторингу загроз.

Цифровізація туристичної індустрії не лише змінює способи надання послуг і управління бізнес-процесами, а й формує нові умови функціонування компаній, що вимагають високого рівня кібербезпеки. Онлайн-бронювання, мобільні додатки, електронні платежі, системи аналітики великих даних і штучного інтелекту дозволяють оптимізувати роботу, підвищити швидкість обслуговування та точність прогнозування попиту, а також пропонувати персоналізовані туристичні пакети, відстежуючи поведінку користувачів. Однак одночасно цифровізація відкриває нові ризики, пов’язані із захистом інформації, оскільки збільшується кількість точок доступу до конфіденційних даних клієнтів і фінансових ресурсів. Сучасний туристичний бізнес дедалі

більше залежить від IT-інфраструктури, тому кібербезпека стає критичною складовою стратегії компаній та умовою їхньої конкурентоспроможності.

Кібербезпека у сфері туризму охоплює комплекс заходів, спрямованих на захист інформаційних систем, фінансових транзакцій, даних клієнтів та корпоративної інформації від несанкціонованого доступу, витоку чи пошкодження. Вона включає технічні, організаційні, правові та освітні компоненти, які взаємодіють між собою для забезпечення цілісного захисту. Технічні заходи передбачають шифрування даних, антивірусний захист, багаторівневу автентифікацію, використання блокчейн-технологій для безпечних транзакцій і систем автоматичного виявлення аномалій із застосуванням штучного інтелекту. Організаційні заходи включають розробку корпоративних політик безпеки, регламентів доступу до систем, планів реагування на інциденти, контроль за виконанням процедур та регулярний аудит систем. Правові аспекти зосереджуються на дотриманні міжнародних стандартів ISO/IEC 27001, NIST Cybersecurity Framework, GDPR, а також українського законодавства у сфері кібербезпеки та захисту персональних даних. Освітні заходи передбачають підвищення цифрової культури персоналу, навчання методам розпізнавання загроз, проведення симуляцій кібератак та формування відповідальної поведінки у цифровому середовищі.

Кібербезпека у туристичній індустрії — це система заходів і технологій, спрямованих на захист інформаційних ресурсів туристичних компаній, персональних даних клієнтів та фінансових транзакцій від несанкціонованого доступу, втрати або пошкодження. Основні компоненти кібербезпеки включають: Технічні заходи: шифрування даних, антивірусні системи, багаторівнева автентифікація, використання блокчейну для фінансових транзакцій. Організаційні заходи: політика безпеки компанії, протоколи реагування на інциденти, управління доступом до систем. Правові аспекти: дотримання міжнародних і національних стандартів (GDPR, ISO 27001, закони України про кібербезпеку). Освітні заходи: підвищення цифрової культури і навчання персоналу щодо кібергігієни.

Інформаційна безпека у туристичній діяльності стикається з різноманітними загрозами, серед яких технічні, організаційні та соціальні ризики. Технічні загрози включають злом серверів, DDoS-атаки, витоки баз даних, використання вразливостей веб-додатків та мобільних додатків. Особливо небезпечними є атаки на онлайн-системи бронювання, оскільки вони безпосередньо впливають на фінансові потоки компаній і довіру клієнтів. Організаційні загрози виникають через відсутність внутрішніх політик безпеки, недостатній контроль доступу до інформаційних ресурсів, відсутність планів реагування на інциденти, а також недостатнє резервне копіювання даних. Соціальні загрози формуються під впливом фішингових атак, шахрайства, соціальної інженерії та помилок персоналу, які можуть призводити до несанкціонованого доступу до систем і конфіденційної інформації. Аналіз практики показує, що значна частина кіберінцидентів у туристичній сфері пов'язана саме з людським фактором, що підкреслює необхідність комплексного підходу до підвищення обізнаності та цифрової грамотності співробітників (табл. 4).

Таблиця 4. Класифікація кіберзагроз і ризиків у туристичному середовищі

Кіберзагрози у сфері туризму можна поділити на кілька категорій	Характеристика
Технічні загрози	• Злом серверів онлайн-бронювання (Booking, Expedia); • DDoS-атаки, що блокують доступ до вебсайтів туристичних компаній; • Витік баз даних клієнтів через недостатнє шифрування; • Зловживання вразливостями веб-додатків.
Організаційні загрози	• Відсутність політик кібербезпеки; • Недостатній контроль доступу до інформаційних систем; • Відсутність планів реагування на кіберінциденти; • Неправильна класифікація конфіденційних даних.
Соціальні загрози	• Фішинг та шахрайство через електронну пошту; • Соціальна інженерія, спрямована на персонал; • Використання слабких паролів клієнтами та працівниками; • Поширення шкідливого ПЗ через зовнішні пристрої або електронні канали.

Сучасні туристичні компанії стикаються з різноманітними кіберзагрозами. Технічні загрози включають злом серверів, DDoS-атаки, витоки баз даних, використання уразливостей веб- і мобільних додатків. Наприклад, у 2018 році мережа Marriott International зазнала витоку даних понад 500 мільйонів клієнтів, що призвело до значних фінансових втрат і втрати довіри. DDoS-атака на платформу Expedia у 2021 році призвела до блокування

сервісу на 6 годин та втрат понад мільйон доларів. Соціальні загрози виникають через фішингові атаки, соціальну інженерію та помилки персоналу, які можуть призвести до несанкціонованого доступу до систем. В Україні прикладом є атака на платформу Travel24 у 2022 році, коли через фішинг отримали доступ до CRM-системи, що вимагало впровадження багаторівневої автентифікації та шифрування даних. Такі інциденти підкреслюють, що людський фактор залишається однією з найслабших ланок систем кібербезпеки.

Методологічні підходи до забезпечення кіберзахисту в цифровому середовищі ґрунтуються на системному підході, який інтегрує технологічні рішення, організаційні процеси та правове регулювання. До ефективних методів належать аудит інформаційних систем, оцінка ризиків і вразливостей, впровадження систем управління інформаційною безпекою (ISMS), резервне копіювання, моніторинг аномалій у роботі систем, симуляції кібератак для навчання персоналу та автоматизоване виявлення шахрайських дій за допомогою штучного інтелекту. Методологія також враховує взаємозв'язок між внутрішніми процесами компаній та зовнішнім середовищем, включаючи національні та міжнародні стандарти, правові норми та практики обміну інформацією про загрози між компаніями та державними органами. Особлива увага приділяється створенню адаптивних систем кібербезпеки, здатних реагувати на нові типи загроз у реальному часі, а також оцінці ефективності впроваджених заходів за допомогою показників ризик-менеджменту та контролю доступу. Технології та інструменти забезпечення кібербезпеки:

1. Системи управління інформаційною безпекою (ISMS). ISMS (Information Security Management System) – це комплекс заходів, що дозволяє систематизувати управління кібербезпекою. Вони включають: аудит інформаційних систем; оцінку ризиків і вразливостей; контроль доступу і шифрування; моніторинг інцидентів та реагування на них. Приклад: Marriott International після 2018 року впровадив ISMS на основі стандарту ISO/IEC 27001, що дозволило відновити довіру клієнтів та зменшити ризики повторних витоків.

2. Блокчейн для захисту транзакцій і даних. Блокчейн забезпечує прозорість фінансових операцій та неможливість їх несанкціонованої зміни. У туризмі застосовується для: безпечних онлайн-платежів; збереження даних бронювань; контролю ланцюга постачання туристичних послуг. Приклад: Expedia тестує блокчейн для перевірки транзакцій із туристичними агентствами, що зменшує ризики шахрайства.

3. Біометрична автентифікація та багаторівнева безпека. Використання відбитків пальців, розпізнавання обличчя та двофакторної автентифікації підвищує стійкість систем: Premier Hotels (Україна) впровадили біометричну систему для контролю доступу до номерів і ключових IT-систем; Airbnb застосовує двофакторну автентифікацію для всіх облікових записів користувачів.

4. AI та машинне навчання. AI допомагає виявляти аномалії в поведінці користувачів та транзакціях: автоматичне блокування підозрілих акаунтів; прогнозування потенційних атак; моніторинг і аналіз великих даних. Приклад: Booking.com застосовує AI для виявлення шахрайських бронювань у реальному часі, зменшуючи фінансові втрати.

5. Хмарні сервіси, шифрування та резервне зберігання. Використання хмарних платформ (AWS, Google Cloud) з шифруванням даних підвищує надійність і масштабованість систем. Регулярне резервне копіювання дозволяє швидко відновлювати дані після інцидентів. Приклад: Reikartz Hotels використовує хмарні рішення з шифруванням для збереження баз даних клієнтів та резервного копіювання бронювань.

Організаційні заходи включають формування корпоративної культури кібербезпеки, навчання персоналу та клієнтів, впровадження регламентів доступу та планів реагування на інциденти. Працівники туристичних компаній проходять тренінги з кібергігієни, симуляції фішингових атак, навчання роботі з AI-системами захисту, що значно знижує ймовірність людських помилок. Публічно-приватне партнерство між компаніями і державними органами дозволяє обмінюватися інформацією про загрози, стандартизувати процедури захисту та координувати навчальні програми. Це підвищує загальний рівень кіберстійкості сектору.

Ефективна політика безпеки в туристичних компаніях включає: регламентовані процедури доступу до інформаційних систем; плани реагування на інциденти; регулярне навчання персоналу; контроль за використанням хмарних сервісів і зовнішніх пристроїв. Приклад: Premier Hotels розробили внутрішню політику кібербезпеки, що включає щотижневі перевірки доступу, аудит журналів подій і навчання персоналу щодо фішингу та соціальної інженерії.

Дослідження Deloitte (2023) показує, що регулярні тренінги персоналу з кібергігієни знижують ризики інцидентів на 40–50%. Навчання охоплює: правильне створення паролів і їх зберігання; обережність при роботі з електронною поштою та соцмережами; алгоритми реагування на підозрілі ситуації. Приклад: Airbnb проводить щорічні онлайн-тренінги для співробітників, включаючи практичні симуляції фішингових атак.

Для підвищення кіберстійкості важлива взаємодія держави та бізнесу: обмін інформацією про загрози та атаки; розробка національних стандартів безпеки для туристичних платформ; підтримка сертифікації ISMS для локальних компаній; участь у міжнародних навчаннях і конференціях з кібербезпеки.

Дослідження кібербезпеки у туризмі має виражений міждисциплінарний характер, оскільки ефективність заходів безпеки залежить не лише від технологічних рішень, а й від організаційних стратегій, поведінки персоналу, правового регулювання та економічних наслідків. Поєднання ІТ-технологій, менеджменту, права, економіки та психології дозволяє створювати комплексні підходи до управління кіберризиками, оцінки впливу інцидентів і розробки стратегій стійкого розвитку туристичних компаній. Міждисциплінарний підхід забезпечує цілісне бачення проблеми, дозволяє враховувати всі аспекти цифрового середовища та мінімізувати ризики, пов'язані з кіберзагрозами, одночасно забезпечуючи високу якість обслуговування туристів, довіру клієнтів до цифрових сервісів та підвищуючи конкурентоспроможність компаній на ринку.

Розширення цього підходу передбачає подальший розвиток наукових методів оцінки кіберризиків, створення математичних моделей прогнозування інцидентів, впровадження інноваційних технологій, таких як блокчейн для безпечних фінансових операцій, штучний інтелект для моніторингу аномалій і розпізнавання потенційних загроз, а також інтернет речей для контролю фізичного доступу у «розумних готелях». Важливо також інтегрувати навчальні програми для персоналу та клієнтів, що підвищують цифрову обізнаність і відповідальну поведінку у кіберпросторі. Таким чином, кібербезпека стає не лише технічною проблемою, а комплексною науково-методологічною дисципліною, яка поєднує технології, право, економіку та поведінкові науки для забезпечення безпечного та сталого розвитку туристичної індустрії.

Перспективи розвитку кібербезпеки у туристичній індустрії включають розробку національних та міжнародних індексів кіберстійкості, що дозволить оцінювати ефективність впроваджених заходів та порівнювати компанії між собою. Використання AI для прогнозування та запобігання загрозам, впровадження IoT у «розумних готелях» для контролю фізичного доступу, застосування блокчейн-технологій для безпечних фінансових операцій, а також розвиток освітніх програм для персоналу і клієнтів забезпечать підвищення стійкості і довіри у цифровому середовищі. Міждисциплінарний підхід, який поєднує технології, право, економіку і психологію, забезпечує комплексну оцінку ризиків, дозволяє моделювати сценарії атак і розробляти стратегії сталого розвитку туристичних компаній. Такий підхід перетворює кібербезпеку з технічної проблеми на науково-методологічну дисципліну, необхідну для безпечного функціонування та розвитку цифрового туризму.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Цифровізація туризму створює не лише можливості для інновацій, а й нові ризики, пов'язані з інформаційною безпекою. Кібербезпека у туристичній галузі має розглядатися як системна складова управління підприємством, що охоплює технічні, правові та організаційні заходи. Ефективний кіберзахист можливий лише за умови впровадження міжнародних стандартів, розвитку цифрової культури працівників і посилення міжсекторальної взаємодії між державою, бізнесом та освітніми установами. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку індексу кіберстійкості туристичних підприємств, адаптацію AI-рішень для моніторингу загроз, а також на створення освітніх програм із формування цифрової грамотності фахівців сфери гостинності. Таким чином, забезпечення кібербезпеки в цифровізованій туристичній індустрії є не лише умовою стабільності бізнесу, а й запорукою сталого розвитку світового туризму в епоху інтелектуальних технологій.

Список використаних джерел

1. UNWTO. World Tourism Barometer, 2025. URL:<https://www.unwto.org/> (дата звернення: 10.11.2025)
2. WTTC. Travel & Tourism Economic Impact Report, 2025. URL:<https://wtcc.org/> (дата звернення: 10.11.2025)
3. Кодекс України про адміністративні правопорушення. (Відомості Верховної Ради Української РСР (BBP) 1984, додаток до № 51, ст. 1122). URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10#Text> (дата звернення: 10.11.2025)
4. Відповідальність за порушення інформаційної безпеки в Україні. URL:<https://consultant.net.ua/consultant-article/10279#:~:text=> (дата звернення: 10.11.2025)
5. Інформаційна безпека та види можливих загроз. URL:<https://itbiz.ua/statti-ta-obzori/informacijna-bezpeka-ta-vidi-mozhlivih-zagrozi/> (дата звернення: 10.11.2025)
6. Загрози при роботі в Інтернеті та їх усунення: Виховний захід. На урок. URL:<https://naurok.com.ua/zagrozi-pri-roboti-v-interneti-ta-h-usunennya-454760.html> (дата звернення: 10.11.2025)
7. Типовий порядок обробки персональних даних. URL:<https://www.ombudsman.gov.ua/uk/rekomendaciyi-ta-rozysnennya/tipovij-poryadok-obrobki-personalnih-danih#:~:text=> (дата звернення: 12.11.2025)
8. Cem Dilmegani 15+ Use Cases & AI Applications of Augmented Reality. Sep 3, 2025. URL:<https://research.aimultiple.com/ar-ai/> (дата звернення: 11.11.2025)

9. Ovanin V. AI in video games: Shaping the future of gaming. May 30, 2024. URL:<https://www.ultralytics.com/blog/ai-in-video-games-shaping-the-future-of-gaming> (дата звернення: 10.11.2025)
10. Ibrahim M. The impact of AI on the tourism industry. July 10, 2024. URL:<https://www.ultralytics.com/blog/the-impact-of-ai-on-the-tourism-industry> (дата звернення: 10.11.2025)
11. How to enhance cybersecurity awareness with Stevan Bias, Business Information Security Officer at Booking.com. 6 Aug 2024. URL:<https://partner.booking.com/en-us/click-magazine/industry-perspectives/hotel-cybersecurity-best-practices-stevan-bias> (дата звернення: 10.11.2025)
12. Cybersecurity revenues in tourism sector poised to exceed \$2 billion in 2025, says GlobalData. 14 July 2022. URL:<https://www.hospitalitynet.org/news/4111498.html> (дата звернення: 10.11.2025)
13. Ziv M., Mizrahi O., Golubenko D. Don't be fooled by app-earances: Check Point Researchers spot hidden malwares behind legitimate looking apps. JUNE 28, 2023. URL:<https://blog.checkpoint.com/security/dont-be-fooled-by-app-earances-check-point-researchers-spot-hidden-malwares-behind-legitimate-looking-apps/> (дата звернення: 11.11.2025)
14. Stealthy USB: New versions of Chinese espionage malware propagating through USB devices found by Check Point Research. Check Point Team. June 22, 2023. URL:<https://blog.checkpoint.com/security/dont-be-fooled-by-app-earances-check-point-researchers-spot-hidden-malwares-behind-legitimate-looking-apps/> (дата звернення: 10.11.2025)
15. Breaking GPT-4 Bad: Check Point Research Exposes How Security Boundaries Can Be Breached as Machines Wrestle with Inner Conflicts. June 26, 2023. URL:<https://blog.checkpoint.com/artificial-intelligence/breaking-gpt-4-bad-check-point-research-exposes-how-security-boundaries-can-be-breached-as-machines-wrestle-with-inner-conflicts/> (дата звернення: 10.11.2025)
16. According to Check Point Research, the average number of weekly cyberattacks globally has reached a two-year high, increasing by 8% compared to last year. Check Point. July 13, 2023. URL:<https://blog.checkpoint.com/security/average-weekly-global-cyberattacks-peak-with-the-highest-number-in-2-years-marking-an-8-growth-year-over-year-according-to-check-point-research/> (дата звернення: 10.11.2025)
17. ISO/IEC 27001:2013. Information technology - Security techniques - Information security management systems - Requirements. URL:http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=54534 (дата звернення: 11.11.2025)
18. Загальний регламент про захист даних (GDPR). URL: <https://www.esri.com/uk-ua/privacy/privacy-gdpr#:~:text=> (дата звернення: 11.11.2025)
19. NIST CSF 2.0 шість функцій кібербезпеки. 05.04.2024. URL:<https://my-itspecialist.com/nist-csf-2.0-six-cybersecurity-functions> (дата звернення: 10.11.2025)
20. Про основні засади забезпечення кібербезпеки України. Закон України. Верховна Рада України; Закон від 05.10.2017 № 2163-VIII (Редакція станом на 19.10.2025). URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19#Text> (дата звернення: 11.11.2025)
21. Про захист персональних даних. Закон України. (2010, оновлено 2021). (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2010, № 34, ст. 481). URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text> (дата звернення: 10.11.2025)
22. Про продовження строку реалізації Стратегії здійснення цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації системи управління державними фінансами на період до 2025 року та плану заходів щодо її реалізації». Розпорядження Кабінет Міністрів України від 13 травня 2025 р. № 464-р. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/464-2025-%D1%80#Text> (дата звернення: 12.11.2025)

ЦИМБАЛЮК С.М.

кандидат економічних наук,

Волинський інститут МАУП імені В'ячеслава Липинського

ORCID: 0000-0002-9911-6593

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ РИНКУ ПРАЦІ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД: ІНВЕСТИЦІЙНІ ПРІОРИТЕТИ ТА УПРАВЛІНСЬКІ РІШЕННЯ

Анотація. У тезах розкрито актуальність цифрової трансформації ринку праці територіальних громад України в сучасних умовах. Проаналізовано вплив цифрової економіки на зайнятість та висвітлено нові вимоги до професій і навичок, що виникають під впливом цифровізації. Визначено пріоритетні напрями інвестування в цифрову інфраструктуру громад, розвиток цифрових навичок населення та впровадження електронних сервісів зайнятості. Запропоновано управлінські рішення для органів місцевого самоврядування щодо реалізації цифрових проєктів у сфері праці, підвищення ефективності надання послуг та стимулювання інновацій. Зроблено висновки про стратегічну роль цифрової трансформації у забезпеченні стійкого розвитку локальних ринків праці та окреслено перспективи подальших досліджень у цьому напрямі.

Ключові слова: цифрова трансформація; ринок праці; управління розвитком громади; інвестиційні пріоритети; цифрові навички; цифрова інфраструктура; електронні сервіси зайнятості; інклюзивний розвиток; управлінські рішення; цифрова економіка.

Актуальність та постановка проблеми. Ринок праці стрімко змінюється під впливом цифрових технологій. В умовах глобальної цифровізації з'являється попит на нові професії та компетенції, водночас традиційні спеціальності трансформуються або витісняються. Успішна адаптація до цифрових змін визначає конкурентоспроможність працівників, підприємств і навіть цілих громад [1]. Для територіальних громад України цифрова трансформація стала невід'ємною частиною стратегічного розвитку: без активного впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій розвиток громад вже неможливий. Актуальність теми зростає особливо в умовах воєнних викликів – цифрові рішення сьогодні розглядаються не лише як інструмент економічного зростання, а й як фактор підвищення стійкості громад в кризових умовах [2]. Постає загальна проблема: як забезпечити ефективну цифрову трансформацію локального ринку праці, щоб підвищити зайнятість населення громади, залучити інвестиції та вирішити актуальні соціально-економічні завдання на місцевому рівні.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання цифровізації економіки та ринку праці активно досліджуються сучасними науковцями. Зокрема, Христуненко О. та Просович О. [1] проаналізували зміни структури ринку праці під впливом цифрової економіки, вказавши на появу нових професій і необхідність безперервного навчання працівників для оволодіння цифровими навичками. У роботі Шульжика Ю. та співавторів [2] розглянуто процес цифрової трансформації територіальних громад, окреслено основні виклики – нерівномірність розвитку цифрової інфраструктури, недостатність фінансування та низький рівень цифрової грамотності на місцях. Дослідники наголошують, що цифровізація відкриває для громад нові можливості розвитку, підвищує ефективність управління і сприяє залученню інвестицій. Важливі узагальнення щодо впливу цифрової економіки на структурні зміни в господарській системі подані також у праці Трохимець О., Томаревої-Патлахової В. та Семенова А. [4], де автори наголошують, що цифровізація трансформує не лише високоінноваційні, а й традиційні індустрії, змінюючи моделі зайнятості, професійну структуру та механізми відтворення трудового потенціалу. Водночас низка аспектів залишається недостатньо висвітленою. Зокрема, потребують поглиблення дослідження питання визначення інвестиційних пріоритетів для цифрової модернізації локальних ринків праці та розробки конкретних управлінських рішень для органів місцевого самоврядування. Невирішеною частиною проблеми є інтеграція отриманих наукових результатів у практику громад по всій Україні, що і зумовило вибір теми даних тез.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є дослідити процеси цифрової трансформації ринку праці територіальних громад, визначити пріоритетні напрями інвестування та обґрунтувати управлінські рішення, спрямовані на розвиток місцевого ринку праці в умовах цифрової економіки. Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань: оцінити актуальний стан і виклики цифровізації ринку праці в громадах; проаналізувати досвід і рекомендації сучасних досліджень щодо цифрової економіки, зайнятості та розвитку громад; визначити ключові інвестиційні пріоритети, необхідні для цифрової трансформації локальної сфери праці; запропонувати практичні управлінські заходи для органів місцевого самоврядування, спрямовані на підвищення зайнятості та економічного розвитку громади через цифрові рішення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Умови війни істотно загострили потребу громад у цифрових рішеннях, здатних компенсувати втрати трудового потенціалу та підвищити мобільність ринку праці. Дослідження свідчать, що воєнні міграційні хвилі та зміна територіальної структури зайнятості спричинили суттєві дисбаланси між попитом і пропозицією робочої сили, що потребує оперативного управління на основі цифрових даних та сучасних сервісів працевлаштування [5]. Водночас цифрові інструменти сприяють формуванню більш інклюзивного ринку праці, здатного створювати можливості для груп населення з підвищеною соціальною вразливістю, що доводить значення цифрової модернізації для вирівнювання доходів і зменшення нерівності у громадах [6]. Саме поєднання цифрової інфраструктури, аналітики та інклюзивних підходів є ключем до ефективного відновлення і розвитку локальних ринків праці.

Цифровізація управління на рівні територіальних громад здатна підвищити ефективність роботи органів влади, прозорість процесів і якість надання послуг населенню [2]. Передусім сучасні інформаційно-комунікаційні технології дозволяють громадам швидше взаємодіяти з громадянами та бізнесом, що особливо важливо у сфері зайнятості. Впровадження електронних платформ зайнятості, онлайн-реєстрів вакансій і безробітних, електронного документообігу тощо – усе це сприяє оперативному задоволенню попиту і пропозиції на місцевому ринку праці. На національному рівні вже реалізуються відповідні рішення: так, уряд України запустив цифрову екосистему зайнятості «Обрій», що об'єднає всі сервіси та дані ринку праці в єдиному цифровому просторі [3]. Ця система покликана надати громадам і державі якісні, оперативні дані для прийняття рішень і впровадження

таргетованих програм сприяння зайнятості. Таким чином, цифрова трансформація створює передумови для більш адаптивного і сучасного ринку праці, здатного швидко реагувати на потреби людей.

Для реалізації цифрових змін на місцевому рівні необхідно спрямувати інвестиції в кілька ключових напрямів. Перший пріоритет – розвиток цифрової інфраструктури громад. Нерівномірність покриття швидкісним інтернетом, застаріла матеріальна база та віддаленість сільських районів гальмують цифровізацію [2]. Тому інвестиції мають бути спрямовані на розбудову інтернет-мереж, забезпечення установ та навчальних закладів необхідним обладнанням, створення умов для впровадження технологій навіть у найменших селах. Другий пріоритет – людський капітал. Діджиталізація вимагає високого рівня цифрової грамотності населення і наявності ІТ-фахівців. Необхідно інвестувати в освітні програми, центри розвитку цифрових навичок, перекваліфікацію кадрів для роботи з новими технологіями. Як відзначають дослідники, постійне навчання працівників та підвищення їх цифрових компетентностей є критично необхідним для успішної адаптації до цифрових змін [1]. Більше того, вкладення в розвиток навичок дають відчутний ефект: “інвестиції в навички працюють”, і завдання влади – зробити такі можливості доступними якомога ширшому колу людей [3]. Третій інвестиційний напрям – створення та впровадження цифрових сервісів для ринку праці. Йдеться про підтримку проєктів електронного врядування та електронних сервісів зайнятості на місцевому рівні. Громадам доцільно залучати державні та міжнародні грантові програми, спрямовані на цифрову трансформацію [2], щоб профінансувати розробку локальних електронних порталів з працевлаштування, навчання і кар’єрного консультування. Важливо також інвестувати в кібербезпеку та захист даних, адже із зростанням цифрової активності громад зростають ризики несанкціонованого втручання та витоку персональної інформації.

Окрім фінансових ресурсів, успішна цифрова трансформація ринку праці потребує відповідних управлінських дій на місцевому рівні. Передусім, в кожній громаді має бути розроблена і реалізована чітка *стратегія цифровізації*. Стратегічне планування дозволить визначити поетапні кроки цифрової модернізації, відповідальних осіб та очікувані результати. Як підкреслюється в дослідженнях, реалізація цифрових змін можлива лише за умови системного підходу, наявності затвердженної стратегії та достатнього фінансування, а також за активної участі всіх зацікавлених сторін – влади, бізнесу і громади [2]. Важливим рішенням є призначення в органах місцевого самоврядування відповідальних осіб або підрозділів за напрям цифрового розвитку (так званих CIO – Chief Information Officer громади або цифрових трансформаторів). Ці фахівці координуватимуть впровадження ІТ-рішень, навчання персоналу та взаємодію з державними органами (наприклад, з Мінцифри чи службою зайнятості) щодо інтеграції місцевих систем з національними. Наступний блок управлінських заходів – розвиток партнерств. Місцева влада має налагоджувати співпрацю з бізнесом та освітніми закладами для реалізації програм перепідготовки, стажування, підтримки підприємництва у цифровому секторі. Залучення приватного сектора не лише як джерела інвестицій, але й як роботодавця (наприклад, шляхом створення локальних ІТ-кластерів чи інкубаторів стартапів) сприятиме появі нових робочих місць у громаді. В умовах післявоєнного відновлення особливо актуально використовувати можливості релокації бізнесу – громади, що забезпечать якісну цифрову інфраструктуру та сприятливі умови, можуть залучити підприємства, переміщені з постраждалих регіонів, тим самим розширивши місцевий ринок праці. Крім того, органам місцевого самоврядування слід активно впроваджувати електронне врядування – переводити адміністративні послуги (в тому числі пов’язані з працевлаштуванням та соціальним захистом безробітних) у онлайн-формат, що підвищить прозорість і швидкість обслуговування громадян, зменшить бюрократію для бізнесу та населення. Важливою управлінською умовою є моніторинг і аналіз даних: використання цифрових систем дозволяє регулярно відстежувати показники ринку праці, виявляти розриви між попитом і пропозицією, оперативно ухвалювати рішення на основі актуальної інформації [3]. Таким чином, керівництво громад має перейти до проактивного стилю управління, де рішення у сфері зайнятості приймаються на основі даних і прогнозів, що генеруються цифровими інструментами.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Цифрова трансформація ринку праці територіальних громад є необхідною умовою їхнього сучасного розвитку та конкурентоспроможності. Проведене дослідження підтверджує, що впровадження цифрових технологій на рівні громади підвищує ефективність управлінських процесів, покращує взаємодію влади, бізнесу та населення, а також відкриває нові можливості для соціальних і економічних інновацій. Для України, яка переживає період випробувань, цифровізація стала одним із чинників стійкості та адаптації: навіть в умовах війни цифрові рішення допомагають підтримувати економічну діяльність і формувати передумови для післявоєнного відновлення. Виходячи з аналізу, можна окреслити такі пріоритетні кроки. По-перше, громади повинні розробити довгострокові цифрові стратегії, передбачивши інвестиції в інфраструктуру, освіту та електронні сервіси. По-друге, слід усувати наявні бар’єри: нерівність у доступі до інтернету, дефіцит фінансування та кадрів, правові перепони інтеграції e-сервісів. По-

третє, важливо активніше залучати державні та міжнародні програми підтримки, які надають ресурси для цифрової трансформації на місцях (гранти, технічну допомогу, обмін кращими практиками). Реалізація згаданих заходів вимагатиме консолідації зусиль усіх сторін – органів влади, бізнес-спільноти, громадських організацій та самих мешканців громад.

Перспективи подальших досліджень вбачаються у детальному вивченні результативності впроваджених цифрових рішень на локальних ринках праці. Зокрема, потребує аналізу практичний ефект роботи цифрових платформ зайнятості (як-от «Обрій» чи інші регіональні проєкти) на рівень працевлаштування та відповідність навичок населення потребам роботодавців. Цікавим напрямом є дослідження успішних кейсів «цифрових громад» в Україні: як саме інвестиції в цифрову інфраструктуру та освіту вплинули на економічне зростання та утримання людського капіталу в таких громадах. Результати таких розвідок будуть корисними для вироблення державної політики та науково обґрунтованих рекомендацій щодо масштабування цифрової трансформації ринку праці по всій Україні.

Список використаних джерел:

1. Христенко О., Просович О. Вплив цифрової трансформації на ринок праці. *Економіка та суспільство*. 2025. №73. DOI:10.32782/2524-0072/2025-73-100.
2. Шульжик Ю. О., Квасній З. В., Мелкон О.-А. П., Стругу Ю. Б. Цифрова трансформація територіальних громад України: виклики та перспективи. *Актуальні питання економічних наук*. 2025. УДК 342.98:35.08:005.591. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14942699>.
3. Кабінет Міністрів України. Масштабна цифровізація ринку праці: від паперу – до єдиного цифрового маршруту (Постанова від 29.10.2025).
4. Трохимець О., Томарева-Патлахова В., Семенов А. Цифрова економіка та трансформація традиційних індустрій: виклики та можливості інституціоналізації цифрової економіки. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 59. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-168>.
5. Цимбалюк І.О., Павліха Н.В., Цимбалюк С.М. Динаміка ринку праці в Україні під час війни: аналіз міграційних тенденцій та показників безробіття. *Інноваційна економіка*. 2023. №2(94). С. 101-109.
6. Цимбалюк І. О., Павліха Н. В. Аналіз структури доходів населення та ролі інклюзивного ринку праці у зменшенні соціальної уразливості. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2023. Кременчук: КрНУ, 2023. Вип. 4(141). С. 33-41. DOI <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.4.4>

ЧЕКАЛЮК Д.І.,
КАТЄЛЬНИКОВ Д.І.

Вінницький національний технічний університет (Україна)

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ГОЛОСОВОГО АСИСТЕНТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РУТИННИХ ЗАВДАНЬ НА ПЛАТФОРМІ .NET ТА МОВ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON ТА C#

Анотація: У тезах представлено розробку програмного комплексу для підвищення продуктивності користувача шляхом автоматизації рутинних операцій в ОС. Описано двокомпонентну архітектуру системи, що включає бекенд на мові Python для обробки логіки та фронтенд на C# для графічного інтерфейсу. Ключовою особливістю розробки є наявність гнучкого GUI, що дозволяє користувачам без навичок програмування створювати власні складні макроси та сценарії голосового управління.

Ключові слова: голосовий асистент, голосова автоматизація, розпізнавання мовлення, wake word, людино-машинна взаємодія, Python, C#, .NET, програмна система, автоматизація завдань.

Актуальність. В сучасному цифровому світі користувачі проводять значну кількість часу за персональними комп'ютерами, виконуючи безліч повторюваних дій. Існуючі голосові помічники здебільшого орієнтовані на мобільні платформи або веб-пошук, тоді як їхні можливості для глибокої інтеграції та автоматизації завдань на рівні операційної системи залишаються обмеженими. Розробка інструменту, що дозволяє здійснювати "hands-free" управління ПК, є актуальною задачею, яка сприяє підвищенню продуктивності та покращує доступність.

Постановка проблеми. Основна проблема полягає у відсутності програмних рішень, які б поєднували потужність голосового управління з гнучкістю та простотою налаштування. Більшість існуючих інструментів або вимагають від користувача навичок написання скриптів, або пропонують жорстко визначений набір команд.

Таким чином, виникає потреба в розробці системи, яка б надала інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс (GUI) для створення користувацьких макросів, що активуються голосом.

Аналіз основних досліджень. Тематика людино-машинної взаємодії та обробки природної мови (NLP) активно розвивається [1]. Сучасні дослідження в галузі штучного інтелекту заклали основу для потужних систем розпізнавання мовлення [2]. Разом з тим, аспекти проектування саме користувацьких інтерфейсів для створення складних сценаріїв автоматизації [3] та питання інтеграції різнорідних програмних компонентів для таких завдань [4] залишаються менш дослідженими. Невирішеною раніше частиною загальної проблеми є створення єдиної системи, що інтегрує надійне розпізнавання команд та візуальний конструктор цих команд.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є проектування та програмна реалізація прототипу програмної системи голосового асистента, здатної розпізнавати ключове слово для активації та виконувати кастомізовані користувачем команди для автоматизації рутинних завдань в операційній системі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення поставленої мети була розроблена двокомпонентна модульна архітектура, що розділяє логіку обробки та представлення.

1. **Бекенд (Core Logic Engine) на Python.** Серверна частина, реалізована мовою Python, відповідає за ключову функціональність. Вона включає:

- *Модуль активації (Wake Word Engine):* Використовує полегшену модель (наприклад, на базі платформи Picovoice) для постійного прослуховування аудіопотоку з мінімальним навантаженням на ЦП;
- *Модуль розпізнавання мовлення (ASR):* Після активації, записує команду та використовує хмарний API Google Speech-to-Text для високоточної транскрибації;
- *Парсер та виконавчий модуль:* Аналізує текстову команду, знаходить відповідний сценарій у базі даних та виконує його (запуск процесів, імітація натискань клавіш, зміна системних налаштувань).

2. **Фронтенд (Configuration GUI) на C#.** Клієнтська частина, реалізована мовою C# з використанням .NET Framework (зокрема, Windows Presentation Foundation (WPF)), надає користувачу графічний інтерфейс. Це ядро розробки з точки зору UX. Саме тут користувач може візуально, без написання коду, створити нову команду (наприклад, "Розпочати роботу") та призначити їй послідовність дій (наприклад, 1. "Відкрити VSCode", 2. "Відкрити Spotify", 3. "Встановити гучність 40%"). Взаємодія між C# та Python відбувається через локальний API або сокети.

Висновки. В ході роботи було спроектовано та реалізовано прототип системи для голосової автоматизації рутинних завдань. Успішна інтеграція обчислювально інтенсивної логіки на Python та гнучкого, нативного графічного інтерфейсу на C# (.NET Framework) підтвердила життєздатність обраного архітектурного підходу. Головною перевагою розробки є механізм кастомізації через GUI, що дозволяє користувачам адаптувати систему під власні робочі процеси. Перспективи подальших досліджень включають розширення інтеграції з API операційної системи та впровадження елементів машинного навчання для проактивної пропозиції автоматизації.

Список використаних джерел

1. А.М. Глибовець і О.В. Олецкий, *Штучний інтелект: підручник*. Київ, Україна: Видавничий дім "КМ Академія", 2017, 366 с.
2. В.В. Литвиненко і А.О. Бовсуновська, "Моделі та методи обробки природної мови в інформаційних системах," *Вісник інженерії та комп'ютерних наук*, № 2, с. 45–52, 2019.
3. І. О. Шапошников, *Проектування людино-машинних інтерфейсів: навчальний посібник*. Харків, Україна: ХНУРЕ, 2018, 210 с.
4. К.М. Лавріщева, *Програмна інженерія: підручник*. Київ, Україна: АОС "КНЛ", 2018, 368 с.

ЧЕРКАСОВ А.Д.,
Магістрант Харківського національного університету радіоелектроніки
АКСАК Н. Г.,
проф. каф. КІТС ХНУРЕ

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЦИФРОВІ ПЛАТФОРМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Анотація: У роботі розглянуто сучасний стан та тенденції розвитку цифрових технологій дистанційного навчання (ДН) в Україні у контексті переходу до стійких гібридних освітніх екосистем. Основна увага приділена інтеграції технологій штучного інтелекту (ШІ), генеративного ШІ та агентно-орієнтованих платформ у системи керування навчанням (LMS), аналітики навчання (Learning Analytics) і хмарні сервіси. Показано, що впровадження інтелектуальних агентів, мікросервісної архітектури та технологій аналізу поведінкових даних

студентів забезпечує адаптивність освітніх процесів, автоматизацію прийняття рішень і персоналізацію навчальних траєкторій.

Ключові слова: дистанційне навчання, штучний інтелект, інтелектуальні агенти, генеративний ШІ, LMS, Moodle, аналітика навчання, мікросервісна архітектура, хмарні сервіси, персоналізація навчання.

Цифрові технології дистанційного навчання в Україні розвиваються у контексті гібридних освітніх моделей, що поєднують системи керування навчанням (LMS), аналітику даних, штучний інтелект та хмарні сервіси. Актуальність теми визначається необхідністю переходу від вимушеного «карантинного» онлайн-навчання до побудови стійких, масштабованих та ефективних цифрових освітніх екосистем. Цей перехід вимагає не лише впровадження інструментів, але й фундаментальної перебудови методології викладання [1].

Основою сучасного дистанційного навчання є інституційні цифрові платформи. Системи, такі як Moodle, який активно використовується в Харківському національному університеті радіоелектроніки (ХНУРЕ) [2] завдяки гнучкості налаштувань та широкому набору модулів, Google Classroom, який популярний завдяки легкій інтеграції з сервісами Google та Microsoft Teams, який об'єднує комунікацію та управління документами, перестали бути просто «сховищами файлів». Вони стали інтеграційними хабами, що об'єднують інструменти для відеоконференцій, такі як Zoom та Teams, модулі для автоматизованого тестування, форуми для спільної роботи та інструменти автентичного оцінювання, як-от, рецензування робіт однолітками.

Розроблені в [a,v,c] підходи – агентно-орієнтована навчальна платформа (ALP), агентно-орієнтована система підтримки рішень (AoDSS) і мікросервісна архітектура персоналізації навчання – реалізують багаторівневу модель взаємодії користувачів LMS Moodle, університетського вебпорталу та підсистеми моніторингу поведінки студентів. У цих системах інтелектуальні агенти виконують ролі студента, викладача, аналітика, системного координатора та опитувальника, забезпечуючи:

моніторинг активності та відвідуваності студентів з використанням відеоаналітики та JSON-звітів;

автоматичне виявлення інцидентів (пропуски, низька успішність, порушення під час тестування) і сповіщення викладачів та батьків;

генерацію рекомендацій для викладачів і керівництва на основі логік часу (LTL, TLA+) та формальних правил прийняття рішень;

оцінку ризиків і прогнозування успішності студентів за допомогою аналітичних мікросервісів;

персоналізацію контенту й адаптацію навчальних траєкторій у реальному часі на основі поведінкових даних.

Мікросервісна архітектура, побудована на стеку C#/Nancy/OWIN, забезпечує масштабованість, розподіл навантаження і гнучку інтеграцію між компонентами (Learning Analytics, Adaptive Learning, Feedback, Security). Для обміну даними використовується REST API у форматі JSON, а збереження — у базах PostgreSQL та MongoDB. Це створює технічну основу для інтелектуальної цифрової екосистеми університету, у якій аналітика навчання, ШІ та агентні сервіси взаємодіють у єдиному інформаційному просторі.

Інтеграція ШІ в цифрові платформи дистанційного навчання не лише оптимізує процеси адміністрування й контролю, а й відкриває нові можливості для персоналізованого навчання, прогнозування результатів, емоційного моніторингу та підтримки академічної доброчесності. Ключовим технологічним трендом є поглиблена інтеграція штучного інтелекту. Це відбувається на кількох рівнях, перетворюючи пасивне споживання контенту на активну взаємодію. Генеративний ШІ (GenAI) використовується для швидкого створення варіативного контенту, тестів та симуляцій, а також для надання миттєвого зворотного зв'язку. Дослідження вказують на значний розрив у впровадженні: тоді як 27% студентів регулярно використовують GenAI, серед викладачів цей показник становить лише 9%, причому 71% викладачів ніколи не використовували ці інструменти [6]. Водночас, за даними опитувань Google for Education у 2024, 83% освітян, що пройшли навчання, очікують економії понад дві години на тиждень завдяки ШІ, що вказує на великий потенціал для автоматизації рутинних завдань [7]. Водночас, адаптивні платформи, керовані ШІ, виходять на новий рівень, вони аналізують відповіді студента в реальному часі та динамічно коригують навчальну траєкторію. На додачу, інтелектуальні чат-боти еволюціонують від простих навігаторів до асистентів, що забезпечують цілодобову підтримку [8].

Важливою складовою є збір та аналіз освітніх даних (Learning Analytics). Використання протоколів xAPI та інструментів візуалізації, як Power BI, дозволяє викладачам та адміністрації відстежувати залученість, ідентифікувати патерни поведінки та прогнозувати ризики відрахування. Згідно зі звітом Stanford HAI (2025) [9], загальне впровадження ШІ в організаціях зросло з 55% до 78% лише за останній рік, що прискорює і розвиток

освітньої аналітики. Це дозволяє перейти від ретроспективного аналізу успішності до проактивного втручання. Технологічно, це рухає архітектуру платформ у бік мікросервісів та інтеграції з хмарними сервісами (AWS, Azure) для обробки великих даних.

Окремий аспект – створення та керування електронними інформаційними ресурсами. Ефективність ДН прямо залежить від якості цифрових курсів. Це стимулює розвиток відкритих навчальних ресурсів (OER) та активне використання інституційних та хмарних репозиторіїв, наприклад, репозиторій ХНУРЕ для обміну верифікованими навчальними матеріалами. Для забезпечення сумісності та повторного використання контенту між різними LMS, дедалі більшого значення набуває дотримання стандартів метаданих, таких як SCORM або LOM.

При цьому соціально-психологічні аспекти не ігноруються, а також отримують технологічну підтримку. Аналітика поведінки студентів в LMS допомагає виявляти тих, хто втрачає мотивацію або знаходиться в стані стресу, сигналізуючи про необхідність втручання. Пілотні AI-системи можуть надавати первинну емоційну підтримку, знижуючи навантаження на психологічні служби та допомагаючи студентам у саморегуляції [10].

Впровадження цифрових рішень в українських установах (досвід ХНУРЕ, а також національних платформ як Prometheus та EdEra) демонструє значні переваги: масштабованість, доступність контенту та потужні інструменти аналітики навчання. Зокрема, впровадження інструментів аналітики дозволяє, за попередніми оцінками, підвищити успішність студентів на 15-20% завдяки проактивному виявленню ризиків та своєчасній корекції освітніх траєкторій. Перспективою є не просто використання окремих інструментів, а їх повна інтеграція в єдину цифрову екосистему університету, де штучний інтелект виступає ключовим фактором персоналізації та ефективності. Подальший розвиток наряду вимагає вирішення таких викликів, як підвищення цифрової компетентності викладачів та забезпечення рівного доступу до технологічної інфраструктури.

Список використаних джерел

1. BestColleges (2025). Online Education Trends Report 2025: AI and Micro-credentialing. URL: <https://www.bestcolleges.com/research/annual-trends-in-online-education>
2. Наказ ХНУРЕ № 247 від 04.09.2024 «Про затвердження та введення в дію Положення про Центр технологій дистанційного навчання ХНУРЕ». (2024). Харківський національний університет радіоелектроніки.
3. N . Axak, M. Kushnaryov, A.Tatarnykov, The Agent-Based Learning Platform. ICST-2023: XI International Scientific and Practical Conference "Information Control Systems and Technologies", September 21-23, 2023, Odessa, Ukraine, Vol-3513, pp. 263-275. ONLINE: <http://ceur-ws.org/Vol-3513/>
4. Axak, N., Tatarnykov, A., & Kushnaryov, M. (2024). Agent-based method of improving the efficiency of the e-learning. 12th International Scientific and Practical Conference ""Information Control Systems and Technologies"", ICST 2024; V. 3790, 2024, P. 63-75.
5. Axak N., Kushnaryov M., Tatarnykov A. Microservice architecture of the learning personalization system based on the analysis of students' behavioral data. Proceedings of the Information Technology and Implementation (IT&I) Workshop: IT Infrastructure and Applied Solutions (IT&I-WS 2024: ITIAS) P. 14-26 CEUR-WS.org/Vol-3955
6. Tyton Partners (2024). Time for Class 2024: The State of EdTech and AI in Higher Education. URL: <https://tytonpartners.com/time-for-class-2024>
7. Google for Education (2024). Generative AI for Educators with Gemini: Program Survey Data. URL: <https://grow.google/ai-for-educators>
8. Nenkov, N., Dimitrov, G., Dyachenko, Y., & Koeva, K. (2016). Artificial intelligence technologies for personnel learning management systems. In 2016 IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems (IS) (pp. 189-195). Sofia, Bulgaria: IEEE. DOI: 10.1109/IS.2016.7737420.
9. Stanford University HAI (2025). The 2025 AI Index Report. URL: <https://jpt.spe.org/twa/stanford-ai-index-2025-rapid-ai-growth-investment-surge-and-global-challenges>
10. Національна академія педагогічних наук України (2024). Психолого-педагогічні засади дистанційного навчання в умовах воєнного стану. Київ: НАПН України.

АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ МУЗИЧНИХ ЖАНРІВ НА ОСНОВІ БАГАТОШАРОВИХ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ (CNN) ТА СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Анотація. У роботі розглянуто процес аналізу та розробки програмного комплексу для автоматизованої класифікації музичних жанрів із використанням багатошарових згорткових нейронних мереж (CNN) та методів спектрального аналізу аудіосигналів. Основна мета системи - забезпечити високу точність класифікації музики на основі перетворення сигналів у спектрограми та подальшої їх обробки нейронною мережею. Архітектура комплексу поєднує модулі попередньої обробки аудіо, генерації мел-спектрограм, навчання моделі CNN і модуль тестування. Серверна частина реалізована мовою Python [1] із застосуванням бібліотек TensorFlow [2], Keras [3] та Librosa [4] для аналізу аудіосигналів. Дані зберігаються у форматі масивів NumPy [5]. Результатом є програмний комплекс, здатний автоматично розпізнавати музичні жанри з високою точністю, забезпечуючи модульність та масштабованість системи.

Ключові слова: CNN, класифікація аудіо, спектральний аналіз, мел-спектрограма, TensorFlow, Keras, Librosa.

Вступ. Сучасний розвиток інформаційних технологій та глибокого навчання відкрив нові перспективи для автоматичної класифікації музики, яка є однією з найактуальніших задач у сфері обробки сигналів. Автоматизована класифікація музичних жанрів необхідна для роботи стрімінгових сервісів, освітніх платформ, музичних бібліотек та аналітичних систем, які обробляють великі обсяги аудіоінформації.

Історично задачі класифікації музики виконувалися за допомогою ручного виділення ознак: темпу, ритмічних характеристик, спектральної енергії, тембру та гармонічних складових. Проте цей підхід виявився обмеженим через складність структури музичних сигналів, наявність багатошарових патернів та нелінійних взаємозв'язків між характеристиками. Також ручні методи чутливі до шуму, перешкод та варіацій у записах, що знижує їх ефективність на великих та різноманітних колекціях музики.

У сучасних умовах ефективним підходом є використання глибоких згорткових нейронних мереж (CNN). Згідно з дослідженнями в галузі глибокого навчання [7], CNN дозволяють виділяти складні патерни у спектральних даних без ручного програмування, що робить їх особливо ефективними для обробки музичних сигналів. CNN здатні виділяти релевантні ознаки без ручного програмування, аналізуючи спектральні представлення аудіосигналів. Особливо ефективними є мел-спектрограми, які відображають розподіл енергії сигналу по частотах у часі та дозволяють зберегти інформацію про ритм, гармонію та тембр.

CNN виділяють локальні та глобальні патерни, що дозволяє моделі розпізнавати складні композиції різних жанрів, включаючи музику з багатошаровою структурою, електронну музику з високою частотою змін, а також інструментальні та вокальні записи. Попередні дослідження [8] показали високу ефективність CNN для класифікації музичних жанрів, демонструючи точність вище 90 % на стандартних датасетах. На відміну від класичних алгоритмів машинного навчання, таких як SVM, k-NN, Random Forest, CNN забезпечують значно вищу точність класифікації та здатність узагальнювати знання на нових, невідомих даних.

Дослідження також актуальне через збільшення обсягів музичних даних у цифрових архівах, стрімінгових сервісах та онлайн-бібліотеках, де потрібна автоматична каталогізація та рекомендації музики для користувачів. Крім того, освітні платформи потребують систем, які демонструють структуру музики та жанрові особливості для навчальних цілей, що підвищує значення автоматичної класифікації.

Загальні відомості. Розроблений програмний комплекс забезпечує повний цикл класифікації музичних жанрів: від попередньої обробки аудіо до прогнозу нейронної мережі. Архітектура включає чотири основні модулі:

1. Модуль обробки аудіосигналів та генерації мел-спектрограм.

Аудіосигнали перетворюються у спектрограми за допомогою бібліотеки Librosa. Мел-спектрограми дозволяють відобразити енергетичний розподіл сигналу по частотах у часі. Для підвищення стійкості моделі

застосовується аугментація даних, включно зі зміною швидкості відтворення, додаванням шуму та часовими зсувами. Це дозволяє моделі розпізнавати композиції навіть у разі змін темпу, перешкод або шуму.

2. Модуль підготовки датасету.

Дані нормалізуються та розподіляються на тренувальний, валідаційний та тестовий набори. Формуються батчі для ефективного навчання CNN. Застосування нормалізації та балансування даних підвищує здатність мережі до узагальнення та зменшує ризик перенавчання.

3. Модуль навчання CNN.

Архітектура включає:

Згорткові шари з функцією активації ReLU, що виділяють локальні патерни;

Шари MaxPooling для зменшення розмірності даних;

Повнозв'язні шари та Dropout для регуляризації;

Оптимізатор Adam та функція втрат категорійна крос-ентропія.

Під час навчання застосовується рання зупинка, контроль за швидкістю навчання та регуляризація для запобігання перенавчанню.

4. Модуль валідації та тестування.

Для оцінки ефективності моделі використовуються:

Метрики Accuracy, Precision, Recall, F1-score;

Матриця плутанини, що дозволяє виявляти жанри, які модель класифікує гірше;

Візуалізація результатів за допомогою Matplotlib та Seaborn, що дозволяє аналізувати прогнози моделі та тренди навчання.

Модульна архітектура забезпечує можливість інтегрувати інші типи нейронних мереж (RNN, трансформери), адаптувати систему для різних типів аудіо та масштабувати обробку великих колекцій музики. Використання конволюційних рекурентних нейронних мереж показало додаткове покращення точності класифікації музики за рахунок врахування часової структури аудіосигналів [9].

Методи та технології. Серверна частина реалізована мовою Python [1], що забезпечує доступ до широкого спектра бібліотек для обробки аудіо та машинного навчання.

Для побудови та навчання CNN застосовані TensorFlow [2] та Keras [3], що дозволяють розробляти багатoshарові моделі, оптимізувати їх та візуалізувати процес навчання.

Librosa [4] використовується для спектрального аналізу та генерації мел-спектрограм. Дані зберігаються у форматі NumPy [5], що забезпечує ефективну роботу з великими обсягами спектральних даних.

Розробка виконувалася у Visual Studio Code [6], що підтримує Python та надає інструменти аналізу коду та налагодження.

Додатково проводилось порівняння CNN із класичними методами машинного навчання, такими як SVM, Random Forest та k-NN, що показало значну перевагу CNN за точністю та здатністю обробляти великі та складні аудіодані.

Висновки. Програмний комплекс забезпечує ефективну класифікацію музичних жанрів із високою точністю та стійкістю до шуму. Модульна архітектура дозволяє:

- Інтегрувати різні типи нейронних мереж для підвищення точності;
- Адаптувати систему для обробки інших типів аудіо (мовні сигнали, природні звуки, інструментальні композиції);
- Масштабувати систему для великих колекцій;
- Створювати веб-інтерфейси для користувацького доступу.

Подальший розвиток передбачає:

- Використання рекурентних нейронних мереж для врахування часової структури аудіо;
- Впровадження attention-механізмів та трансформерів;
- Розширення та балансування датасету;
- Інтеграцію з музичними стрімінговими платформами та освітніми сервісами.

Система може бути застосована у музичних стрімінгових сервісах, освітніх платформах та аналітичних музичних системах, забезпечуючи автоматизацію процесів та високу точність класифікації.

Список використаних джерел

1. Python Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://docs.python.org/3/>
2. TensorFlow Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.tensorflow.org/guide>

3. Keras Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://keras.io>
4. Librosa Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://librosa.org/doc/latest/index.html>
5. NumPy Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://numpy.org/doc/stable/>
6. Visual Studio Code Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://code.visualstudio.com/docs>
7. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016. - <https://www.deeplearningbook.org/>
8. Huang C.-W., et al. Music Genre Classification Using Deep Learning. IEEE, 2018.
9. Choi K., Fazekas G., Sandler M. Convolutional Recurrent Neural Networks for Music Classification. 2017.

ЧМИРЯ М.А.,
РОМАНЮК О.Н.

Вінницький національний технічний університет

ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ВИВЧЕННЯ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ

Анотація: Описано застосунок для вивчення англійської мови, проаналізовано його функціональні можливості. Описано архітектуру застосунку, який реалізовано мовою C# із використанням WPF і хмарної бази даних Supabase.

Ключові слова: англійська мова; навчальний застосунок; штучний інтелект; вивчення лексики.

У сучасному світі інформаційних технологій однією з найважливіших і фундаментальних навичок для програміста є знання англійської мови. Володіння англійською мовою [1] відкриває доступ до великої кількості технічної документації, актуальних статей, навчальних курсів і форумів, на яких спеціалісти з усього світу діляться своїм досвідом та працями. Більшість фреймворків і бібліотек мають документацію саме англійською мовою. Без її розуміння процес навчання, пошуку рішень та професійний розвиток значно ускладнюється.

Також англійська мова спрощує комунікацію з іноземними спеціалістами, участь у міжнародних проєктах, конференціях тощо. Відповідно до світової глобалізації ІТ-сфери, англійська стала універсальною мовою спілкування, без якої складно ефективно взаємодіяти з колегами та клієнтами. Таким чином, знання англійської безпосередньо впливає на кар'єрне зростання, можливість отримати вищу посаду, перейти в іншу компанію або працювати над більш масштабними і цікавими проєктами.

На даний момент існує велика кількість способів вивчення англійської мови. Один із найзручніших і простих – це онлайн-курси. Вони дозволяють вчитись у зручний час, не вимагаючи очного відвідування закладів і легко поєднуються з навчанням або роботою. Багато онлайн-платформ використовують елементи гейміфікації: таблиці лідерів, щоденні завдання, нагороди за активність та різні мотиваційні техніки. Так інструменти підтримують системність, залученість і не дають втратити зацікавленість із часом.

Ідея розробленого застосунку полягає в об'єднанні функціоналу кількох схожих сервісів і додаванні тих можливостей, яких їм не вистачає. Розроблений застосунок поєднує в собі можливості стандартного словникового перекладача, системи флешкарток схожої на Quizlet і інструментів штучного інтелекту. Завдяки такому підходу навчання стає інтерактивним та адаптивним до потреб користувача.

Принцип роботи застосунку такий: користувач вводить англійське слово у вбудований перекладач і отримує його переклад українською мовою. Одразу після цього програма автоматично записує це слово та його переклад у хмарну базу даних Supabase, що дозволяє використовувати його надалі без повторного введення. На основі накопичених даних формується набір флешкарток, де з одного боку вказане слово англійською, а з іншого – його переклад українською.

Для кращого засвоєння лексики користувач може скористатися генератором прикладів речень, реалізованим на основі текстової моделі meta-llama-3 [4]. Вибране слово автоматично вставляється у речення, яке демонструє його використання в контекст. Це допомагає не просто запам'ятати переклад, а зрозуміти реальне застосування слова в мові. Крім того, згенеровані речення також зберігаються у базу даних, що дозволяє економити ресурси моделі та пришвидшує роботу програми при повторному зверненні.

Цей застосунок був написаний на мові програмування C# із використанням WPF (Windows Presentation Foundation) [3] для графічної візуалізації. Для зберігання потрібної всієї потрібної інформації була застосована хмарна база даних Supabase [2]. Причиною цього вибору стала легка імплементація Supabase в код C# за

допомогою бібліотек. Для генерації речень використовувалась текстова модель штучного інтелекту meta-llama-3 через її популярність та дешеві токени.

Отже, знання англійської мови є важливим інструментом у професійному становленні програміста, оскільки забезпечує доступ до актуальної інформації, сучасних інструментів та можливостей міжнародної співпраці. Розроблений застосунок спрямований на спрощення та оптимізацію процесу вивчення англійської мови, поєднуючи переклад, повторення лексики та практичне застосування у контексті. Завдяки інтеграції бази даних та штучного інтелекту навчання стає структурованим та ефективним. Такий підхід сприяє не лише запам'ятовуванню слів, а й формуванню стійких мовних навичок, необхідних для успішної роботи в IT-сфері.

Список використаних джерел

1. Євсюков, О. Ф., Коваленко, С. О. Англійська мова для IT-фахівців: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2020. 256 с.
2. Supabase. Documentation. URL: <https://supabase.com/docs> (дата звернення: 14.11.2025).
3. Microsoft. Windows Presentation Foundation (WPF). URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/wpf/> (дата звернення: 14.11.2025).
4. Meta AI. LLaMA 3 Model Card. URL: <https://ai.meta.com/research/publications/> (дата звернення: 14.11.2025).

ЧОБОТОК В.В.
ВНТУ

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ТА ДИЗАЙН ВИСОКОНАВАНТАЖЕНОЇ ОРКЕСТРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЗАЦІЯМИ

Анотація. У роботі розглянуто розробку високонавантаженої оркестраційної системи управління автоматизаціями. Система призначена для управління та координації виконання складних робочих процесів (workflows) у розподіленому середовищі. Реалізовано механізм автоматичного повторного виконання з експоненційною затримкою (exponential backoff) для підвищення надійності обробки задач. Використано Go [1] для серверної логіки, PostgreSQL [2] для зберігання метаданих задач, Redis [3] для управління чергами повідомлень, gRPC [4] для міжсервісної комунікації та Protocol Buffers [5] для серіалізації даних. Результатом є масштабована, відмовостійка система, що забезпечує надійне виконання розподілених задач з можливістю автоматичного відновлення після збоїв.

Ключові слова: система оркестрації, розподілені системи, механізм повторного виконання, черги повідомлень, gRPC, Go, Redis, PostgreSQL, workflow.

Вступ. З розвитком мікросервісної архітектури та хмарних технологій автоматизація управління розподіленими задачами стає критично важливою для забезпечення надійності та масштабованості сучасних додатків. Оркестрація робочих процесів дозволяє координувати виконання множини взаємопов'язаних задач у розподіленому середовищі, забезпечуючи послідовність виконання, обробку помилок та моніторинг стану. Традиційні підходи до управління задачами часто не враховують тимчасові збої, такі як перевантаження мережі, недоступність зовнішніх сервісів або тимчасові проблеми з ресурсами. Це призводить до невиправданих відмов у виконанні задач, які могли б бути успішно завершені при повторній спробі. Впровадження механізму автоматичного повторного виконання з експоненційною затримкою дозволяє системі автоматично відновлюватися після тимчасових збоїв, не перевантажуючи ресурси та не вимагаючи ручного втручання. Розробка системи оркестрації спрямована на створення надійного, масштабованого рішення для управління складними робочими процесами в розподіленому середовищі. Система забезпечує автоматичне повторне виконання невдалих задач, відстеження історії виконання, гнучке налаштування політик повторних спроб та повний аудит усіх операцій.

Загальні відомості. Система оркестрації створена для управління та координації виконання розподілених задач у мікросервісному середовищі. Основні завдання системи включають: створення та управління робочими процесами (workflows), розподіл задач між воркерами через черги повідомлень, автоматичне повторне виконання невдалих задач з налаштовуваною політикою затримок, моніторинг стану виконання задач у реальному часі, збереження повної історії виконання для аудиту. Архітектура системи базується на принципах мікросервісів та включає кілька ключових компонентів: gRPC API Server – приймає запити на створення workflows та керування задачами; Worker Pool – набір воркерів, що обробляють задачі з черги; Retry Scheduler – фоновий сервіс, що

моніторить невдалі задачі та автоматично переставляє їх у чергу для повторного виконання; Message Queue (Redis) – забезпечує асинхронну комунікацію між компонентами; PostgreSQL Database – зберігає метадані workflows, задач та історію виконання. Автоматизація повторного виконання дозволяє значно підвищити надійність системи, зменшити кількість невинуватених помилок та оптимізувати використання ресурсів. Використання сучасних технологій забезпечує високу продуктивність, масштабованість та простоту розгортання як у локальному середовищі, так і в хмарній інфраструктурі.

Методи та технології. Go (Golang) [1] є основною мовою програмування для серверної логіки. Завдяки вбудованій підтримці багатопоточності, ефективному управлінню пам'яттю та високій продуктивності, Go ідеально підходить для розробки розподілених систем.

PostgreSQL [2] використовується для зберігання метаданих workflows, задач та історії виконання. Реляційна модель бази даних забезпечує цілісність даних, підтримку транзакцій та ефективне виконання складних запитів.

Redis [3] виконує роль системи управління чергами повідомлень. Використання Redis забезпечує низьку затримку, високу пропускну здатність та надійну доставку повідомлень між компонентами системи.

gRPC [4] використовується для міжсервісної комунікації. Цей високопродуктивний RPC-фреймворк забезпечує типобезпечну комунікацію, підтримку потокової передачі даних та автоматичну генерацію клієнтського коду.

Protocol Buffers [5] застосовується для серіалізації структурованих даних. Цей формат забезпечує компактне представлення даних, швидку серіалізацію/десеріалізацію та строгу типізацію.

Docker та Docker Compose [6] використовуються для контейнеризації та оркестрації компонентів системи, що спрощує розгортання та забезпечує однорідність середовища.

Механізм повторного виконання реалізовано на основі алгоритму експоненційної затримки. Для кожної задачі налаштовується політика повторних спроб, що включає: максимальну кількість спроб, початкову затримку, максимальну затримку, множник затримки. Затримка між спробами розраховується за формулою: $\text{delay} = \text{initial\_delay} * (\text{backoff\_multiplier} ^ \text{retry\_count})$, обмежена значенням `max_delay_seconds`. Такий підхід дозволяє системі адаптивно реагувати на різні типи збоїв, уникаючи перевантаження ресурсів при повторних спробах. Retry Scheduler періодично перевіряє базу даних на наявність задач, готових до повторного виконання, та автоматично переставляє їх у чергу Redis. Воркери отримують задачі з черги, виконують їх та оновлюють статус у базі даних. У випадку невдалого виконання воркер автоматично розраховує час наступної спроби та зберігає цю інформацію для подальшої обробки Retry Scheduler.

Висновки. Розробка системи оркестрації для управління автоматизаціями дозволяє значно підвищити надійність виконання складних робочих процесів, зменшити кількість невинуватених помилок через тимчасові збої та забезпечити автоматичне відновлення без ручного втручання. Використання Go [1] забезпечує високу продуктивність та ефективне управління багатопоточністю, PostgreSQL [2] гарантує надійне зберігання метаданих та підтримку транзакцій, а Redis [3] забезпечує швидку та надійну доставку повідомлень між компонентами. Інтеграція gRPC [4] та Protocol Buffers [5] дозволяє створити ефективну та типобезпечну комунікацію між сервісами. Механізм автоматичного повторного виконання з експоненційною затримкою значно підвищує відмовостійкість системи, дозволяючи автоматично відновлюватися після тимчасових збоїв мережі, перевантажень або недоступності зовнішніх сервісів.

Запропонована система є гнучкою та може бути розширена новими функціональними можливостями, такими як: підтримка різних стратегій повторних спроб, впровадження circuit breaker для захисту від каскадних відмов, створення dashboard для візуалізації статистики виконання задач, інтеграція з системами моніторингу (Prometheus, Grafana). Перспективи подальшого розвитку включають горизонтальне масштабування воркерів для обробки більших навантажень, впровадження dead letter queue для постійно невдалих задач, додавання підтримки пріоритетів задач та складних залежностей між задачами в рамках workflow.

Список використаної літератури

1. Go Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://go.dev/doc>
2. PostgreSQL Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.postgresql.org/docs>
3. Redis Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://redis.io/documentation>
4. gRPC Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://grpc.io/docs>
5. Protocol Buffers [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://protobuf.dev>
6. Docker Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.docker.com>

МЕХАНІЗМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ПОВТОРНИХ СПРОБ З УРАХУВАННЯМ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ЗАВДАНЬ ТА ПОЛІТИК ВІДНОВЛЕННЯ

Анотація. У роботі розглянуто розробку інтелектуального механізму планування повторних спроб виконання задач у розподіленій системі оркестрації. Система враховує залежності між задачами та застосовує адаптивні політики відновлення для підвищення надійності виконання робочих процесів. Реалізовано три стратегії повторних спроб: агресивну (швидке відновлення), стандартну (збалансований підхід) та терплячу (довготривалі затримки). Використано алгоритм експоненційної затримки з налаштовуваними параметрами для кожного типу задач. Впроваджено *Retry Scheduler* — фоновий сервіс, що моніторить невдалі задачі та автоматично планує їх повторне виконання з урахуванням залежностей у *workflow*. Система збудована на базі *Go* [1], *PostgreSQL* [2] для збереження станів та *Redis* [3] для управління чергами. Результатом є відмовостійка система з автоматичним відновленням, що забезпечує виконання складних робочих процесів навіть при тимчасових збоях інфраструктури.

Ключові слова: *retry mechanism, exponential backoff, політики відновлення, залежності задач, відмовостійкість, розподілені системи, workflow orchestration, Redis, PostgreSQL, Go.*

Вступ. Сучасні розподілені системи постійно стикаються з тимчасовими збоями: перевантаженням мережі, недоступністю зовнішніх API, проблемами з базами даних або хмарною інфраструктурою. Традиційні підходи до обробки помилок часто призводять до невиправданих відмов у виконанні задач, які могли б бути успішно завершені при повторній спробі. Особливо критичною є ситуація у складних робочих процесах (*workflows*), де задачі мають залежності одна від одної - невдале виконання однієї задачі може заблокувати весь ланцюг операцій. Проблема ускладнюється різноманітністю типів задач у системі оркестрації. HTTP-запити до зовнішніх сервісів, операції з базами даних, відправка email-повідомлень, трансформація даних - кожен тип задачі має свою специфіку та вимагає індивідуального підходу до повторних спроб. Наприклад, HTTP-запити можуть потребувати швидких повторних спроб через короткочасні мережеві збої, тоді як операції з базою даних краще виконувати з довшими затримками для уникнення перевантаження. Впровадження інтелектуального механізму планування повторних спроб дозволяє системі автоматично адаптуватися до різних типів збоїв, враховувати залежності між задачами та застосовувати оптимальні стратегії відновлення. Це значно підвищує надійність виконання робочих процесів без ручного втручання операторів. Розробка механізму спрямована на створення гнучкої, налаштовуваної системи автоматичного відновлення, яка забезпечує: максимальну надійність виконання складних робочих процесів, оптимальне використання ресурсів через адаптивні затримки, повний контроль над політиками повторних спроб для кожної задачі, збереження цілісності даних при паралельному виконанні залежних задач.

Загальні відомості. Механізм інтелектуального планування повторних спроб є ключовим компонентом системи оркестрації, що забезпечує автоматичне відновлення після збоїв. Основні функції механізму включають: моніторинг стану виконання задач у реальному часі, автоматичне планування повторних спроб на основі налаштованих політик, врахування залежностей між задачами при плануванні, адаптивний розрахунок затримок за алгоритмом експоненційної затримки, стаке збереження історії спроб для аудиту та аналізу [4].

Архітектура механізму включає три ключові компоненти:

Retry Scheduler - фоновий сервіс, що періодично сканує базу даних *PostgreSQL* [2] на наявність задач, готових до повторного виконання. *Scheduler* враховує параметри *next_retry_at*, *retry_count* та *max_retries* для кожної задачі. При знаходженні задач, готових до *retry*, вони автоматично переставляються у чергу *Redis* [3] для обробки воркерами.

Retry Engine - модуль розрахунку затримок, що реалізує алгоритм експоненційної затримки. Він підтримує налаштування індивідуальних політик для кожного типу задач.

Task Executor - компонент у воркерах, що виконує задачі та автоматично оновлює їх стан у базі даних. При невдалому виконанні *Executor* розраховує час наступної спроби та зберігає інформацію про помилку для подальшого аналізу.

Система підтримує три попередньо налаштовані стратегії повторних спроб:

Aggressive - для критичних задач, що вимагають швидкого відновлення;

Standard - збалансований підхід для більшості сценаріїв;

Patient - для задач, що потребують довготривалих затримок.

Стале збереження станів у PostgreSQL [2] забезпечує збереження прогресу виконання навіть при рестарті компонентів системи. Кожна спроба виконання зберігається з повною інформацією: часовою міткою, текстом помилки, номером спроби, запланованим часом наступної спроби.

Методи та технології. Go (Golang) [1] використовується для реалізації всіх компонентів механізму. Вбудована підтримка горутин дозволяє ефективно виконувати паралельний моніторинг задач та розрахунок затримок. Стандартна бібліотека забезпечує точне планування повторних спроб з підтримкою часових зон та високою точністю таймерів.

PostgreSQL [2] виконує роль центрального сховища метаданих про задачі та їх виконання. Система зберігає всю історію спроб з інформацією про ідентифікатор задачі, статус виконання, поточну кількість спроб, максимально дозволена кількість спроб, час наступної спроби, текст останньої помилки, час початку та завершення виконання. Використання індексів на полях статусу та часу наступної спроби забезпечує швидкий пошук задач, готових до getty.

Redis [3] використовується як черга повідомлень для розподілу задач між воркерами. Retry Scheduler публікує задачі у Redis після розрахунку затримки, воркери підписуються на чергу та обробляють задачі асинхронно.

Алгоритм експоненційної затримки реалізовано у спеціалізованому модулі. Основна функція розрахунку приймає параметри політики та поточний номер спроби, повертаючи час наступної спроби. Затримка розраховується як добуток початкової затримки на множник у степені поточної спроби, обмежений максимальним значенням затримки. Такий підхід дозволяє системі поступово збільшувати інтервали між спробами, уникаючи перевантаження ресурсів.

Retry Scheduler реалізовано як окремий сервіс, що виконується як фонові горутини з налаштуванням інтервалом перевірки (за замовчуванням 10 секунд). Scheduler виконує запит до бази даних для пошуку задач зі статусом "невдало", кількістю спроб меншою за максимальну та часом наступної спроби меншим або рівним поточному часу. Знайдені задачі переставляються у Redis чергу, а їх статус оновлюється на "очікування" для уникнення дублювання.

Управління залежностями реалізовано через спеціальне поле у таблиці задач. Перед виконанням задачі система перевіряє статус всіх залежних задач. Retry виконується тільки якщо всі залежності успішно завершені, що запобігає марним спробам виконання та забезпечує коректну послідовність операцій у workflow.

Висновки. Розробка механізму інтелектуального планування повторних спроб дозволяє значно підвищити надійність виконання складних робочих процесів у розподіленому середовищі. Використання алгоритму експоненційної затримки з налаштовуваними параметрами забезпечує оптимальний баланс між швидкістю відновлення та уникненням перевантаження ресурсів. Врахування залежностей між задачами при плануванні повторних спроб запобігає марним спробам та забезпечує коректну послідовність виконання у робочих процесах.

Стале збереження станів у PostgreSQL [2] гарантує збереження прогресу виконання навіть при збоях інфраструктури, а використання Redis [3] для черг забезпечує швидку та надійну доставку задач між компонентами системи. Реалізація Retry Scheduler як окремого сервісу дозволяє горизонтально масштабувати систему та забезпечує відмовостійкість через можливість запуску декількох екземплярів.

Автоматичне логування всіх спроб виконання з повною інформацією про помилки створює базу для аналізу проблем та оптимізації політик відновлення. Система є гнучкою та може бути розширена новими стратегіями, інтеграцією з системами моніторингу та впровадженням circuit breaker для захисту від каскадних відмов.

Список використаної літератури

1. Go Documentation [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://go.dev/doc>
2. PostgreSQL Documentation [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.postgresql.org/docs>
3. Redis Documentation [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://redis.io/documentation>
4. Exponential Backoff And Jitter [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://aws.amazon.com/blogs/architecture/exponential-backoff-and-jitter>

ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Анотація: У статті розглянуто сучасний стан дистанційного навчання, визначено ключові проблеми його впровадження в українських та міжнародних освітніх практиках. На основі аналізу актуальних досліджень виокремлено труднощі технічного, організаційного та методичного характеру. Запропоновано можливі напрями удосконалення дистанційної освіти з урахуванням технологічних та соціальних змін. Сформульовано перспективи подальших досліджень.

Ключові слова: дистанційна освіта, цифрові технології, онлайн-навчання, освітні платформи, методика навчання

Дистанційне навчання стало однією з ключових форм організації освітнього процесу у XXI столітті. Світова пандемія COVID-19, розвиток цифрових сервісів, зростання мобільності населення та зміна освітніх запитів призвели до швидкого поширення онлайн-технологій навчання. В Україні дистанційна освіта набула особливої актуальності через воєнні дії, необхідність гнучкого навчального процесу та обмежений доступ до очної форми навчання. Саме тому дослідження проблем і перспектив дистанційної освіти має суттєве практичне значення.

Попри розвиток технологій, ефективність дистанційного навчання залишається нерівномірною. Складнощі технічного забезпечення, недостатня цифрова компетентність учасників, зниження мотивації студентів та відсутність взаємодії «викладач–студент» створюють суттєві бар'єри. Багато аспектів цієї проблеми залишаються неповністю розв'язаними, що потребує комплексного дослідження.

Проблематика дистанційної освіти активно вивчається українськими та зарубіжними науковцями. У працях С. Гончаренка, О. Пінчука, Н. Мазур досліджуються організаційні аспекти онлайн-навчання та методики електронного викладання. Зарубіжні науковці А. Bates, М. Moore та G. Siemens акцентують на цифровій грамотності, особливостях комунікації у віртуальному просторі та адаптації навчальних платформ.

Серед ключових напрямів досліджень виділяють:

- ефективність електронних освітніх ресурсів [3];
- вплив дистанційного навчання на академічні результати студентів [4];
- психологічні та соціальні аспекти онлайн-взаємодії [5];
- технічні моделі підтримки освітнього процесу [6].

Попри значну кількість робіт, малодослідженим залишається питання поєднання технічних та педагогічних рішень, що дозволяють забезпечити високу якість дистанційної освіти в умовах нестабільного середовища.

Метою статті є аналіз основних проблем дистанційного навчання та окреслення перспектив їх вирішення з використанням сучасних цифрових технологій і педагогічних підходів.

1. Проблеми дистанційного навчання

1.1. Технічні проблеми

До технічних складнощів належать:

- нестабільний доступ до Інтернету;
- відсутність необхідного обладнання (комп'ютерів, камер, мікрофонів);
- перевантаження освітніх платформ;
- низький рівень кібербезпеки.

У регіонах з обмеженим цифровим покриттям (особливо під час воєнних дій) дистанційний формат стає фактично недоступним.

1.2. Педагогічні та методичні проблеми

Викладачі часто стикаються з труднощами адаптації матеріалів до онлайн-формату. Традиційні лекції не завжди ефективні у віртуальному середовищі. Складно забезпечити:

- інтерактивність;
- зворотний зв'язок;

- контроль залученості;
- академічну доброчесність.

1.3. Організаційні проблеми

Найсуттєвіші:

- відсутність чіткої структури онлайн-курсу;
- перевантаження студентів завданнями;
- порушення тайм-менеджменту;
- нерівномірність навантаження викладачів.

1.4. Психологічні аспекти

Дистанційне навчання підвищує ризик:

- зниження мотивації;
- інформаційного перевтомлення;
- соціальної ізоляції;
- втрати комунікативних зв'язків.

2. Перспективи вдосконалення дистанційного навчання

2.1. Інтеграція сучасних освітніх технологій

Перспективними є:

- адаптивні платформи з індивідуальною траєкторією навчання;
- штучний інтелект для аналізу прогресу студентів;
- VR/AR-технології для практичних занять;
- автоматизовані системи тестування.

2.2. Підвищення цифрової компетентності учасників

Необхідно впроваджувати системні тренінги для викладачів і студентів. Цифрова грамотність стала базовою навичкою сучасного фахівця.

2.3. Розвиток методичного забезпечення

Ефективними є такі підходи:

- мікролекції;
- змішане навчання (blended learning);
- проєктно-орієнтовані моделі (PBL);
- інтерактивні заняття у режимі реального часу.

2.4. Психологічна підтримка студентів

Потрібно забезпечити:

- доступ до консультативної допомоги;
- розвиток навичок саморегуляції;
- групові заняття з командними проєктами.

Дистанційна освіта є невід'ємною частиною сучасної освітньої системи. Вона забезпечує гнучкість, доступність та індивідуалізацію навчання. Водночас ефективність дистанційних форм залежить від вирішення технічних, методичних та психологічних проблем.

Перспективним напрямом розвитку є інтеграція інноваційних цифрових рішень, удосконалення педагогічних методик та створення комфортного освітнього середовища для студентів. Подальші наукові розвідки мають бути спрямовані на моделювання оптимальних технологій змішаного та дистанційного навчання, а також на оцінювання їх впливу на якість освіти.

Список використаних джерел

1. Bates A. Teaching in a Digital Age. Toronto: BCcampus, 2019.
2. Moore M., Kearsley G. Distance Education: A Systems View. Wadsworth, 2012.
3. Пінчук О. П. Дистанційне навчання в Україні: стан та перспективи. – Київ, 2020.
4. Гончаренко С. У. Педагогічні технології в сучасній освіті. – Харків, 2021.
5. Siemens G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age., 2015.
6. Мазур Н. Цифрові засоби у вищій школі: можливості та виклики. – Львів, 2022.

ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ ДО КОНФЕРЕНЦІЙ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ТА ПЕРЕШКОДЖАННЯ ЙОГО ПРОВЕДЕННЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАТФОРМИ ZOOM

Актуальність роботи: станом на 2025 рік, в Україні триває повномасштабна війна, яка ускладнює проведення очних занять у закладах освіти різних рівнів. Зважаючи на недостатній контроль за доступом до конференцій дистанційного навчання, який унеможливує процес навчання у повній мірі, інформація у цих тезах має високу актуальність та демонструє зв'язок із практичними завданнями.

Мета: дослідити методи для запобігання порушень проведення занять під час дистанційного навчання, оскільки такі призводять до скасування занять, поширення забороненого контенту або дискредитації учасників занять; проаналізувати джерела, в яких започатковано вирішення проблеми.

Ключові слова: Moodle, Zoom, дистанційне навчання, безпека конференцій, несанкціонований доступ

Дистанційне навчання як в Україні, так і у світі, набуло поширення ще у 2020 році, коли через пандемію COVID-19, заклади освіти, такі як школи, ліцеї, гімназії, університети, інститути та ін. вимушено змінили свій формат на дистанційний. Для цього використовувалися переважно такі платформи, як Google Meet та Zoom. Однак, через недотримання правил та розповсюдження посилань-запрошень на конференції, до останніх користувачі отримували несанкціонований доступ, який здебільшого шкодив іншим учасникам конференцій та їхнім організаторам.

В цій роботі за основу буде взято як Zoom, так і Google Meet, з використанням LMS (Learning Management System – система управління навчанням) Moodle.

Метод, що забезпечує найбільшу безпеку з точки зору обмеження кола користувачів (у нашому випадку – здобувачів освіти) – це використання платформи Moodle для запобігання витоку посилань.

Спочатку, адміністрація закладу освіти має створити акаунт на цій платформі для кожного здобувача, та додати їх до відповідних курсів. Отже, до курсу матиме доступ лише справжні здобувачі. Далі, викладач має розмістити посилання на конференцію (рекомендується щоразу його змінювати для мінімізації ризиків) у курсі, ключ доступу до якого відповідає рекомендованим Moodle стандартам, які значно зменшують ризик отримання доступу методом повного перебору (bruteforce):

- Довжина паролю - 8
- Цифри - 1
- Літери у нижньому регістрі - 1
- Літери у верхньому регістрі - 1
- Не буквено-цифрові символи – 1 [1]

Окрім введення здобувачами коду, викладачі можуть самостійно додавати кожного здобувача до курсу. Створення акаунтів для кожного студента значно послаблює мотивацію здобувачів надсилати ці дані будь-кому, оскільки без доступу до Moodle у разі надання акаунту сторонній особі навчання в наш час неможливе.

Саме посилання на конференцію, розміщене на курсі, буде спочатку посилатися на RHP-бекенд самої платформи Moodle, а не на файл напряму. Під час перенаправлення з RHP на сторінку конференції виконується перевірка авторизації. Таким чином, навіть якщо справжній користувач поширить посилання особам, які не повинні бути присутніми на конференції, доступ вони не отримають.

Надання файлів здійснюється невеликою кількістю скриптів надання файлів, які включають pluginfile.php і tokenpluginfile.php. Ці скрипти, що відповідають за подавання файлів, спершу автентифікують користувача, аналізують URL-адресу, а потім передають параметри з цього URL відповідному компоненту через callback-функцію, який формує видачу файлу. Далі відповідний компонент знаходить потрібний файл, виконує всі необхідні перевірки безпеки та зрештою надає файл користувачу [2].

Однак навіть після технічної фільтрації залишається ризик навмисного порушення порядку проведення занять самими здобувачами, які мають офіційний доступ. Наприклад, на платформі Zoom щоб уникнути небажаного звукового втручання, викладачу необхідно заборонити вмикання мікрофонів учасниками, надаючи

дозвіл лише за індивідуальним запитом. Крім програвання небажаних звуків через мікрофон, найбільш поширеними є зловживання функцією анотацій під час демонстрації екрану. Студент може перебивати або спотворювати вміст трансляції, а також залишати анотації під чужим іменем. Після цього, змінивши ім'я у профілі, він може уникнути відповідальності, оскільки Zoom зберігає попереднє ім'я біля вже створених анотацій. Для запобігання таким діям викладач має повністю вимкнути функцію анотацій у налаштуваннях конференції. Окрім цього, учасники конференції можуть використовувати функцію камери для поширення відеозапису із забороненим вмістом, тому викладач повинен за замовчуванням заборонити увімкнення камери, а у разі необхідності – надіслати запит учаснику на ввімкнення. Демонстрація екрану має бути заборонена всім, окрім організатора – цей метод має високу ефективність у порушенні проведення занять та є потенційно небезпечним, оскільки у такий спосіб усі учасники бачать поширений контент. Рекомендується вимкнути функцію «Чат», що унеможливить спам та поширення небажаної інформації [3]. Окрім згаданих вище рекомендацій, необхідно вимкнути функцію дошки – у разі використання не за потребою може порушити нормальну роботу конференції [4].

Рекомендації, такі як заборона учасникам записувати конференцію та вхід лише за запрошеним e-mail не є ефективними для запобігання несанкціонованого доступу, оскільки перше не заборонить учасникам використовувати сторонні застосунки, такі як OBS для запису екрану, а друге дозволяє учаснику надіслати запит викладачу з проханням надіслати запрошення на певну адресу з аргументацією нібито несправної основної пошти (наприклад, університетської), яка насправді є порожньою і може бути передана іншій особі без ризиків.

Висновки. У роботі проаналізовано способи отримання несанкціонованого доступу сторонніх осіб до онлайн-занять, що відбуваються у форматі конференцій, обґрунтовано важливість використання платформи Moodle як найбільш ефективного методу фільтрації осіб, що мають посилання-запрошення до конференції, надано рекомендації щодо проведення конференцій на платформі Zoom, які створені з метою унеможливлення створення перешкод у проведенні занять у форматі онлайн. При написанні роботи використано надійні та довірені URL-джерела, включаючи офіційну документацію Moodle та офіційну сторінку платформи Zoom.

Список використаних джерел

- [1] https://docs.moodle.org/24/en/Site_policies?Force_users_to_login#Group_enrolment_key_policy (дата звернення: 19.11.2025)
- [2] <https://moodledev.io/docs/5.2/apis/subsystems/files#serving-your-file-to-the-user> (дата звернення: 20.11.2025)
- [3] <https://www.zoom.com/en/products/virtual-meetings/resources/securing-your-meetings/> (дата звернення: 20.11.2025)
- [4] https://support.zoom.com/hc/en/article?id=zm_kb&sysparm_article=KB0057942 (дата звернення: 20.11.2025)

ЧУЗОВ Д. В.

Запорізький національний університет

МАШИННЕ НАВЧАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИСТУ ДАНИХ У ВЕБ-ЗАСТОСУНКАХ

Анотація: У тезах розглянуто сучасні підходи до використання методів машинного навчання для підвищення рівня інформаційної безпеки веб-орієнтованих систем. Проаналізовано можливості інтелектуальних моделей у тестуванні безпеки, включаючи пріоритизацію тестів, прогнозування появи вразливостей, виявлення аномалій у поведінці веб-застосунків та автоматичну класифікацію змін у кодовій базі. Наголошується на перевагах поєднання класичних методів тестування безпеки з поведінковими моделями та рекомендаційними системами.

Ключові слова: машинне навчання, інформаційна безпека, тестування безпеки, аномалії, прогнозування вразливостей, виявлення атак, кіберзахист.

У сучасних веб-орієнтованих інформаційних системах питання підвищення рівня захисту даних набуває особливої значущості через зростання складності архітектури, широке застосування мікросервісів та збільшення кількості взаємодій між компонентами. Традиційні засоби тестування й аналізу безпеки, хоча й залишаються важливими, часто не забезпечують достатньої швидкості та глибини перевірки, особливо в умовах безперервної інтеграції та доставки. Саме тому машинне навчання дедалі частіше розглядається як ефективний інструмент для

підвищення кіберстійкості веб-додатків, адже воно дозволяє виявляти аномалії, прогнозувати появу вразливостей і автоматизувати пріоритетність тестування [1].

Одним із найперспективніших напрямів є використання моделей прогнозування ризиків у тестуванні безпеки веб-додатків. На основі історії дефектів, змін у коді та статистики падіння тестів модель машинного навчання може визначати, які частини системи мають найбільшу ймовірність містити помилки безпеки. Такі методи базуються, зокрема, на алгоритмі випадкового лісу, який часто демонструє високу точність у задачах класифікації вразливих компонентів [2]. Це дозволяє оптимізувати регресійне тестування та скорочувати кількість тестів, які необхідно запускати, не знижуючи рівень контролю безпеки.

Ще одним напрямом застосування машинного навчання є виявлення аномалій у поведінці веб-додатків. Моделі типу LSTM добре підходять для аналізу HTTP-трафіку та логів серверної частини дозволяючи виявляти нетипові послідовності запитів, що можуть свідчити brute-force атаки або сканування вразливостей [3]. У деяких випадках такі моделі здатні розпізнавати атаки, які не мають чітко визначених сигнатур, що робить їх ефективними у протидії новим загрозам. На практиці використання аномалійного аналізу дозволяє підвищити точність виявлення атак на 20–40% у порівнянні зі звичайними сигнатурними системами [4].

Важливою складовою інтелектуального тестування є комбінування статичного та динамічного аналізу безпеки з рекомендаційними моделями. При виявленні змін у кодовій базі система може автоматично визначати, який саме тип тестування є релевантним: пошук вразливостей у залежностях, перевірка механізмів авторизації, аналіз шифрування або тестування політик доступу. За допомогою алгоритмів класифікації можна формувати рекомендації щодо вибору тестових сценаріїв, а за допомогою ранжування — визначати їх черговість. Це дозволяє значно скоротити час реакції на критичні зміни та зменшити ризики появи критичних дефектів [5].

Аналітичні моделі також можуть автоматично виявляти потенційно небезпечні зміни у конфігураціях, наприклад надмірно відкриті правила CORS, неправильне налаштування HTTPS, слабкі політики Content-Security-Policy або неправильне керування токенами авторизації. Застосування методів машинного навчання у таких випадках дозволяє системі автоматично виявляти відхилення від безпечних шаблонів і попереджати тестувальника або аналітика безпеки.

Таким чином, інтеграція машинного навчання у процеси тестування безпеки веб-орієнтованих систем створює нові можливості для забезпечення захисту даних. Конкретні результати, яких можливо досягти за допомогою інтелектуальних методів, включають скорочення часу тестування при збереженні або підвищенні рівня виявлення вразливостей, автоматичне прогнозування появи критичних дефектів у нових змінах коду, збільшення точності та швидкості виявлення атак завдяки поведінковим моделям, а також адаптивних механізмів кіберзахисту, здатних підлаштовуватися під реальні умови експлуатації.

Отже, машинне навчання виступає не лише корисним інструментом оптимізації тестування, але й ефективним засобом посилення захисту даних, що дає можливість створення проактивних, самонавчальних механізмів кіберзахисту в ІТ-системах. Поєднання інтелектуальних методів тестування з класичними засобами аналізу безпеки формує новий підхід до забезпечення інформаційної безпеки, у якому тестування перестає бути окремим етапом, а стає невід’ємною та активною складовою системи захисту.

Список використаних джерел

1. Yim et al., 2024 – “Predicting Likely-Vulnerable Code Changes: Machine Learning-based Vulnerability Protections for Android Open Source Project.” Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System.
2. Weissberg et al., 2026 – “LLM-based Vulnerability Discovery through the Lens of Code Metrics.” Sommer R., Paxson V. “Outside the Closed World: On Using Machine Learning for Network Intrusion Detection.”
3. Chourasiya et al., 2025 – “Advanced system log analyzer for anomaly detection and cyber forensic investigations using LSTM and transformer networks.”
4. Babaey & Faragardi, 2025 – “Detecting Zero-Day Web Attacks with an Ensemble of LSTM, GRU, and Stacked Autoencoders.”
5. Busjaeger et al., 2016 – “Learning for Test Prioritization: An Industrial Case Study.”

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА ВНТУ ЯК ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЦЕНТР СУЧАСНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Анотація: Висвітлюється досвід по створенню та акумулюванню електронних інформаційних ресурсів науково-технічною бібліотекою Вінницького національного технічного університету та забезпеченні доступу до них через електронну комунікацію.

Abstract: The experience in creating and accumulating electronic information resources by the scientific and technical library of the Vinnytsia National Technical University and providing access to them through electronic communication is highlighted.

Ключові слова: електронні інформаційні ресурси; електронні послуги бібліотеки; цифровізація бібліотек.

Keywords: electronic information resources; electronic library services; library digitization.

Процеси глобалізації та цифровізації суспільства надали можливість доступу до наявних інформаційно-інтелектуальних ресурсів як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва, а також створили умови для продукування значних обсягів нової інформації [4]. В умовах сучасних викликів університетська бібліотека повинна організовувати доступ до інформації, сприяти поширенню наукових досліджень, розвивати інформаційну грамотність. Бібліотека сучасного закладу вищої освіти (ЗВО) виступає основним інформаційно-освітнім центром університету, що відповідає потребам і перспективам науково-технічного розвитку суспільства у сучасних реаліях.

Історичні та технологічні зміни, що відбуваються в суспільстві, зумовлюють трансформацію бібліотек закладів вищої освіти в сучасні інформаційні та науково-освітні центри, які забезпечують оперативний, своєчасний і достовірний доступ до знань. Саме тому головним завданням науково-технічної бібліотеки Вінницького національного технічного університету є акумулювання інформаційних ресурсів, організація ефективного доступу до них і надання сервісів, що сприяють підвищенню якості навчання та наукових досліджень. Реагуючи на виклики часу та зміну інформаційних потреб, бібліотека постійно вдосконалює свої послуги й прагне максимально відповідати очікуванням користувачів. Таким чином, науково-технічна бібліотека ВНТУ є центральним осередком університетського інформаційного простору, забезпечуючи спільноту якісними та достовірними інформаційними продуктами.

Ключовим елементом забезпечення якісної підтримки освітнього процесу та науково-дослідної діяльності є формування документних фондів, адже це сприяє підвищенню публікаційної активності, цитованості та конкурентоспроможності університету на міжнародному рівні. Документний фонд науково-технічної бібліотеки нараховує майже 600 тис. примірників на різних носіях.

Інтегрованою складовою університетської бібліотеки, яка включає широкий спектр цифрових ресурсів, інструментів для досліджень, навчання та підтримки користувачів є Електронна бібліотека (ЕБ). Вона складається з різних елементів, що сприяють ефективному використанню інформації для навчання та досліджень, основним з яких є Електронний каталог (ЕК) – власний базовий ресурс.

Розширення інформаційних ресурсів науково-технічної бібліотеки ВНТУ активно відбувається за рахунок електронних книг та журналів, баз даних наукових статей та інших цифрових матеріалів, в т. ч. власної генерації. [1].

Також бібліотека активно оцифровує свої колекції для наповнення повнотекстового контенту електронної бібліотеки.

Завдяки доступу до міжнародних наукових баз даних, таких як Scopus, Web of Science, Springer Nature, Research4Life, Bentham Science, ScienceDirect та ін. дослідники ВНТУ мають можливість отримувати найактуальніші публікації та результати досліджень. Зазвичай доступ до баз даних надається через внутрішню мережу університету і віддалено, що дозволяє учасникам освітнього процесу користуватися ресурсами з будь-якого місця, що дуже важливо в умовах гібридного навчання (очного та онлайн). [1].

Нещодавно, з ініціативи науково-технічної бібліотеки, ВНТУ став учасником Консорціуму EIFL-Україна, тож науковці отримали можливість скористатися безкоштовним доступом до світових ліцензованих електронних ресурсів EIFL.

Важливим засобом комунікації з користувачами є віртуальна копія бібліотеки – бібліотечний вебсайт, який являється ключовою зв'язуючою ланкою з інформаційно-освітнім та науковим простором університету, єдиною точкою доступу до електронних ресурсів та послуг науково-технічної бібліотеки. На сайті для кращої комунікації створено банер «НТБ в режимі 24x7: можливості віддаленого доступу до ресурсів і сервісів». Зауважу, що особливо затребуваною є інформація сайту, представлена в рубриках «На допомогу досліднику», «Відкрита наука. Наукометрія» та «Електронні ресурси» з розділами «Локальні ресурси», «Наукові ресурси України», «Ресурси вільного доступу», «Патенти, стандарти, будівельні норми», «Дисертації», «Інтернет-посилання» та ін. [2].

Слід відзначити, що вагомим інструментом розвитку науково-інформаційного середовища університету є Інституційний репозитарій ВНТУ, який забезпечує накопичення, систематизацію та збереження в електронному вигляді інтелектуальних продуктів університетської спільноти, сприяє поширенню цих матеріалів в світовому науково-освітньому просторі.

Бібліотека продукує та презентує власні інформаційно-аналітичні продукти. На допомогу навчальному процесу, для популяризації наукових здобутків вчених університету, а також з культурно-просвітницькою метою бібліотекарями готуються і видається бібліографічна продукція (в традиційному та електронному вигляді), створюються віртуальні виставки, презентації, бесіди тощо.

Науково-технічна бібліотека постійно працює над покращення якості інформаційних продуктів і послуг, що надаються користувачам: розробляє стандарти обслуговування, прагне передбачити очікування користувачів до отримання послуги, постійно підвищується кваліфікація персоналу бібліотеки. [3]

У сучасному інформаційному середовищі трансформація ролі бібліотеки неминує змінює й роль бібліотекаря. Він стає фахівцем, який не лише формує, систематизує та аналітично опрацьовує інформаційні ресурси, а й забезпечує умови для ефективного наукового та освітнього пошуку. Бібліотекар університетської бібліотеки є ключовою ланкою в забезпеченні академічної спільноти якісною, актуальною й доступною інформацією, а його професійні функції виходять далеко за межі традиційного зберігання документів. Сьогодні це медіатор знань, аналітик інформації, менеджер цифрових сервісів і комунікатор, який формує та підтримує сучасний інформаційний простір університету.

Тож у перспективі роботи нашої бібліотеки лежить продовження створення та акумулювання актуальних інформаційних ресурсів, пошук технологій удосконалення системи інформаційно-бібліотечного обслуговування, розвиток бібліотечних фахівців, щоб відповідати сучасним критеріям та завданням.

Список використаних джерел

1. Притуляк Т. Є. Бібліотека і університет: синергія для розвитку науки і освіти [Електронний ресурс] / Т. Є. Притуляк // Матеріали науково-практичної конференції бібліотек ЗВО «Наукові аспекти в роботі бібліотек ЗВО», Вінниця, 23 жовтня 2024 р. – Режим доступу: <http://library.vnmu.edu.ua/conferences/naukovi-aspekti-v-roboti-bibliotek-zvo-materiali-vseukr-nauk-prakt-konf-23-zhovt-2024-r-vinnitsya-vinnits-obl-metod-ob-nya-b-k-zvo-nauk-b-ka-vnmu-im-m-i-pirogova-uklad-m-i-melnik-red/>. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 17.11.2025.
2. Цвілишена, О. М. Онлайнні сервіси університетської бібліотеки : стан та перспективи розвитку [Електронний ресурс] / О. М. Цвілишена // Інституційний репозитарій ВНТУ : [електронний архів]. – Електрон. текст. дані. – [Вінниця] : ВНТУ, 2017. – Режим доступу: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/15500>. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 17.11.2025.
3. Цвілишена О. Сучасна університетська бібліотека – симбіоз традицій та інновацій (з досвіду роботи) [Електронний ресурс] / О. Цвілишена // Науково-практична конференція «Бібліотека – місце традицій, простір іновачій», Вінниця, 9 грудня 2020 р. – Режим доступу: <http://library.vnmu.edu.ua/conferences/naukovo-praktichna-konferentsiya-biblioteka-mistse-traditsij-prostir-inovatsij/>. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 17.11.2025.
4. Шлепакова Т. Переосмислення ролі бібліотек в інформаційну еру / Т. Шлепакова // Бібліотечна планета. – 2024. - № 4. – С. 10-14.

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДБОРУ ТВАРИНИ ІЗ ПРИТУЛКУ НА ОСНОВІ ПСИХОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮВАННЯ

Анотація: робота присвячена розробці інтелектуальної мобільної системи для адопції тварин, спрямованої на зниження високого показника рецидивів в Україні. Новизна полягає у застосуванні Matching Algorithm на основі багатокритеріального психологічного профілювання адоптера, що забезпечує об'єктивний та ранжований підбір тварин за сумісністю характерів.

Ключові слова: інтелектуальна система; адопція тварин; психологічне профілювання; matching algorithm; притулки; багатокритеріальне тестування; експертний алгоритм; рецидиви адопції; мобільний додаток; Data-Driven Decision Making (DDDM).

Abstract: this work focuses on the development of an intelligent mobile system for animal adoption aimed at reducing the high rate of returns (recidivism) in Ukraine. The novelty lies in the application of a Matching Algorithm based on multi-criteria psychological profiling of the adopter, which ensures an objective and ranked selection of animals based on character compatibility.

Keywords: intelligent system; animal adoption; psychological profiling; matching algorithm; shelters; multi-criteria testing; expert algorithm; adoption recidivism; mobile application; Data-Driven Decision Making (DDDM).

Вступ та обґрунтування актуальності. Проблема регуляції та забезпечення належного утримання тварин є важливим індикатором гуманності та соціальної відповідальності суспільства. В Україні, особливо зважаючи на наслідки повномасштабної агресії, питання неконтрольованої популяції безпритульних тварин набуло критичної гостроти. Тварини, що опинилися на вулиці, не лише стають жертвами жорстокого поводження та несприятливих погодних умов, але й можуть виступати джерелом поширення небезпечних зоонозних захворювань, створюючи значні ризики для громадського здоров'я [1].

Притулки та волонтерські ініціативи є ключовими суб'єктами, які протидіють цій кризі, забезпечуючи медичну допомогу, реабілітацію та соціалізацію. Однак діяльність цих установ часто відбувається в умовах хронічного перевантаження ресурсів (переповнені клітки, дефіцит фінансування та персоналу). Це підкреслює, що адопція є не просто актом благодійності, а системним, стратегічним механізмом для відновлення балансу та зменшення навантаження на зоозахисні організації.

Незважаючи на зростання свідомості громадян щодо відповідального ставлення до тварин, процес адопції залишається неефективним через високий відсоток рецидивів – повернення тварин назад до притулку. Міжнародні дослідження вказують, що цей показник може сягати 20% протягом першого року після прилаштування [2]. Основною детермінантою невдачі є не зовнішні фактори, а хронічна несумісність між психологічним профілем тварини та способом життя, очікуваннями і досвідом власника. Наприклад, високоактивний собака потрапляє в умови малорухливої родини у невеликій квартирі, що призводить до деструктивної поведінки та, як наслідок, повернення.

Таким чином, актуальність даної теми полягає у нагальній потребі розробки інтелектуального, науково-обґрунтованого інструменту, який дозволить мінімізувати суб'єктивний емоційний фактор при виборі та гарантувати довгострокову успішність адопції через точне зіставлення (matching) характерів.

Огляд та класифікація існуючих українських систем адопції. Для обґрунтування новизни пропонованого рішення необхідно провести детальний аналіз функціоналу та методології наявних в Україні цифрових платформ для прилаштування тварин.

Український ринок цифрових рішень для зоозахисту наразі представлений кількома основними типами платформ [3]:

- платформи-агрегатори та каталоги (наприклад, GladPet, розділи адопції у великих зоозахисних організацій). Ці ресурси є головними точками інформування громадськості. Їхній функціонал зводиться до централізованого збору та демонстрації профілів тварин. Фільтрація обмежується базовими, легко вимірюваними критеріями: вид, вік, стать, місцезнаходження притулку. Профілі

тварин часто містять нестандартизований, емоційно забарвлений опис їхнього характеру, що унеможливує його машинну обробку та об'єктивне порівняння;

- сервіси ідентифікації та геолокації (наприклад, Animal-ID, PetLocator). Головний фокус цих систем — на обліку (реєстрація мікрочипів, QR-паспортів) та допомозі у пошуку загублених/знайдених тварин. Інструменти адопції, якщо присутні, є додатковим, а не основним функціоналом і не мають унікальних механізмів підбору;
- соціальні медіа. Волонтерські групи у Facebook, Instagram та Telegram є надзвичайно ефективними для швидкої мобілізації уваги, але повністю позбавлені структуризації даних, централізованого контролю якості інформації та можливості застосування будь-яких алгоритмів зіставлення.

Систематичний аналіз виявляє спільний, критичний недолік, притаманний усім українським цифровим рішенням: відсутність науково-обґрунтованого, інтелектуального механізму оцінки сумісності. Цей недолік є головною причиною низької прогностичної цінності адопційних рішень:

- поверхневість профілювання адоптера. Існуючі анкети, якщо вони взагалі застосовуються, орієнтовані виключно на збір контактних даних та мінімальної інформації про житло (наприклад, "чи дозволяє орендодавець"). Вони повністю ігнорують критичні психологічні та поведінкові аспекти, такі як реальний рівень активності користувача, його толерантність до шуму та потенційного безладу, очікувана роль тварини в сім'ї та, що найважливіше, готовність до довгострокового вирішення поведінкових проблем (дресирування, корекція);
- відсутність стандартизації оцінки тварин. Немає єдиної шкали або методології для оцінки характеру тварин самими притулками. Описи суб'єктивні ("лагідний", "боязкий"), що не дозволяє перетворити їх на числовий або категоріальний вектор даних, необхідний для роботи алгоритму;
- низька точність рішень та відсутність ранжування. Існуючі системи працюють виключно на принципі фільтрації (виключення невідповідних за віком чи розміром) і не пропонують ранжування кандидатів за сумісністю. Вони надають довгий, неупорядкований список потенційних тварин, фактично перекладаючи складне рішення про сумісність на емоційно вмотивованого та часто недосвідченого користувача.

Ці критичні недоліки підтверджують, що існуючі системи, хоч і виконують важливу інформаційну функцію, є недостатніми для вирішення системної проблеми рецидивів. Таким чином, обґрунтовується нагальна необхідність розробки інноваційної системи, заснованої на принципах Data-Driven Decision Making (прийняття рішень на основі даних), яка замінить емоційний вибір на інтелектуальне зіставлення.

Обґрунтування нового підходу та концепція системи. Новий підхід, запропонований у даній роботі, полягає у переході від моделі "пасивного пошуку" до моделі інтелектуального, двостороннього профілювання. Це вимагає створення мобільного додатку, що поєднає зручність сучасних технологій із глибиною психологічного аналізу.

В основі концепції лежить принцип "Matching Algorithm", який успішно застосовується у сфері рекрутингу та соціальних знайомств. Суть полягає у створенні двох паралельних векторів характеристик (адоптера та тварини) та обчисленні їхньої кореляції. Головна перевага системи полягає у підвищенні прогностичної цінності адопції, тобто її здатності передбачити довгострокову успішність взаємин.

Пропонована "Система для підбору тварини із притулку" буде базуватися на трьох ключових модулях, де особлива увага приділяється формуванню профілю адоптера.

Деталізований Модуль Формування Профілю Користувача (Адоптера) - це модуль, який реалізується через багатокритеріальне тестування, яке має охоплювати не лише об'єктивні, а й психографічні характеристики:

- об'єктивні параметри (спосіб життя). Фіксація точних даних про доступний час (кількість годин на день, які користувач готовий приділяти тварині), фінансові можливості (готовність до витрат на ветеринара та якісний корм), розмір та тип житла (наявність балконів, сходинок, двору, що критично для певних порід і травмованих тварин);
- поведінкові та психологічні параметри. Оцінка рівня активності користувача (наприклад, оцінка за шкалою від 1 до 5), толерантності до шуму та безладу, рівня стресостійкості при вирішенні поведінкових проблем (наприклад, порча майна, нічний гавкіт). Створення таких запитань потребує консультацій з ветеринарними психологами та кінологами;

- очікування та мотивація. Визначення первинної мотивації для адопції (для компанії, для охорони, як сімейна собака) та очікуваної ролі тварини. Це дозволяє відсіяти випадки, коли очікування користувача (наприклад, відсутність линьки у безпородного собаки) є нереалістичними.

Наступний модуль це - стандартизація профілю тварини. Паралельно, притулки заповнюватимуть профіль тварини за уніфікованою шкалою (наприклад, ґрунтуючись на принципах системи "Canine-ality" [4]) за такими параметрами: рівень енергії, соціальність (люди/тварини), потреба в усамітненні, реакція на дітей.

Останній модуль про зіставлення та ранжування. На основі детально сформованих векторів, система застосовуватиме складний експертний алгоритм. Його завдання — не просто знайти збіги, а зважено оцінити ризики та надати користувачеві ранжований список кандидатів, де найвищий рейтинг матиме тварина, яка найімовірніше стане гармонійним членом сім'ї.

Таким чином, розробка системи забезпечить високотехнологічну платформу, яка якісно змінить підхід до адопції в Україні, зробивши його об'єктивним, відповідальним та максимально ефективним.

Висновки. На основі проведеного аналізу, головний висновок полягає в тому, що традиційні методи адопції тварин в Україні є неефективними, про що свідчить високий відсоток рецидивів, спричинених хронічною несумісністю між характером тварини та способом життя власника. Існуючі цифрові платформи працюють лише як базові каталоги, повністю ігноруючи необхідність інтелектуального, психологічного профілювання та стандартизації поведінкової оцінки тварин. Таким чином, актуальним і науково обґрунтованим рішенням є розробка мобільної "Системи для підбору тварини із притулку", заснованої на експертному алгоритмі зіставлення (Matching Algorithm). Ця система, шляхом деталізованого багатокритеріального тестування користувача та стандартизованої оцінки тварин, забезпечить перехід від емоційного вибору до об'єктивного, ранжованого підбору, що гарантовано підвищить прогностичну цінність адопції та мінімізує показник повернення тварин до притулків.

Список використаних джерел

1. World Health Organization, *Zoonotic Diseases: Public Health Implications*, WHO Technical Report Series, 2023.
2. L. Reeves et al., "Factors associated with successful and unsuccessful adoptions in an animal shelter in the United States," *Journal of Applied Animal Welfare Science*, vol. 15, no. 4, pp. 318–333, 2012.
3. В. О. Павлов і І. П. Шевченко, "Цифрові рішення для благополуччя та контролю тварин в Україні: огляд існуючих платформ," у *Матеріали наукової конференції «Інформаційні технології в освіті та науці»*, Київ, Україна: НАУ, 2020.
4. ASPCA (American Society for the Prevention of Cruelty to Animals). Meet Your Match Pet Adoption Program. [Online]. Available: <https://www.aspcapro.org/resource/meet-your-match-pet-adoption-program>. [Accessed: Nov. 18, 2025].

ШТАПЕНКО Е.П.,
БІЛОВА О.В.,
ГУЛІВЕЦЬ О.М.
УДУНТ

ВИЩА МАТЕМАТИКА ТА ФІЗИКА У НАПРЯМКУ STEM-ОСВІТИ

У сучасному світі цифрові технології стали не просто інструментом, а невід'ємною частиною освіти та науки. Вища математика та фізика, як фундаментальні дисципліни STEM-освіти, відіграють ключову роль у підготовці фахівців здатних розробляти та ефективно використовувати цифрові рішення.

Вища математика забезпечує студентів абстрактним мисленням та аналітичними навичками, необхідними для моделювання складних систем, оптимізації алгоритмів та аналізу великих даних. Вона дає змогу будувати математичні моделі реальних процесів, від симуляції електромагнітних полів до прогнозування поведінки складних фізичних систем.

Фізика доповнює цей підхід конкретними законами природи, що описують рух, енергію та взаємодію тіл. Цифрові технології дозволяють інтегрувати фізичні явища у віртуальні середовища, створюючи точні симуляції та візуалізації експериментів, що раніше були доступні лише у лабораторіях. Наприклад, моделювання аеродинаміки літальних апаратів або електромагнітних процесів зараз виконується за допомогою високопродуктивних обчислень та штучного інтелекту.

Ключові слова: STEM-освіта, фізика, математика.

In the modern world, digital technologies have become not just a tool, but an integral part of education and science. Higher mathematics and physics, as fundamental STEM disciplines, play a key role in training specialists capable of developing and effectively using digital solutions.

Higher mathematics provides students with abstract thinking and analytical skills necessary for modeling complex systems, optimizing algorithms, and analyzing large amounts of data. It enables the construction of mathematical models of real processes, from simulating electromagnetic fields to predicting the behavior of complex physical systems.

Physics complements this approach with concrete laws of nature that describe motion, energy, and the interaction of bodies. Digital technologies make it possible to integrate physical models into virtual environments, creating accurate simulations and visualizations of experiments that were previously accessible only in laboratories. For example, modeling the aerodynamics of aircraft or electromagnetic processes in materials.

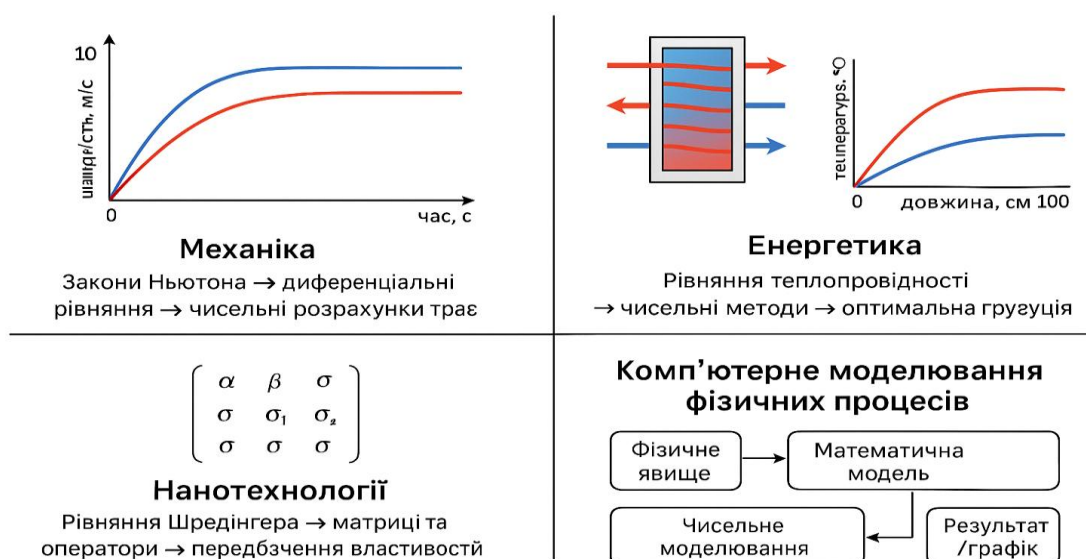
Keywords: STEM education, physics, mathematics.

Викладення основного матеріалу. STEM-освіта, поєднуючи науку, технології, інженерію та математику, формує у студентів комплексне мислення та навички критичного аналізу. В умовах цифровізації важливо не лише опанувати теорію, а й навчитися застосовувати її у програмуванні, робототехніці та обробці даних. Наприклад, завдання з вищої математики у середовищі Python або MATLAB можуть інтегрувати фізичні моделі, дозволяючи студентам одразу бачити результати експериментів у цифровому вигляді.

Цифрові технології відкривають нові горизонти для STEM-освіти: онлайн-симулятори, віртуальні лабораторії, інтерактивні графіки та візуалізація багатовимірних даних роблять процес навчання більш наочним та практично орієнтованим. Це допомагає студентам не лише зрозуміти абстрактні математичні концепції, а й побачити їх застосування у реальних фізичних задачах та технологічних проектах.

Вища математика часто сприймається студентами як абстрактна й складна дисципліна. Використання програм динамічної математики (наприклад, GeoGebra або Maple) допомагає візуалізувати процеси, побудову графіків функцій, інтегральні поверхні, перетини тіл у просторі. Викладач може створювати інтерактивні моделі, що демонструють зміну параметрів у реальному часі, підвищуючи розуміння логічних зв'язків між формулами та їх геометричною інтерпретацією. Інтеграція інформаційних технологій у викладання вищої математики підтримує концепцію STEM-освіти (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Математика в цьому контексті виступає не ізольованим предметом, а інструментом для моделювання природничих і технічних процесів. Використання цифрових симуляторів, віртуальних лабораторій, програмного забезпечення для розв'язування прикладних задач (Matlab, Python) дозволяє студентам розуміти практичне значення математичних методів.

Фізика та вища математика у STEM-освіті



Дуже важливим в напрямку STEM-освіти є саме взаємозв'язок між основними предметами: фізики та математики. Фізика забезпечує реальний контекст, а вища математика — мову для опису та аналізу складних систем.

Наприклад:

Механіка: Закони Ньютона описуються системами диференціальних рівнянь. Вони дозволяють прогнозувати рух тіл під дією сил, наприклад, розраховувати траєкторію ракети.

Електродинаміка: Формули Максвелла для електричних та магнітних полів вимагають знань векторного аналізу та інтегрального числення.

Квантова фізика: Рівняння Шредінгера і операторний апарат у квантовій механіці базуються на лінійній алгебрі та функціональному аналізі.

Наведемо конкретні приклади практичного поєднання цих двох предметів у STEM-проектах.

1. Авіаційна та космічна інженерія:

Задача: Розрахувати оптимальну траєкторію польоту ракети, враховуючи гравітаційні та аеродинамічні сили.

Математичний інструмент: Системи диференціальних рівнянь та чисельні методи інтегрування.

Результат: Траєкторія, яка забезпечує мінімальне споживання палива та безпечний вихід на орбіту.

2. Енергетика та теплопередача:

Задача: Моделювання розподілу температури у теплообміннику.

Математичний інструмент: Диференціальні рівняння в частинних похідних, методи чисельного аналізу.

Результат: Оптимізація конструкції теплообмінника для підвищення ефективності роботи електростанції.

3. Нанотехнології та матеріалознавство:

Задача: Передбачити електричні і магнітні властивості нового матеріалу.

Математичний інструмент: Квантова механіка, лінійна алгебра, статистична фізика.

Результат: Створення матеріалів з заданими електричними або магнітними властивостями.

4. Комп'ютерне моделювання фізичних процесів:

Задача: Симуляція погодних явищ або динаміки рідини в системах водопостачання.

Математичний інструмент: Чисельні методи, лінійна алгебра, статистика.

Результат: Прогнозування погодних умов та оптимізація інженерних систем.

Наведемо ще декілька конкретних прикладів у форматі візуальних схем взаємодії на прикладах задач.

Схема 1: Моделювання руху тіла під дією сил

Закони Ньютона → диференціальні рівняння → чисельні розрахунки траєкторії

Схема 2: Теплопередача у теплообміннику

Рівняння теплопровідності → чисельні методи → оптимальна конструкція

Схема 3: Квантова модель матеріалу

Рівняння Шредінгера → матриці та оператори → передбачення властивостей

Висновки. Інтеграція фізики та вищої математики у STEM-освіті формує у студентів аналітичне, критичне та алгоритмічне мислення. Вона забезпечує здатність моделювати складні явища, обробляти великі масиви даних і створювати інноваційні технології. Таке поєднання знань готує майбутніх інженерів, науковців і розробників, здатних ефективно вирішувати сучасні технологічні й наукові завдання.

Таким чином, інтеграція вищої математики, фізики та цифрових технологій у рамках STEM-освіти формує нове покоління фахівців — гнучких, аналітичних та здатних створювати інновації у світі високих технологій. Це поєднання теорії та практики відкриває двері до інженерних рішень майбутнього, де знання і цифрові навички стають ключем до успіху.

Список використаної літератури

1. Биков В. Ю. Інформаційно-комунікаційні технології в освіті: концептуальні основи застосування. — Київ: Педагогічна думка, 2020.
2. Морзе Н. В., Глазунова О. Г. Цифрова компетентність викладача: теоретичні засади та практичні аспекти. — Вісник Київського університету імені Бориса Грінченка, 2021.
3. Литвинова С. Г. Інформаційне освітнє середовище як умова реалізації змішаного навчання. — Інформаційні технології і засоби навчання, №4, 2019.

АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ПІДБОРУ КОМП'ЮТЕРНИХ КОМПЛЕКТУЮЧИХ

Анотація: У роботі подано архітектуру системи прийняття рішень для автоматизованого підбору комп'ютерних комплектуючих. Описано принципи її роботи, основні модулі та алгоритм пошуку оптимальної конфігурації за критеріями ціни, продуктивності й сумісності. Система поєднує базу даних, аналітичний і оптимізаційний модулі, забезпечуючи швидке формування ефективного набору компонентів відповідно до вимог користувача..

Ключові слова: система прийняття рішень; підбір комп'ютерних комплектуючих; критерії для користувача; оптимізація; цільова функція; механізми перевірки сумісності.

Вступ. Правильний підбір компонентів обчислювальної системи визначає її якість та продуктивність. Однак серед усього розмаїття існуючих компонентів на ринку зробити правильний вибір може бути не легко [1]. Ручний підбір часто займає багато часу та потребує спеціальних технічних знань. Це створює потребу у розробці інтелектуальної системи, яка автоматизує процес підбору компонентів, допомагаючи користувачеві швидко отримати оптимальну конфігурацію.

Система прийняття рішень для підбору комп'ютерних комплектуючих вирішує дану проблему, адже дозволяє користувачу автоматично сформувати оптимальну конфігурацію комп'ютера відповідно до заданих вимог. Її головна мета полягає в тому, щоб спростити процес вибору, забезпечивши при цьому технічну сумісність, ефективність та відповідність бюджету. Така система поєднує елементи бази знань, аналітичних модулів, алгоритмів оптимізації та зручного інтерфейсу, що разом створюють цілісну архітектуру для підтримки прийняття рішень.

Загальна архітектура. Архітектура системи побудована за модульним принципом. Такий підхід не лише спрощує зрозумілість коду, але й полегшує обслуговування та модифікацію, оскільки зміни в одній частині не впливають на інші [2]. У центрі знаходиться база даних комплектуючих, яка містить детальну інформацію про доступні компоненти: процесори, материнські плати, оперативну пам'ять, відеокарти, накопичувачі, блоки живлення та інші елементи. Для кожного компонента зберігаються технічні характеристики, ціна, рівень продуктивності, енергоспоживання та показники сумісності.

Взаємодія користувача із системою здійснюється через інтерфейс, що може бути реалізований у вигляді веб-застосунку. Саме тут користувач вводить вихідні параметри: призначення комп'ютера (ігровий, офісний, для дизайну чи програмування), доступний бюджет, бажані бренди чи рівень продуктивності. Далі система обробляє введені дані, звертаючись до бази, і запускає модуль перевірки сумісності, який виконує автоматичний аналіз усіх можливих комбінацій комплектуючих. Цей модуль відповідає за відсів несумісних рішень, наприклад, якщо процесор має інший сокет ніж материнська плата або якщо тип пам'яті не підтримується конкретною платформою [3].

Після цього активується аналітичний модуль, який виконує оцінку допустимих конфігурацій. Він враховує такі параметри, як продуктивність, ціна, енергоефективність і рейтинг надійності та інші критерії. У результаті формується набір можливих комбінацій, кожна з яких отримує певну інтегральну оцінку ефективності. На цьому етапі важливу роль відіграє модуль оптимізації, що визначає найкращу комбінацію комплектуючих відповідно до заданих критеріїв.

Алгоритм роботи. Загальна логіка роботи системи виглядає так. Спочатку користувач задає початкові умови, після чого система звертається до бази даних і фільтрує компоненти за введеними параметрами. Далі виконується перевірка сумісності, і з усіх допустимих варіантів формується безліч можливих конфігурацій. Кожна конфігурація оцінюється за сукупністю показників, після чого алгоритм оптимізації визначає ту, що має найвищий рівень ефективності. У фіналі користувач отримує список оптимальних варіантів, відсортованих за критеріями та важливістю критерія для користувача як, наприклад, "продуктивність", "портативність", "сумісність" чи іншими параметрами.

В основі процесу оптимізації може лежати генетичний алгоритм, який імітує природний добір. На початковому етапі створюється випадкова вибірка можливих конфігурацій комп'ютера. Для кожної з них обчислюється цільова функція, наприклад:

$$F = \alpha P_1 + \beta P_2 + \dots + \gamma P_n,$$

де P_i — критерії користувача, а коефіцієнти α, β, γ визначають вагу кожного з параметрів відповідно до пріоритетів користувача.

Висновок. У підсумку система видає користувачу результати у зрозумілому форматі — у вигляді таблиці або списку рекомендованих конфігурацій, супроводжених ціною, технічними показниками та узагальненим рейтингом. Користувач може переглянути кожен варіант, змінити критерії або повторно запустити оптимізацію з новими параметрами.

Таким чином, архітектура системи прийняття рішень для підбору комп'ютерних комплектуючих поєднує структуровану базу знань, логічні механізми перевірки сумісності та інтелектуальні алгоритми пошуку оптимального рішення. Вона забезпечує не лише автоматизацію процесу вибору, а й гнучкість, адаптивність і високу точність результатів. Завдяки цьому користувач отримує можливість швидко сформувати найбільш збалансований набір компонентів, який відповідає його потребам і бюджету, без потреби в глибоких технічних знаннях.

Список використаних джерел

1. GamingPC.com.ua, "Підбір комплектуючих для ігрового комп'ютера," GamingPC, 2025. [Online]. Available: <https://gamingpc.com.ua/blog/post/kak-podobrat-komplektuyushchie-dlya-igrovogo-pk?> . [Accessed: Nov. 18, 2025].
2. R. Dream, "Архітектура вебзастосунків 2024," Robot Dreams, 2024. [Online]. Available: <https://robotdreams.cc/uk/blog/567-arhitektura-vebzastosunkiv?> [Accessed: Nov. 18, 2025].
3. "Understanding the Interactions of Workloads and DRAM Types: A Comprehensive Experimental Study" by Saugata Ghose, Tianshi Li, Nastaran Hajinazar, Damla Senol Cali, Onur Mutlu. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/1902.07609>. [Accessed: Nov. 18, 2025].

УДК 004.77

ЩУПАК К.Р.,

ЛІЩИНСЬКА Л.Б.

Вінницький національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ АДАПТИВНОГО ЗВАЖУВАННЯ ЕВРИСТИКИ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПЕРЕПЛАНУВАННЯ АЛГОРИТМУ D* LITE

Анотація. Досліджено проблему високої затримки (latency) при переплануванні шляху в динамічних ігрових середовищах за допомогою інкрементального алгоритму D* Lite. Обґрунтовано, що стандартний D* Lite недостатньо швидко реагує на зміни в Real-Time системах. Запропоновано модифікацію D* Lite шляхом впровадження адаптивного зважування евристики $W > 1$ у функцію обчислення пріоритетного ключа. Це прискорює процес поширення нової інформації про перешкоди, забезпечуючи мінімальну затримку реакції (low latency) системи, що є критичним для реалістичної поведінки NPC.

Ключові слова: D* LITE, ДИНАМІКА, ПЕРЕПЛАНУВАННЯ, АДАПТИВНЕ ЗВАЖУВАННЯ, ЗАТРИМКА.

Abstract. The problem of high latency during path replanning in dynamic game environments using the incremental D* Lite algorithm is investigated. It is argued that standard D* Lite does not respond quickly enough to changes in real-time systems. A modification of D* Lite is proposed by introducing adaptive heuristic weighting $W > 1$ into the priority key calculation function. This accelerates the propagation of new obstacle information, ensuring minimal system response latency, which is critical for realistic NPC behavior.

Keywords: D* Lite, DYNAMICS, REPLANNING, ADAPTIVE WEIGHTING, LATENCY.

Вступ. Сучасні ігри часто моделюють динамічні середовища[1], де перешкоди (рухомі об'єкти, відкриті двері, руйновані стіни) постійно змінюють навігаційний граф. У таких умовах традиційний

алгоритм $A^*[2]$ є неефективним, оскільки вимагає повного перезапуску пошуку після кожної зміни. Інкрементальний алгоритм $D^* \text{ Lite}$ [3], розроблений для мобільної робототехніки, вирішує цю проблему, повторно використовуючи попередні обчислення. Однак, в умовах жорсткого Frame Budget [4], стандартний $D^* \text{ Lite}$ [3] може все ще демонструвати неприпустиму затримку (latency [5]) при відновленні шляху. Ця затримка спричиняє нереалістичне "зависання" NPC, порушуючи занурення гравця. Тому актуальною є проблема мінімізації latency $D^* \text{ Lite}$ [5] для забезпечення Real-Time реакції NPC.

Загальні відомості. Алгоритм $D^* \text{ Lite}$ [3] працює, підтримуючи узгодженість двох значень вартості для кожного вузла: фактичної вартості $g(n)$ та передбачуваної вартості $rhs(n)$. При зміні графу (наприклад, появі перешкоди) алгоритм поміщає неузгоджені вузли в чергу пріоритетів і виконує інкрементальні оновлення. Проблема полягає в тому, що у складних графах або при значній зміні вартості ребра, стандартний $D^* \text{ Lite}$ [3] змушений обробляти велику кількість вузлів у черзі, перш ніж знайде критичні вузли, необхідні для швидкого відновлення шляху. Це збільшує час обробки та latency [5], яку відчуває гравець. Вирішення цієї проблеми вимагає механізму, який би прискорював пріоритетне поширення інформації про зміну графу.

Методи та технології. Для мінімізації критичної затримки (latency [5]) алгоритму $D^* \text{ Lite}$ [3] та прискорення процесу перепланування в динамічних Real-Time середовищах[1] була розроблена та запропонована модифікація $\text{Weighted } D^* \text{ Lite}$, що інтегрує Адаптивне Зважування Евристики $W > 1$. Стандартний $D^* \text{ Lite}$, хоча й є інкрементальним, все ще може бути недостатньо швидким для ігрових застосувань, де час реакції має вимірюватися мілісекундами. Це пов'язано з тим, що його черга пріоритетів обробляє неузгоджені вузли, ґрунтуючись на ключі, який гарантує оптимальність, але не надає достатнього пріоритету "ближнім" до цілі вузлам, що уповільнює поширення нової інформації про перешкоди.

Модифікація вводить ваговий коефіцієнт $W > 1$ безпосередньо у функцію обчислення пріоритетного ключа $D^* \text{ Lite}$. У $D^* \text{ Lite}$ [3] кожен вузол має ключ $K(u)$, який складається з двох компонентів. Зважування застосовується до евристичної складової цього ключа. Це змушує алгоритм надавати вищий пріоритет обробці вузлів, які знаходяться ближче до цілі за зваженою евристикою, порівняно з вузлами, що знаходяться далі. Такий підхід створює "упередження" у черзі пріоритетів, яке значно прискорює "витягування" найактуальніших вузлів, необхідних для відновлення шляху.

Ключовим ефектом застосування $\text{Weighted } D^* \text{ Lite}$ є скорочення часу, необхідного для відновлення коректного шляху після локальних змін, що прямо зменшує затримку (latency [5]) перепланування. Це забезпечує більш реалістичну та плавну поведінку NPC у динаміці, оскільки вони реагують на нові перешкоди миттєво, а не з відчутною затримкою. Наукова цінність полягає в експериментальному підтвердженні того, що це прискорення є достатнім для дотримання жорстких вимог Frame Budget [4], навіть якщо це призводить до знаходження квазіоптимального, а не абсолютно оптимального шляху, що є прийнятним компромісом у Real-Time геймдизайні.

Висновки. Проведене дослідження підтверджує, що для забезпечення Real-Time продуктивності в динамічних ігрових середовищах[1] необхідні модифікації, які підвищують швидкість реакції системи. Застосування адаптивного зважування евристики W до $D^* \text{ Lite}$ є ефективним інструментом для підвищення швидкості перепланування, мінімізуючи затримку, що є пріоритетом у динамічному геймдизайні. Перспективи подальших розвідок включають дослідження гібридних підходів, де $\text{Weighted } D^* \text{ Lite}$ використовується для динамічного перепланування, а $\text{Jump Point Search (JPS)}$ — для швидкого глобального пошуку в статичних сегментах карти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Millington I., Funge J. Artificial Intelligence for Games. 3rd ed. CRC Press, 2018. 846 p.
2. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Pearson, 2021..
3. Sarkar S., Saha S. An Improved D Lite Algorithm for Real-Time Path Planning in Dynamic Environments. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2016.

4. Gregory J. Game Engine Architecture. 4th ed. CRC Press, 2023.
5. Henderson T. Latency and Network Performance in Real-Time Systems. Morgan & Claypool, 2020.

УДК 004.77

ЩУПАК К.Р.,

ЛІЩИНСЬКА Л.Б.

Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАМ'ЯТІ ТА ШВИДКОДІЇ АЛГОРИТМУ A* У ВЕЛИКОМАСШТАБНОМУ ГЕЙМДИЗАЙНІ

Анотація. Досліджено проблему надмірного споживання оперативної пам'яті (RAM) та часу виконання (CPU) алгоритмом A* у великомасштабних ігрових середовищах. Запропоновано дві ресурсоощадні модифікації: метод Адаптивного Зважування Евристики $W > 1$ для звуження пошуку та алгоритм Jump Point Search (JPS) для мінімізації кількості оброблених вузлів. Обґрунтовано, що ці підходи є критичними для дотримання Real-Time бюджету та вирішення проблеми Wide Search.

Ключові слова: A*, JPS, АДАПТИВНЕ ЗВАЖУВАННЯ, РАМ-ОПТИМІЗАЦІЯ, ЕВРИСТИКА.

Abstract. The problem of excessive RAM consumption and execution time (CPU) by the A* algorithm in large-scale game environments is investigated. Two resource-efficient modifications are proposed: the Adaptive Heuristic Weighting method $W > 1$ for narrowing the search and the Jump Point Search (JPS) algorithm for minimizing the number of processed nodes. It is substantiated that these approaches are critical for meeting Real-Time budget constraints and addressing the Wide Search problem.

Keywords: A*, JPS, ADAPTIVE WEIGHTING, RAM OPTIMIZATION, HEURISTIC.

Вступ. Ефективна та ресурсоощадна навігація є фундаментальним викликом для штучного інтелекту в сучасних Real-Time іграх, що моделюють великомасштабні відкриті світи. Стандартний алгоритм пошуку шляху A*[1] залишається галузевим стандартом завдяки його гарантованій оптимальності (при $W=1$), проте в умовах великих графів він стає надмірно ресурсоемним. Проблема полягає у тому, що обчислювальний бюджет одного кадру (Frame Budget) є вкрай обмеженим (близько 16.6 мс для 60 FPS), і великі черги пріоритетів A* призводять до перевищення цього бюджету та до критичного споживання оперативної пам'яті[2]. Це викликає падіння частоти кадрів (FPS) та мікрозатримки (latency spikes), що погіршує ігровий досвід. Таким чином, актуальною є проблема впровадження методів, які можуть радикально зменшити обсяг оброблюваних даних A*.

Загальні відомості. Алгоритм A*[1] демонструє неефективність переважно у двох аспектах:

1. Wide Search у відкритих просторах: У великих областях з малою кількістю перешкод A* розширює пошук майже рівномірно (подібно до алгоритму Дейкстри), оскільки евристика $h(n)$ не може ефективно звужити зону пошуку. Це призводить до надмірної обробки мільйонів вузлів, які лежать далеко від оптимального шляху.
2. Надмірне споживання RAM[2]: Необхідність зберігати всі ці оброблені вузли у Open List та Closed List (для уникнення повторної обробки) призводить до виснаження пам'ятного бюджету. Велика черга пріоритетів є повільною у сортуванні та керуванні, що є головним джерелом навантаження на CPU[3].

Вирішення цих проблем вимагає переходу від ідеї абсолютної оптимальності до ідеї ресурсоефективної квазіоптимальності.

Методи та технології. Для досягнення поставленої мети — підвищення швидкодії та зменшення споживання пам'яті — було розроблено та досліджено дві ключові ресурсоощадні технології, які прямо вирішують проблему надмірного використання ресурсів стандартним алгоритмом A*.

Метод Адаптивного Зважування Евристики[4] W є модифікацією класичного алгоритму A^* , спрямованою на свідоме звуження простору пошуку для досягнення критичного прискорення. Принцип модифікації полягає у введенні вагового коефіцієнта $W > 1$ у функцію оцінки: $f(n) = g(n) + W * h(n)$. У стандартному A^* коефіцієнт W дорівнює одиниці, що гарантує знаходження абсолютно оптимального шляху. Однак, у великомасштабних ігрових середовищах ця гарантія призводить до проблеми Wide Search, де алгоритм витрачає надмірні ресурси CPU[3] на обробку вузлів, які знаходяться далеко від цілі, але мають низький пріоритет.

Збільшення коефіцієнта W (наприклад, до $W=1.5$ або $W=2$) надає більшого пріоритету евристичній складовій $h(n)$ (оцінці відстані до цілі), що змушує алгоритм різко звужувати пошук (Heuristic Search Bias) у напрямку, визначеному евристикою. Це призводить до значного скорочення кількості вузлів, які потрапляють у Open List та, відповідно, обробляються CPU[3]. Зменшення розміру Open List також прямо впливає на економію пам'яті. Наукова цінність цього напрямку полягає у проведенні експериментального аналізу компромісу: необхідно визначити поріг, наскільки можна збільшити W для досягнення максимального прискорення та економії пам'яті, не допускаючи неприйнятної відхилення від оптимального шляху, що критично для забезпечення реалістичної поведінки NPC.

Алгоритм Jump Point Search (JPS[5]) є іншим, більш радикальним, стрибковим методом для сіткових карт, який розроблений спеціально для вирішення проблеми Wide Search та мінімізації вимог до RAM[1]. JPS використовує геометричні та топологічні правила "стрибків" (Pruning Rules), що дозволяють алгоритму ігнорувати усі проміжні вузли в однорідних областях. Замість обробки кожного проміжного вузла, JPS обробляє лише стрибкові точки (Jump Points) — вузли, з яких можна побачити нову перешкоду або кут, що вимагає зміни напрямку.

Завдяки механізму Pruning JPS забезпечує радикальне зменшення кількості оброблених вузлів $V_{обр}$, що є найбільш ефективним способом мінімізації вимог до RAM[1] у великомасштабних сіткових картах. Однак, ця технологія має внутрішній компроміс: хоча JPS забезпечує відмінну економію пам'яті, його внутрішня логіка перевірки правил стрибка та визначення форсованих сусідів є складнішою, що збільшує витрати CPU[3] на кожну ітерацію порівняно з A^* . У дослідженні верифікується поріг ефективності JPS — критичний розмір карти, за яким економія пам'яті, досягнута JPS, переважає підвищені витрати CPU[3] на складні логічні операції.

Висновки. Проведене дослідження підтверджує, що для досягнення Real-Time продуктивності у великомасштабних ігрових середовищах необхідно свідомо відмовлятися від абсолютної оптимальності на користь ресурсоефективності. Запропоновані модифікації (Weighted A^* [4] та JPS[5]) дозволяють мінімізувати навантаження на CPU[3] та RAM[2], що є критичним для дотримання Frame Budget.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Pearson, 2021. 1160 p.
2. Patterson D., Hennessy J. Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface. 6th ed. Morgan Kaufmann, 2021. 720 p.
3. A Pathfinding Algorithm – Overview. Computer Science Bytes, 2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.computersciencebytes.com/array-variables/graphs/the-a-pathfinding-algorithm>.
4. Ipan Diana, Herdiana B. Analysis of the Use of Different Heuristic Weights in the Weighted A^* Algorithm. Telekomtran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan, Vol. 9, No. 1, 2021.
5. Harabor D., Grastien A., Öz D., Aksakalli V. Optimal Pathfinding with Jump Point Search // Proceedings of the International Conference on Automated Planning and Scheduling (ICAPS). – 2016. – P. 128–136.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЕРЕВІРКИ ПРОГРАМНОГО КОДУ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Анотація: в роботі розглянуто автоматизацію перевірки програмного коду у навчальному процесі як засіб підвищення ефективності ІТ-освіти. Показано, що поєднання статичного аналізу, динамічного тестування, перевірки на плагіат та ШІ-рекомендацій дозволяє знизити навантаження викладача та зберегти об'єктивність оцінювання. Запропоновано модульну систему з підтримкою готових інструментів і власних модулів, що гарантуватиме гнучкість, масштабованість і простоту розширення, а також централізоване збереження результатів у MongoDB, що спростить адміністрування та вирішить питання хостингу. Описано архітектурні принципи системи на основі MVC та шаблону Strategy для організації перевірок і можливості їх паралельного виконання.

Ключові слова: ІТ-освіта, автоматизація перевірки коду, архітектура системи, статичний аналіз, динамічне тестування, виявлення плагіату, ШІ-рекомендації.

Вступ. Автоматизація перевірки програмного коду є одним із ключових напрямів підвищення ефективності навчального процесу в ІТ-освіті. Вона реалізує виконання комплексного набору рутинних завдань, які зазвичай виконує викладач для кожного студента: аналіз коду на стиль і чистоту, тестування на основі різних вхідних даних, перевірка на схожість з уже зданими роботами, а також додатковий аналіз логіки та структури коду для виявлення можливих покращень [1].

Перевірка коду у навчальному процесі включає три типи: ручну, частково автоматизовану та повністю автоматизовану. Повна автоматизація дає можливість значно скоротити час на перевірку, мінімізувати людські помилки та стандартизувати оцінювання [2].

Кожен з методів має свої переваги та недоліки (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняння перевірок різного ступеня автоматизованості

Характеристика	Ступінь автоматизованості		
	Відсутня	Часткова	Повна
Часові витрати	Високі	Середні	Низькі
Людський ресурс	Високі	Середні	Низькі
Ймовірність помилок	Середня	Середня	Середня
Гнучкість оцінювання	Висока	Середня	Середня

Головним чинником для підвищення якості навчання вбачається створення для викладача можливості економити власний час та витратити його на більш необхідні у навчальному процесі напрямки.

Постановка задачі. Збільшення кількості студентів і ускладнення критеріїв оцінювання призводить до зростання трудомісткості перевірок. Необхідно підвищити продуктивність процесу перевірки студентських робіт та зменшити навантаження на викладача за рахунок розробки нової системи автоматизації. Система також має забезпечити як збереження об'єктивності перевірки, так і хорошу масштабованість для подальшого розширення функціональних можливостей.

Перелік вирішених завдань. Запропоновано комплекс рішень, спрямованих на підвищення ефективності перевірки студентських програмних робіт. Основна мета проектування – створення гнучкої системи, здатної автоматично аналізувати, тестувати та надавати попередню оцінку коду за різними критеріями.

Для досягнення цієї мети реалізовано такі рішення:

- інтеграція різних типів перевірок (статичного аналізу, динамічного тестування, виявлення плагіату, генерації рекомендацій за допомогою ШІ) для комплексної оцінки рішення;
- розбиття перевірок на декілька потоків для зменшення загального часу перевірки;

- поділ системи на логічні модулі для спрощення структури;
- побудова простого інтерфейсу, щоб не перенавантажувати процес розробки та використання;
- використання рекомендованих шаблонів проектування та можливостей обраної мови програмування для спрощення розширення проекрованої системи у майбутньому;
- використання готових інструментів (JPlag [3], Judge0 [4], Gemini [5]) для швидкої побудови системи та доповнення їх власними модулями та надбудовами, що враховують специфіку навчальних дисциплін;
- організація збереження результатів у NoSQL-базі даних (MongoDB [6]) з передбаченими інструментами хостингу для централізованого доступу до результатів перевірки та спрощення адміністрування.

Виклад суті дослідження. Розроблювана система автоматизації перевірки програмного коду передбачає побудову багаторівневої архітектури, орієнтованої на модульність, масштабованість та мінімізацію участі викладача у рутинних операціях. Загальна ідея полягає в тому, що перевірка студентських робіт виконується як набір взаємодоповнюючих модулів (статичний аналіз, динамічне тестування, виявлення плагіату та генерація рекомендацій), які запускаються паралельно та синхронізуються після завершення виконання.

Технологічний стек розробки. Для реалізації системи автоматизації перевірки програмного коду потрібно використати сучасний стек технологій, що забезпечить масштабованість, модульність та продуктивність при обробці великої кількості студентських робіт. До складу інструментарію входять:

- Java 22 (забезпечує підтримку сучасних функціональних можливостей);
- Spring Framework (відповідає за інверсію залежностей, автоматичне керування компонентами, доступ до бази даних та можливість побудови MVC-архітектури) [7];
- JavaFX (дозволяє створити простий графічний інтерфейс) [8];
- Maven (спрощує підключення зовнішніх бібліотек) [9];
- OkHttp3 (забезпечує взаємодію з API сервісами окремих модулів) [10];
- java-dotenv (забезпечує керування конфіденційними змінними середовища через зовнішні .env-файли – API-ключі, токени доступу) [11];
- org.json (дозволяє оброблювати JSON-структури, що використовуються для отримання та передавання результатів перевірки між сервісами та компонентами системи) [12];
- MongoDB та Spring Data MongoDB (дозволяє зберігати результати перевірок, гнучко працювати з напівструктурованими даними, а також спрощує адміністрування бази через хмарні сервіси).

Архітектурні принципи системи. Архітектура системи має бути побудована відповідно до принципів інверсії залежностей та використання інтерфейсно-орієнтованого програмування. А в основі механізму автоматизованої перевірки застосовано шаблон Strategy, тобто всі види перевірок реалізовано як окремі стратегії, що імплементують узагальнений інтерфейс IChecker (StaticAnalyzerChecker, DynamicTestChecker, PlagiarismChecker, AIRecommender), інкапсулюють власні алгоритми аналізу та можуть підключатися/вимикатися без зміни бізнес-логіки системи.

Загальна структура застосунку організована за архітектурним підходом MVC, де модель відповідає за основну бізнес-логіку, контролер – за зв'язок між інтерфейсом та бізнес-логікою, а представлення – за взаємодію користувача з системою.

Механізм автоматичного виявлення реалізацій інтерфейсів забезпечиться інструментами Spring Framework, що усуне необхідність ручного переліку модулів у коді та потенційно зменшить ймовірність помилок та необхідних маніпуляцій при масштабуванні.

Усі клієнти API (для статичного аналізу, тестування, плагіату та III-рекомендацій) реалізовано у вигляді окремих singleton-бінів. Це забезпечить контроль над використанням пам'яті та мережевих ресурсів, а також запобігатиме створенню зайвих екземплярів клієнтів при масових перевірках. Налаштування цих клієнтів, зокрема керування конфіденційними ключами доступу, здійснюватиметься через зовнішні .env-файли, що не потрапляють у систему контролю версій.

Контроль версій реалізовуватиметься через Git із поділом на основну гілку (main) та гілку розробки (dev), що забезпечить стабільність релізів та безпечне тестування нових функцій, а сама система створюватиметься з використанням Maven для швидкого підключення залежностей.

Для об'єктів, що зберігатимуться у базі даних, використано анотацію `@Document`, що забезпечить коректну інтеграцію зі сховищем MongoDB без великої кількості коду та надбудов для класу. Також для простих класів зберігання без додаткової логіки можна використати можливості нової версії Java – `record` записи.

Бізнес-логіка системи групуватиметься у декількох основних пакетах:

- `api` – реалізація клієнтів зовнішніх сервісів (JPlag для виявлення плагіату, Judge0 для динамічного тестування, Gemini для аналізу логіки коду зі штучним інтелектом);
- `boundaries` – вхідні точки застосунку для ініціалізації перевірок;
- `control` – управління завданнями та звітами;
- `control.checker` – інтерфейс IChecker та реалізації стратегій перевірок;
- `control.report` – формування звітів про результати аналізу;
- `entities` – моделі даних Assignment та StudentWork;
- `repository` – доступ до MongoDB за допомогою Spring Data.

Зберігання та обробка даних. Вибір MongoDB як основної бази даних зумовлений необхідністю зберігати неоднорідні та різнорозмірні звіти перевірок. На відміну від реляційних СУБД, структура документів MongoDB дозволяє гнучко розширювати схему зберігання без необхідності змінювати структуру таблиць. Хмарний хостинг кластерів MongoDB Atlas також спрощує адміністрування та надалі відкриває можливість для перегляду отриманих результатів на інших пристроях.

Організація виконання перевірок. Важливим елементом методу автоматизації є паралельний запуск модулів перевірок. Усі перевірки виконуватимуться у окремих незалежних потоках. Потоки працюватимуть за принципом `future-execution`: кожен модуль повертатиме результат по завершенні, а головний менеджер (WorkManager) синхронізуватиме їх та формуватиме комплексний підсумковий звіт. Якщо перевірка глобальна (наприклад, виявлення плагіату), вона виконуватиметься лише один раз для всього набору робіт, що виключить дублювання обчислень.

Інтерфейс користувача та взаємодія з системою. Для побудови інтерфейсу буде використано JavaFX із застосуванням StackPane для організації багатовіконної структури. Це забезпечить зручне перемикання між основними екранами системи шляхом зміни активного рівня, без складних надбудов або додаткових контролерів. Компонування елементів виконуватиметься через вертикальні та горизонтальні контейнерні блоки, що зробить інтерфейс більш придатним до розширення та адаптації.

Також у майбутньому є можливість перенести систему на вебплатформу без зміни бізнес-логіки завдяки заміні графічного інтерфейсу через Spring-контролери.

Висновки. Автоматизація перевірки програмного коду знижує часові витрати викладача, забезпечує об'єктивність оцінювання, а також робить навчальний процес ефективнішим.

Розроблена архітектура, з використанням MVC, шаблону Strategy та описаному стеку, забезпечить масштабованість, гнучкість та легкість розширення функціоналу. А інтеграція готових інструментів із власними модулями, паралельне виконання перевірок та зберігання результатів у MongoDB оптимізують роботу з великими обсягами студентських робіт.

Перспективи подальшого розвитку системи включають впровадження інтелектуальних алгоритмів аналізу коду, інтеграцію з LMS, розвиток вебінтерфейсу, аналітики результатів та генерацію рекомендацій студентам для підвищення якості навчання.

Список використаних джерел

- [1] «Автоматизація тестування програмного забезпечення – історія, переваги, труднощі та інше!» Zaptest. [Online]. Available: <https://www.zaptest.com/uk/повний-посібник-з-автоматизації-тест>. [Accessed: Oct. 22, 2025].
- [2] «Тестування програмного забезпечення: Етапи та методи.» FoxmindEd. [Online]. Available: <https://foxminded.ua/testuvannia-prohramnoho-zabezpechennia>. [Accessed: Oct. 22, 2025].
- [3] «JPlag.» Helmholtz Research Software Directory. [Online]. Available: <https://helmholtz.software/software/jplag>. [Accessed: Oct. 22, 2025].
- [4] «Judge0 - code execution made simple for every business.» Judge0. [Online]. Available: <https://judge0.com>. [Accessed: Oct. 22, 2025].
- [5] «Gemini models - gemini API - google AI for developers.» Google AI for Developers. [Online]. Available: <https://ai.google.dev/gemini-api/docs/models>. [Accessed: Oct. 26, 2025].
- [6] «MongoDB: The world's leading modern database.» MongoDB. [Online]. Available: <https://www.mongodb.com>. [Accessed: Oct. 28, 2025].

- [7] «Spring framework.» Spring Framework. [Online]. Available: <https://spring.io/projects/spring-framework>. [Accessed: Oct. 28, 2025].
- [8] «Getting Started with JavaFX.» JavaFX. [Online]. Available: <https://openjfx.io/openjfx-docs>. [Accessed: Nov. 15, 2025].
- [9] «Maven Repository: Search/Browse/Explore.» Maven Repository. [Online]. Available: <https://mvnrepository.com>. [Accessed: Nov. 15, 2025].
- [10] «Overview - OkHttp.» Square Open Source. [Online]. Available: <https://square.github.io/okhttp>. [Accessed: Nov. 15, 2025].
- [11] «dotenv and relative paths.» DEV Community. [Online]. Available: <https://dev.to/eriesgo/dotenv-and-relative-paths-fp2>. [Accessed: Nov. 17, 2025].
- [12] «Introduction to org.json - Studytonight.» Studytonight. [Online]. Available: <https://www.studytonight.com/java-examples/introduction-to-orgjson>. [Accessed: Nov. 17, 2025].

ЯНАКАЄВ А. А.,
СЕРДЮК Н. М.,
ХНУРЕ,

ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПЕРЕДПРОЦЕСІНГУ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ СИСТЕМ СИМУЛЯЦІЇ ЗОРУ

Анотація: у роботі розглянуто підхід до покращення підготовки зображень для систем кортикальної стимуляції осіб із порушенням зору. Запропоновано використання бібліотеки ImageAI для автоматичного виявлення об'єктів і зменшення інформаційного шуму порівняно з традиційними методами OpenCV. Інтеграція алгоритмів комп'ютерного зору та машинного навчання забезпечує підвищення структурованості та контрастності фосфеного зображення.

Ключові слова: кортикальна стимуляція, фосфени, система симуляції, обробка зображень, комп'ютерний зір, OpenCV, машинне навчання, ImageAI, RetinaNet, YOLO.

Сучасне суспільство характеризується високою насиченістю візуальною інформацією, що ускладнює її доступність для людей із порушеннями зору. Незважаючи на наявність різноманітних технологічних рішень, існуючі підходи часто обмежуються передачею фрагментарної інформації, що не дозволяє повноцінно відтворити просторову структуру сцени та взаєморозташування об'єктів. Однією з перспективних технологій є кортикальні імпланти, що стимулюють зорову кору головного мозку, формуючи фосфени – спалахи світла, що імітують зорове сприйняття [1].

Проте ефективність подібних систем суттєво обмежується якістю підготовки вхідних зображень: при обробці «складних» фото або відео, що містять цифровий шум або не мають явно визначених об'єктів, традиційні алгоритми виділення контурів не забезпечують однозначного відтворення образів. У результаті формовані фосфени перетворюються на «кашу», що унеможливує розпізнавання об'єктів сцени та орієнтацію у просторі.

Дослідження зосереджено на Python-проєкті з графічним інтерфейсом користувача (GUI), що застосовує бібліотеку OpenCV для виявлення контурів зображень із можливістю їхньої інтерактивної корекції в спеціалізованому UI-вікні. Цільовою групою є особи з повною втратою зору – потенційні реципієнти кортикальних імплантів, що сприймають візуальну інформацію у вигляді фосфенів. Ключова проблема полягає в обмеженій інформативності контурного представлення складних статичних і динамічних зображень, що знижує ефективність передачі візуальних даних шляхом електростимуляції зорової кори.

Тому для підвищення точності сприйняття запропоновано інтегрувати методи машинного навчання з існуючими алгоритмами обробки зображень. Використання бібліотеки ImageAI дозволяє реалізувати автоматичне детектування об'єктів на сцені та отримувати координати їхнього розташування [2]. Це відкриває нові можливості для відокремлення ключових об'єктів від фону та шуму, що є критичним для створення більш інформативних «фосфених» зображень.

Виявлення об'єктів із ImageAI базується на попередньо натренованих моделях глибокого навчання (наприклад, RetinaNet та YOLO), що здатні розпізнавати десятки класів об'єктів і визначати ймовірність їхньої присутності на зображенні [2]. Обидві архітектури належать до категорії одноетапних (one-stage) детекторів, що

виконують локалізацію та класифікацію об'єктів одночасно, забезпечуючи високу швидкість порівняно з двоетапними методами, такими як Faster R-CNN. До їхньої методологічної основи належать два ключові підходи, що визначають ефективність сучасних систем об'єктного розпізнавання:

1. Focal Loss – фоновий фільтр, який компенсує дисбаланс між великою кількістю фонових та малою кількістю об'єктного контенту, зосереджуючи навчання моделі на складних прикладах.
2. Feature Pyramid Network (FPN) – багаторівнева структура ознак, що забезпечує детекцію об'єктів різного масштабу та покращує стабільність розпізнавання як дрібних, так і великих елементів сцени.

Завдяки поєднанню цих принципів моделі забезпечують оптимальний баланс між точністю і швидкістю, що робить їх ефективними для інтеграції у системи обробки зображень і відео в реальному часі, зокрема – у завданнях попередньої обробки даних для кортикальної візуальної стимуляції. Таким чином, їх використання дозволяє суттєво зменшити інформаційний шум і підвищити контрастність ключових об'єктів у фосфенному зображенні, що є критично важливим для користувачів із обмеженим зоровим сприйняттям.

У результаті навіть «складні» фото- та відеоматеріали, що раніше були непридатні для безпосереднього відтворення через кортикальний імплант, зможуть набути більшої структурованості та зрозумілості, сприяючи покращенню просторової орієнтації та загальної якості сприйняття візуальної інформації.

Висновки дослідження свідчать про перспективність інтеграції алгоритмів комп'ютерного зору та машинного навчання для покращення систем кортикальної стимуляції. Подальші напрями розвитку включають:

- використання сучасніших моделей об'єктного детектування, що забезпечують вищу швидкість та точність;
- розробку адаптивного відбору об'єктів для передачі користувачу залежно від контексту сцени.

Отже, запропоноване рішення поєднує традиційні алгоритми виділення контурів із передовими методами об'єктного детектування, що дозволяє створювати більш зрозумілі та інформативні «фосфенні» зображення, покращуючи якість життя людей із порушенням зору та відкриваючи нові перспективи для розвитку нейротехнологій.

Список використаних джерел

1. Янакаєв А. А., Єрошенко О. А. Система симуляції зору. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління* : тези доп. учасників XV Міжнар. наук.-техн. конф., м. Баку–Харків–Жиліна, 24–25 квіт. 2025 р. Харків : Impress, 2025. Т. 2. С. 11. DOI: <https://doi.org/10.32620/ICT.25.t2>.
2. Olafenwa Moses. Official English Documentation for ImageAI. *ImageAI 3.0.2 documentation*. URL: <https://imageai.readthedocs.io/en/latest/>.

УДК: 378.147

ЯУЖЕВА Олена,

молодший науковий співробітник

Національний університет цивільного захисту України

НЕДОЛІКИ ТА ПЕРЕВАГИ ОНЛАЙН ФОРМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ: АНАЛІЗ ПЕДАГОГІЧНОГО ДОСВІДУ

Дистанційне навчання є однією з найбільш важливих інновацій в освіті останніх десятиліть, особливо в умовах пандемії та глобалізації доступу до знань. Цей формат навчання є ефективним інструментом для покращення доступу до освіти, забезпечення гнучкості для студентів і викладачів, а також оптимізації навчального процесу за допомогою технологій.

Основна перевага дистанційного навчання є значна економія часу для учасників процесу – викладачів та студентів. У звичайному контексті необхідність відвідувати навчальний заклад чи аудиторію є додатковим джерелом стресу та займає багато часу, особливо для студентів, які часто переїжджають між різними університетськими корпусами або мають інші обов'язки поза навчанням. У дистанційному форматі цей час може бути спрямований на активне навчання та взаємодію з викладачем і одногрупниками, що збільшує продуктивність навчання.

З іншого боку, відсутність потреби в фізичній присутності в аудиторії також дає можливість студентам обирати зручний час для занять, що може сприяти кращому поєднанню навчання з іншими аспектами життя.

Проте цей аспект вимагає певної дисципліни та організованості, адже відсутність зовнішнього контролю з боку викладача може призвести до затримок у виконанні завдань або невиконання вимог.

Дистанційне навчання позбавляє від традиційних обмежень аудиторного фонду, що є важливою перевагою, особливо для великих груп студентів. У разі, коли одну дисципліну викладають для всіх студентів курсу одночасно, може виникнути проблема з доступом до фізичних аудиторій або класів, особливо якщо в навчальному закладі є обмежена кількість приміщень. В умовах дистанційного навчання проблема відсутності місця для проведення занять є неактуальною, оскільки всі заняття проходять в онлайн-середовищі.

Це дозволяє викладачам зосередитися на змісті курсу, а не на логістичних питаннях організації навчального процесу. Студенти можуть брати участь у заняттях без зайвих труднощів, що створює додаткові зручності та сприяє гнучкості навчального процесу.

Важливою складовою дистанційного навчання є використання різноманітних онлайн-платформ і ресурсів для організації та підтримки навчального процесу. У випадку викладання іноземних мов це можуть бути платформи: **Google Classroom, Quizlet, Multiapps**, які забезпечують не лише доступ до матеріалів, але й комунікацію між студентами та викладачами, а також можливість спільної роботи над завданнями.

Ці платформи дозволяють організувати навчальний процес так, щоб учасники могли легко здійснювати обмін інформацією, працювати над індивідуальними та груповими завданнями, проводити відеоконференції для обговорення лекцій або практичних завдань. Викладачі можуть використовувати різноманітні ресурси для створення інтерактивних вправ, мовних тестів і завдань, що забезпечує високий рівень залученості студентів.

Незважаючи на численні переваги, дистанційне навчання має й певні недоліки, особливо у контексті навчання іноземних мов у немовних ЗВО.

Відсутність живого спілкування: одним із основних недоліків є відсутність живого спілкування, яке є важливим аспектом вивчення іноземної мови. Комунікація в реальному часі дозволяє студентам вдосконалювати навички розмовної мови, отримувати безпосередній зворотний зв'язок від викладача і практикувати живе спілкування з одногрупниками. Онлайн-формат не завжди дає таку можливість, що може обмежувати практичне застосування мови.

Мотивація та самодисципліна: дистанційне навчання вимагає від студентів високого рівня самодисципліни і мотивації, оскільки відсутність безпосереднього контролю з боку викладача може призвести до того, що студенти не будуть достатньо активно виконувати завдання або відкладатимуть навчання на потім. Це особливо актуально для студентів, які не мають достатнього досвіду самостійного навчання.

Технічні проблеми: наявність стабільного інтернет-з'єднання є обов'язковою умовою для успішного проходження дистанційного курсу. Проблеми з доступом до інтернету або з технічними ресурсами можуть створювати значні труднощі для студентів, які не мають відповідного обладнання [4, с. 118].

Шляхи вдосконалення дистанційного навчання іноземних мов

Для забезпечення ефективності дистанційного навчання іноземних мов у немовних ЗВО важливо:

- **використовувати різноманітні інтерактивні ресурси:** викладачі мають активно застосовувати різні платформи для створення інтерактивних вправ, відео та аудіоуроків, що допомагають студентам практикувати мову в різних ситуаціях;
- **організувати онлайн-групові заняття та дискусії:** для збереження комунікативного аспекту вивчення мови важливо організовувати онлайн-дискусії, семінари або групові заняття, де студенти можуть спілкуватися один з одним і вдосконалювати навички мовного спілкування;
- **забезпечити індивідуальний підхід до кожного студента:** важливо враховувати індивідуальні потреби кожного студента, його рівень володіння мовою та особливості навчального процесу, щоб забезпечити ефективне навчання.

Дистанційне навчання іноземних мов у немовних ЗВО має багато переваг, таких як економія часу, зручність доступу до ресурсів, а також гнучкість у навчанні. Проте, є й певні виклики, зокрема відсутність практичного спілкування та потреба в самодисципліні. Застосування інноваційних онлайн-платформ, забезпечення інтерактивності навчання та індивідуальний підхід до студентів можуть значно підвищити ефективність дистанційного навчання іноземних мов в таких закладах.

Запровадження дистанційного навчання у закладах вищої освіти (ЗВО) України у березні 2020 року було значним викликом і водночас шансом для реформування освітньої системи. Це є необхідністю у зв'язку з пандемією COVID-19 та воєнним станом, коли університети та інші навчальні заклади були змушені перейти на

онлайн-формат, щоб забезпечити безперервність навчального процесу. Дистанційне навчання відкриває нові можливості для студентів та викладачів, але також ставить перед ними низку проблем, які потребують вирішення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Карташова Л. А., Гуржій А. М., Шеремет Т. І., Плїш І. В. Цифрова адженда освіти України: основні аспекти. Сучасні досягнення в науці та освіті : зб. пр. XV Міжнар. наук. конф., 16–23 верес. 2020 р., м. Нетанія (Ізраїль). Хмельницький : ХНУ, 2020. С. 46–51.
2. Кіндратець О. Проблеми цифрової трансформації освіти. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Освіта як чинник формування креативних компетентностей в умовах цифрового суспільства». 2019. С. 59-60.
3. Наказ МОН України «Про затвердження Типової програми підвищення кваліфікації педагогічних компетентності». 2021. працівників з розвитку цифрової URL: <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennyatipovoyi-programi-pidvishennya-kvalifikaciyi-pedagogichnih-pracivnikiv-z-rozvitkucifrovoyi-kompetentnosti> (дата звернення: 14.05.2022).
4. Колеснікова І. В. Цифровізація освітнього процесу в закладі післядипломної педагогічної освіти. Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. 2020. Випуск 78. С. 117–120.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, власних імен та інших відомостей. Матеріали відтворюються зі збереженням змісту, орфографії та синтаксису текстів, наданих авторами

**ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ:
СТВОРЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ, ДОСТУП ТА УПРАВЛІННЯ**

Збірник матеріалів
Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції
20-21 листопада 2025 р.

Редактор С.А.Пойда, М.С. Ніколаєнко
Комп'ютерне верстання С.А.Пойда, М.С. Ніколаєнко

Підписано до друку 07.11.2025 Гарнітура Times New Roman
Формат 60х84/16 Папір офсетний
Друк цифровий Ум. друк. арк. 24,4
Тираж 300 пр. Зам. № 1/25

Видавництво НІКО
м.Суми, вул.Харківська, 54
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи України
серія СМв № 044
від 15.10.2012
Е-mail: ms.niko@i.ua
Телефон для замовлень: +38(066) 270-64-68