

Вінницький національний технічний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ВОЙЦЕХОВСЬКА ОЛЬГА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 378:62:303.732(043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ РЕФОРМУВАННЯ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ
ОСВІТИ ЗА ІДЕОЛОГІЄЮ ДУАЛЬНОСТІ

Спеціальність 124 – «Системний аналіз»
Галузь знань 12 – «Інформаційні технології»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ О. О. Войцеховська

Науковий керівник: Мокін Борис Іванович,
академік НАПН України, заслужений діяч науки і техніки
України, доктор технічних наук, професор

Вінниця – 2022

АНОТАЦІЯ

Войцеховська О.О. Системний аналіз процесу реформування вищої технічної освіти за ідеологією дуальності. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 124 – «Системний аналіз» галузь знань 12 – «Інформаційні технології». – Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2022.

В дисертаційній роботі розв’язана наукова задача зі створення методів синтезу та ідентифікації математичної моделі процесів, що протікають в підсистемах, що входять до структури технічного університету, та їх адаптація до процесу реформування вищої технічної освіти за ідеологією дуальності, а також здійснено системний аналіз процесів оцінки стану та реформування вищої технічної освіти з використанням запропонованих критеріїв і синтезованих математичних моделей. Запропоновано підхід до системного планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту багатокритеріальної оптимізації, який дозволяє в процесі реалізації синтезованого плану здійснювати його адаптацію в разі досягнення певних проміжних цілей.

В результаті дисертаційного дослідження отримані такі результати.

У дисертації здійснено аналіз наукових праць, опублікованих за темою дисертації, і показано, що автори наукових праць в своїх роботах приділяли увагу або дослідженню шляхів фінансового забезпечення закладу вищої освіти (ЗВО), або стимулюванню професорсько-викладацького складу ЗВО до підвищення свого наукового рівня, або моделюванню процедур організації навчального процесу та процедур засвоєння студентами знань, отриманих як підчас спілкування з викладачем так і самостійно. Із цього витікає, що дослідження процесу функціонування ЗВО проводились за окремими темами, метою яких було вивчення тих чи інших характеристик цього процесу, і, як правило, без з’ясування ступеню їх взаємного впливу.

Запропоновано для дослідження процесів функціонування закладів вищої освіти використовувати системний підхід як ідеологію і системний аналіз як метод та визначено усі складові цих процесів на перших двох етапах застосування методу, в результаті чого заклад вищої освіти виділено як об'єкт дослідження із навколишнього середовища і сформовано усі точки, в яких цей об'єкт дослідження здійснює контакти з навколишнім середовищем, та конкретизовані як усі 15 впливів навколишнього середовища на об'єкт дослідження так і усі 12 впливів об'єкта дослідження на навколишнє середовище.

Показано, що для того, щоб математичні моделі процесів функціонування закладів вищої освіти представляли ці процеси в просторі автоматів Мілі, їх необхідно синтезувати з використанням і диференціальних рівнянь, і інтегральних рівнянь, і різницевих рівнянь, і операторних перетворень Лапласа, Фур'є та дискретного перетворення решітчастих функцій, і регресійних моделей стохастичних різницевих рядів, і наближених методів розв'язання нелінійних рівнянь різних класів, і ймовірностної інтерпретації кривих забування інформації, і синергетичного підсилення процесів засвоєння знань, і теорії лінгвістичної змінної та нечітких баз знань, і теорії катастроф, і нейронних та нейронечітких мереж, і теорії секвенцій.

В якості критеріїв оцінки результатів запропоновано використати такі інтегральні критерії як імідж закладу вищої освіти та затрати, необхідні для забезпечення його функціонування, перший із яких – імідж - вимагає максимізації при обмеженнях на затрати, а другий – затрати – вимагає мінімізації при обмеженнях на імідж, тобто, при розв'язанні поставленої задачі з їх використанням стратегія може бути або максимінною, або мінімаксною, а точка оптимуму – сідловою.

Удосконалено математичну модель «кривої забування», створеної Г. Еббінгаузом, за рахунок врахування в ній і синергетичної складової, що уповільнює процес забування за рахунок внутрішньої роботи мозку у той відрізок часу, в який нова інформація до цього мозку не надходить, і складової, що задає значення тієї долі початкової інформації, яка ніколи з пам'яті індивідуума не стирається. Побудовано

нові границі «смуг забування», які більш адекватно відображають ці «смуги» і вивільняють їх від ділянок, на яких забування інформації набуває знаку «мінус», не властивого для цього процесу.

З прив'язкою до «смуг забування» з метою зробити придатною для розв'язання задачі ідентифікації здійснено системну трансформацію математичної моделі процесу забування знань, отриманих на лекції, «відмінниками» (з високим рівнем пам'яті); отриманих «хорошистами» (з добрим рівнем пам'яті); отриманих студентами з посередньою успішністю (з таким же посереднім рівнем пам'яті); отриманих студентами з успішністю, нижчою посередньої, але здатними отримати задовільну оцінку в процесі не більше двох перескладань іспиту; та отриманих студентами з незадовільною успішністю, які повинні бути або відрахованими або залишеними на повторний курс.

Запропоновано спосіб ідентифікації системно трансформованої математичної моделі процесу забування знань, отриманих на лекції студентами категорій, перерахованих вище, в якому використано критерій найменших квадратів для визначення оптимальних оцінок параметрів моделі та обчислювальні структури, за допомогою яких реалізується ітераційний спосіб отримання цих оптимальних оцінок.

На основі системного підходу математично обґрунтовано, що викладення на початку кожної поточної лекції ключових понять матеріалу, донесеного лектором студентам на попередніх лекціях, суттєво підвищує ступінь засвоєння ними нового матеріалу, який лектор доносить їм на цій поточній лекції.

Синтезовано нову математичну модель, що описує процес засвоєння студентом знань, отриманих на лекції, на початку якої лектор відновлює в пам'яті студентів в концентрованому вигляді основні положення попередніх лекцій.

З використанням синтезованої математичної моделі процесу засвоєння студентом знань розроблено методику викладення матеріалу викладачем на лекціях, яка враховує основні положення попередніх лекцій при донесенні до студентів нового матеріалу на кожній із наступних лекцій. З використанням числових характеристик

показано, на скільки більшим буде обсяг матеріалу, який матиме у своїй пам'яті студент напередодні екзамену у разі, якщо, читаючи кожну поточну лекцію, лектор згадував і деталізував основні поняття лекційного курсу, викладені ним в попередніх лекціях.

В результаті критичного аналізу математичної моделі інтелектуального стану суспільства, з'ясовано, що ця математична модель є хибною, оскільки вона створена з використанням хибної початкової передумови, а тому її використання приводить до невірної оцінки інтелекту суспільства, яка до того ж не прив'язана до відрізка часу, протягом якого визначається приріст інтелекту. З використанням правильно виписаного рівняння балансу, в якому враховано і відрізок часу, протягом якого зберігається цей баланс, розроблено нову математичну модель інтелектуального стану суспільства. Доведено, що функція приросту відносного інтелекту суспільства, аргументом якої є відносна кількість членів суспільства, що вносять вклад в цей приріст, не може мати екстремумів в області значень, допустимої для цього аргументу, але існування яких входить в протиріччя з логікою приросту інтелекту суспільства, в якому спостерігається приріст кількості його членів, що вносять свій вклад в цей приріст.

Для оцінювання якості процесу засвоєння знань студентами вищих технічних навчальних закладів з конкретної навчальної дисципліни, отриманих в онлайн-режимі, запропоновано використовувати в адаптованому вигляді відому ідеологію чіткого оцінювання якості інтеграції навчання з виробництвом на нечітких математичних моделях, методика втілення якої містить процедуру ймовірнісного оброблення дефазифікованих значень величин, що характеризують якість процесу і являють собою множини випадкових чисел. Необхідність адаптації цієї ідеології обумовлена, по-перше, тим, що лінгвістичні змінні, які характеризують різні стадії навчального процесу, отримують новий зміст, оскільки процес отримання студентами робітничої професії не є адекватним процесу засвоєння студентами конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі, по-друге, тим, що у зв'язку з необхідністю

враховувати умови засвоєння конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі кількість цих лінгвістичних змінних суттєво зростає, а по-третє, тим, що у зв'язку з необхідністю визначення ще до заключного етапу у вигляді екзамену тих додаткових впливів, за допомогою яких здійснюватиметься «нормалізація» тих лінгвістичних змінних, що мають відмінності від «нормальних», процес направленості аналізу «з кінця в початок», характерний для ідеології-прототипу, змінюється на протилежний процес «з початку в кінець».

А методика, що реалізує адаптований варіант втілення ідеології чіткого оцінювання на нечітких моделях, відрізняється окрім того, що враховує приведені вище відмінності в самій ідеології, по-перше, ще й тим, що знімає проблему створення достатньої потужності множини дефазифікованих значень лінгвістичних змінних, що характеризують процес вивчення конкретних навчальних дисциплін в малокомплектних групах, по-друге, множину екзаменаційних оцінок використовує не як стартову для початку процесу оцінювання, як це має місце в ідеології-прототипі, а як критеріальну, за допомогою якої оцінюється якість самого процесу, а по-третє, пропонує варіанти синтезу математичних моделей для законів густини розподілу дефазифікованих лінгвістичних змінних у разі, якщо гіпотеза «нормальності» для них не виконується.

Здійснено пошук варіанту плану оптимального розвитку університету в полі 5 пріоритетних для закладу вищої освіти критеріїв оптимізації, один із яких характеризує надходження до університету коштів, додаткових до бюджетного фінансування, два інших характеризують відповідно наукові досягнення професорсько-викладацького складу та якість впровадження ідеології дуальної освіти в навчальний процес, а ще два характеризують якість навчального процесу в режимах офлайн та онлайн.

Для системного аналізу проєктів розвитку університету, як центрів, в яких здійснюється процес транспорту інформації і знань від викладачів до студентів,

можуть бути корисними і деякі ідеї, які запропоновані в проектах по реалізації транспортних потоків в роботах доц. С.О. Романюк.

Запропоновано варіант пріоритетності вибраних критеріїв та на нечіткій множині їх оптимальних значень визначено найкращий варіант плану розвитку університету, який сприятиме стабільному нарощенню з року в рік його іміджу.

Ключові слова: заклад вищої освіти, системний підхід, системний аналіз, математична модель, об'єкт, моделювання, оцінка, забування знань, смуги забування, інтелект суспільства, ідентифікація, план розвитку університету, стратегія, затрати, нечітка багатокритеріальна оптимізація.

ABSTRACT

Voitsekhovska O.O. Systematic analysis of the process of reforming higher technical education according to the ideology of duality. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy in the direction of preparation 124 - " Systems Analysis " (12 - " Information Technology"). - Vinnytsia national technical university, Vinnytsia, 2022.

In the dissertation the scientific problem on creation of methods of synthesis and identification of mathematical model of the processes proceeding in the subsystems entering structure of technical university, and their adaptation to process of reforming of higher technical education on ideology of duality is solved, and also the systematic analysis of estimation processes state and reform of higher technical education using the proposed criteria and synthesized mathematical models. An approach to the systematic planning of university development on the basis of a fuzzy version of multicriteria optimization is proposed, which allows in the process of implementing the synthesized plan to adapt it in case of achievement of certain intermediate goals.

The following results were obtained as a result of the dissertation research.

The dissertation analyzes the scientific works published on the topic of the dissertation and shows that the authors of scientific works in their works paid attention either to the study of ways to finance higher education institutions, or to stimulate the teaching staff of higher education institutions to improve their scientific level or modeling. procedures for organizing the educational process and procedures for students to master the knowledge gained both during communication with the teacher and independently. It follows that the study of the process of functioning of higher education institutions was conducted on specific topics, the purpose of which was to study certain characteristics of this process, and, as a rule, without clarifying the degree of their mutual influence.

It is proposed to use a systematic approach as an ideology and systematic analysis as a method to study the functioning of higher education institutions and identify all components of these processes in the first two stages of the method, resulting in a higher education institution , in which this object of research is in contact with the environment, and specified as all 15 environmental influences on the research object and all 12 influences of the research object on the environment.

It is shown that in order for mathematical models of higher education institutions to represent these processes in the space of Miles automata, they must be synthesized using differential equations, integral equations, difference equations, and Laplace, Fourier operator transformations and discrete transformations. lattice functions, and regression models of stochastic difference series, and approximate methods for solving nonlinear equations of different classes, and probabilistic interpretation of information forgetting curves, and synergistic reinforcement of knowledge acquisition processes, and the theory of linguistic variables and fuzzy and fuzzy knowledge bases and fuzzy networks, and sequence theory.

As criteria for evaluating the results, it is proposed to use such integrated criteria as the image of the institution of higher education and the costs necessary to ensure its operation, the first of which - image - requires maximization with cost constraints, and the second - costs - requires minimization with image constraints. , when solving the problem

with their use, the strategy can be either maximum or minimum, and the optimum point - saddle.

The mathematical model of the "forgetting curve" generated by G. Ebbinghaus has been improved by taking into account the synergistic component that slows down the process of forgetting due to the internal work of the brain in the period of time when new information does not come to this brain. sets the value of the share of initial information, which is never erased from the memory of the individual. New boundaries of "forgetting stripes" have been built, which more adequately reflect these "stripes" and free them from areas where forgetting information acquires a "minus" sign, which is not typical for this process.

With reference to the "forgetting strips" in order to make suitable for solving the problem of identification carried out a systematic transformation of the mathematical model of the process of forgetting the knowledge gained in lectures, "excellent" (with a high level of memory); obtained by "good " (with a good level of memory); obtained by students with mediocre performance (with the same mediocre level of memory); obtained by students with a grade below average, but able to obtain a satisfactory grade in the process of not more than two retakes; and obtained by students with unsatisfactory performance, who must be either expelled or left for a second course.

A method for identifying a systemically transformed mathematical model of the process of forgetting the knowledge gained in lectures by students of the categories listed above is proposed, which uses the least squares criterion to determine optimal estimates of model parameters and computational structures.

Based on a systematic approach, it is mathematically substantiated that the presentation at the beginning of each current lecture of key concepts of the material delivered by the lecturer to students in previous lectures significantly increases the degree of mastering new material.

A new mathematical model is synthesized, which describes the process of mastering by the student the knowledge received at the lecture, at the beginning of which the lecturer

restores in the memory of students in a concentrated form the main provisions of previous lectures.

Using the synthesized mathematical model of the student's knowledge acquisition process, a method of teaching the material by the lecturer was developed, which takes into account the main provisions of previous lectures when bringing new material to students at each of the next lectures. Using numerical characteristics, it is shown how much more material the student will have in memory before the exam, if, while reading each current lecture, the lecturer mentioned and detailed the basic concepts of the lecture course, set out in previous lectures.

As a result of a critical analysis of the mathematical model of the intellectual state of society, it was found that this mathematical model is wrong because it was created using the wrong initial premise, and therefore its use leads to incorrect assessment of intellectual intelligence, which is not tied to the period of time during which the increase in intelligence is determined. Using a correctly written equation of balance, which takes into account the period of time during which this balance is maintained, developed a new mathematical model of the intellectual state of society. It is proved that the function of the growth of the relative intelligence of society, the argument of which is the relative number of members of society who contribute to this growth, cannot have extremes in the range of values allowed for this argument,

To assess the quality of the process of knowledge acquisition by students of higher technical educational institutions in a particular discipline, obtained online, it is proposed to use in an adapted form the well-known ideology of clear assessment of the quality of integration of learning with production on fuzzy mathematical models. quantities that characterize the quality of the process and are sets of random numbers. The need to adapt this ideology is due, firstly, to the fact that linguistic variables that characterize the various stages of the educational process, get a new meaning, because the process of obtaining a working profession is not adequate for students to learn a particular discipline online, and secondly , team,

And the technique that implements an adapted version of the implementation of the ideology of clear evaluation on fuzzy models, differs not only in taking into account the above differences in the ideology itself, first, that it removes the problem of creating sufficient power the process of studying specific disciplines in small groups, secondly, uses a set of exam grades not as a starting point for the evaluation process, as in the prototype ideology, but as a criterion for assessing the quality of the process, and thirdly, offers variants of synthesis of mathematical models for the laws of density of distribution of dephasified linguistic variables in case the hypothesis of "normality" for them is not fulfilled.

The search for a variant of the plan of optimal development of the university in the field of 5 priority optimization criteria for the higher education institution, one of which characterizes the receipt of funds additional to the budget, the other two characterize the scientific achievements of teaching staff and the quality process, and two more characterize the quality of the learning process offline and online.

For a system analysis of university development projects, as centers in which the process of information and knowledge transport from teachers to students is carried out, some ideas proposed in projects on the implementation of transport flows in the works of associate professor S. O. Romanyuk.

The option of priority of the selected criteria is offered and on the fuzzy set of their optimum values the best variant of the plan of development of university which will promote steady increase from year to year of its image is defined.

Key words: institution of higher education, system approach, system analysis, mathematical model, object, modeling, evaluation, knowledge forgetting, forgetting bands, society intelligence, identification, university development plan, strategy, expenses, fuzzy multicriteria optimization.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:
– матеріали дисертаційної роботи, викладені у виданнях, що внесені до переліку фахових для захисту дисертацій з технічних наук:

[1] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін та О. В. Слободянюк, “Системний підхід до аналізу процесу функціонування закладу вищої освіти”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №1, с. 31-40, 2019, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-142-1-31-40>.

[2] Б. І. Мокін, та О. О. Войцеховська, “Удосконалення ймовірнісної математичної моделі процесу забування інформації, отриманої студентом на лекції”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №4, с. 49-57, 2019, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-145-4-49-57>.

[3] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, та Д.О. Шалагай, “Моделювання процесу оцінювання інтелектуального стану суспільства”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №5, с. 35-41, 2019, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-146-5-35-41>.

[4] Б. І. Мокін, та О. О. Войцеховська, “Системна трансформація математичної моделі процесу забування знань, отриманих студентом на лекції, та спосіб її ідентифікації”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №2, с.50-57, 2020, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-149-2-50-57>.

[5] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, та О. Б. Мокін, “Адаптація методики чіткого оцінювання якості знань в галузі інформаційних технологій, отриманих в онлайн-режимі, на нечітких моделях процесів їх засвоєння”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №1, с. 57-69, 2021, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-154-1-57-69>.

[6] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, та О. О. Войцеховська, “Про один із підходів до системного планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту багатокритеріальної оптимізації”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №5, с. 108-116, 2021, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-158-5-108-116>.

– матеріали дисертаційної роботи, викладені у закордонному науковому виданні держави, яка входить до Європейського Союзу:

[7] B. I. Mokin, and O. O. Voitsekhovska, “System analysis of the impact of material repetition, set out earlier, on the assimilation of the new”, *SWorldJournal*, no. 10 (1), pp. 43-51, Nov. 2021, <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2021-10-01-012>.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

[8] Б. І. Мокін, О. В. Слободянюк, та О. О. Войцеховська, “Адаптація методу системного аналізу до проблем вищої школи”, на *XLVIII науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2019)*, Вінниця, 2019, с.1355-1360. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2019>.

[9] Б. І. Мокін, О. В. Слободянюк, та О. О. Войцеховська, “Системний підхід до оцінювання стану закладу вищої освіти”, на *Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання (ІТСМ-2019)»*, Івано-Франківськ, 2019, с. 293-296. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://itcm.comp-sc.if.ua/2019/zbirnyk2019.pdf>.

[10] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, та Д. О. Шалагай, “Моделювання процесу оцінювання інтелектуального стану суспільства”, на *п'ятій Міжнародній науковій конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-*

2019)», Вінниця, 2019, с. 78-79. [Електронний ресурс]. Режим доступу:https://mpa.vntu.edu.ua/fdb/740/main/Abstracts_2019.pdf.

[11] Б. І. Мокін, О. О. Войцеховська, та А. І. Лебухорський, “Ідентифікація математичної моделі процесу забування знань, отриманих студентом на лекції”, на *XLIX науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2020)*, Вінниця, 2020, с.1781-1783. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2020>.

[12] Б. І. Мокін, та О. О. Войцеховська, “Математичне обґрунтування необхідності і змістовної деталізації матеріалу, викладеного студентам на попередніх лекціях, на початку лекції, присвяченій викладенню нового матеріалу”, на *XII Міжнародній науково-практичній конференції «ІНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА-2020 (ІОН-2020)»*, Вінниця, 2020, с. 110-112. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ies.vntu.edu.ua/reports/program/WORK-IES-2020.pdf>.

[13] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, О. Б. Мокін,, та Б. В. Пасека, “Методика оцінювання якості знань, отриманих в онлайн-режимі”, на *L науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2021)*, Вінниця, 2021, с.1436-1439. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2021>.

[14] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін,, та О. О. Войцеховська, “Нечіткий варіант багатокритеріальної оптимізації в умовах критеріального антагонізму”, на *V Міжнародній науково-технічній конференції «Оптимальне керування електроустановками (ОКЕУ 2021)»*, Вінниця, 2021, с.177-178. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/okeu/okeu2021_publ.pdf.

[15] О. О. Войцеховська, та Б. І. Мокін, “Системний аналіз процесу реформування вищої технічної освіти на університетському рівні”, на *LI науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2022)*, Вінниця, 2022, с.658-661. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2022>.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	18
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ, ОТРИМАНИХ І ОПУБЛІКОВАНИХ ІНШИМИ ДОСЛІДНИКАМИ, ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВДАНЬ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	28
1.1 Аналіз результатів дослідження підсистеми студентів і аспірантів, отриманих і опублікованих іншими дослідниками.....	28
1.2 Аналіз результатів дослідження підсистеми викладачів та науковців, отриманих і опублікованих іншими дослідниками.....	47
1.3 Аналіз результатів дослідження підсистеми матеріально-технічного забезпечення, отриманих і опублікованих іншими дослідниками.....	53
1.4 Аналіз результатів дослідження підсистеми фінансового забезпечення, отриманих і опублікованих іншими дослідниками.....	54
1.5 Аналіз результатів дослідження ідеології дуальності у вищій технічній освіті, отриманих і опублікованих іншими дослідниками.....	69
1.6 Аналіз результатів дослідження дистанційного навчання у вищій технічній освіті, отриманих і опублікованих іншими дослідниками.....	77
1.7 Висновки до першого розділу.....	83
РОЗДІЛ 2 СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСІВ, ЩО ПРОТІКАЮТЬ В ПІДСИСТЕМАХ, ЩО ВХОДЯТЬ ДО СТРУКТУРИ ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ, ТА ЇХ АДАПТАЦІЯ ДО ПРОЦЕСУ РЕФОРМУВАННЯ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ ЗА ІДЕОЛОГІЄЮ ДУАЛЬНОСТІ.....	87
2.1 Системний підхід до аналізу процесу функціонування закладу вищої освіти...87	87
2.2 Постановка задачі системного планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту багатокритеріальної оптимізації.....	100

2.3 Розробка підходу до системного планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту багатокритеріальної оптимізації.....101

2.4 Висновки до другого розділу.....110

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСІВ, ЩО ПРОТІКАЮТЬ В ПІДСИСТЕМАХ, ЩО ВХОДЯТЬ ДО СТРУКТУРИ ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ, ТА ЇХ АДАПТАЦІЯ ДО ПРОЦЕСУ РЕФОРМУВАННЯ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ ЗА ІДЕОЛОГІЄЮ ДУАЛЬНОСТІ.....113

3.1 Постановка задачі удосконалення математичної моделі «кривої забування».. 113

3.2 Удосконалення ймовірнісної математичної моделі процесу забування інформації, отриманої студентом на лекції.....117

3.3 Постановка задачі системної трансформації математичної моделі процесу забування знань, отриманих студентом на лекції, та спосіб її ідентифікації...125

3.4 Системна трансформація та ідентифікація моделі забування знань.....126

3.5 Системний аналіз впливу повторення ключових понять матеріалу, викладеного лектором студентам на попередніх лекціях, на ступінь засвоєння ними нового матеріалу, який лектор доносить їм на лекції поточній.....133

3.6 Висновки до третього розділу.....139

РОЗДІЛ 4 СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ОЦІНКИ СТАНУ ТА РЕФОРМУВАННЯ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАПРОПОНОВАНИХ КРИТЕРІЇВ І СИНТЕЗОВАНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ.....142

4.1 Критичний аналіз математичної моделі інтелектуального стану суспільства та постановка задачі по визначенню умов інтеграції цієї моделі до множини моделей, що характеризують навчальний процес в університеті142

4.2 Синтез адекватної математичної моделі інтелектуального стану суспільства в класі катастроф.....146

4.3 Постановка задачі адаптації нечіткої математичної моделі для чіткого оцінювання якості навчального процесу в онлайн-режимі.....	149
4.4 Адаптація нечіткої математичної моделі для чіткого оцінювання якості навчального процесу в онлайн-режимі.....	152
4.5 Адаптація методики чіткого оцінювання на нечітких моделях.....	159
4.6 Висновки до четвертого розділу.....	167
ВИСНОВКИ.....	170
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	172
ДОДАТКИ.....	195
Додаток А Акти впровадження результатів досліджень.....	196
Додаток Б Список публікацій здобувача.....	204

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЗВО – заклад вищої освіти

ЗНО – зовнішнє незалежне оцінювання

ОД – об'єкта дослідження

НС – навколишнього середовища

УЗУ – управління і забезпечення університету

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Конкурентоспроможність будь-якої держави на світовому ринку та якість життя її населення напряму залежить від рівня професійної підготовки кадрів. Одним із провідних світових лідерів у сфері підготовки кваліфікованих кадрів на сьогодні виступає Європейський Союз, який завдячує цьому дуальній системі професійної освіти і навчання.

Актуальність теми обумовлена тим, що для підвищення якості підготовки фахівців з вищою освітою в університетах України, яка нині не відповідає вимогам сьогодення, 19 вересня 2018 року на засіданні Кабінету Міністрів України після обговорення проекту, представленого міністром освіти і науки Лілією Гриневич, була затверджена Концепція реформування вищої освіти в Україні за ідеологією дуальної освіти, яка уже набула поширення в ряді західних країн. Але для запровадження цієї Концепції в Україні необхідно розробити нові або адаптувати уже розроблені в західних університетах критерії і моделі реформування процесу реформування вищої освіти за ідеологією дуальності в проекції на вищу технічну освіту в їх системному взаємозв'язку та запропонувати методи ідентифікації синтезованих моделей – саме цьому і буде присвячена дисертаційна робота, теоретичні результати, отримані в якій, будуть перевірятись на адекватність і ефективність шляхом проведення відповідних експериментів на базі ВНТУ та підприємств, фірм і установ, зв'язаних з ВНТУ функціонально.

Питанням підвищення якості підготовки фахівців в закладах вищої освіти (ЗВО) та пошукам шляхів і способів розв'язання задач, що постають внаслідок постановки цих питань, науковцями, як вітчизняними так і закордонними, приділялось багато уваги в минулому, приділяється особливо багато уваги сьогодні і буде приділятися не менше уваги в майбутньому. Тож і публікацій у вигляді статей в наукових журналах та монографій, як в Україні так і за її межами, теж уже зроблено немало і їх число в

майбутньому лише зростатиме. Брали і беруть участь в розв'язанні цих задач і науковці Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) відповідно до щорічних програм досліджень Науково-дослідної лабораторії проблем вищої школи (НДЛ ПВШ), яка є не лише внутрішньо університетським науковим підрозділом, але має також статус університетської НДЛ, спільної з Національною академією педагогічних наук України (НАПНУ).

Список публікацій [1-24] у вигляді монографій та наукових статей за останні 10 років, які містять в собі результати досліджень, виконаних науковцями ВНТУ за планами НДЛ ПВШ є підтвердженням їх активної позиції та намагання внести і свій вклад в теорію і практику підвищення якості підготовки фахівців у ЗВО.

Так, роботи [1-4] присвячені дослідженням шляхів фінансового забезпечення ЗВО, роботи [5], [6] присвячені дослідженням, націленим на стимулювання професорсько-викладацького складу ЗВО до підвищення свого наукового рівня, роботи [2], [3], [7-12] присвячені дослідженням методичного забезпечення навчального процесу, роботи [13-24] присвячені моделюванню процедур організації навчального процесу та процедур засвоєння студентами знань, отриманих як під час спілкування з викладачем так і самостійно.

Із аналізу робіт [1-24] витікає, що дослідження процесу функціонування ЗВО в НДЛ ПВШ проводились за окремими темами, метою яких було вивчення тих чи інших характеристик цього процесу, і, як правило, без з'ясування ступеню їх взаємного впливу.

Аналогічну картину можна спостерігати і у роботі [25], в якій здійснено спробу використати для дослідження процесів у ЗВО ідеологію теорії катастроф, викладеної в роботі [26], при написанні якої використовувалась також і робота [27].

У роботах [2], [28] показано, що вивчення окремих характеристик процесу, який розвивається в часі у складній системі, та намагання покращити ці окремо взяті характеристики без врахування взаємного впливу на них інших характеристик цього процесу, дуже часто не приводить до позитивних результатів.

Саме тому для дослідження процесу функціонування такої складної системи, якою є ЗВО, варто використовувати системний підхід, згідно з ідеологією якого, викладеною, в роботах [2], [28], необхідно під час вивчення процесу у складній системі одночасно враховувати усі його основні характеристики та їх взаємний вплив, що вимагає в якості основного методу дослідження при реалізації цього підходу використовувати системний аналіз.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана у ході виконання держбюджетної науково-дослідної роботи: «Системний підхід до аналізу процесу функціонування закладу вищої освіти» (28-К3; № ДР 0119U000492, 2019 р.) в рамках наукової школи «Системний аналіз процесів, що протікають в складних технічних і організаційних системах, та розроблення їх математичних моделей, інформаційно-вимірювальних систем та систем автоматичного і автоматизованого керування цими процесами» створеної Заслуженим діячем науки і техніки України, академіком Національної академії педагогічних наук України, доктором технічних наук, професором Мокіним Б. І. та науково-дослідної роботи «Системний аналіз стану та перспектив розвитку вищої освіти в Україні» (2021-2022 рр.).

Мета і завдання дослідження.

Мета дисертаційного дослідження полягає у системному аналізі організації вищої технічної освіти на університетському рівні та шляхів її реформування за ідеологією дуальності в умовах реалізації онлайн-режиму викладання навчальних дисциплін для обґрунтування пріоритетності на множині критеріїв оцінювання процесу розвитку.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі поставлені і розв'язані нижчевказані наукові завдання:

- сформуувати множину критеріїв оцінювання досягнутих результатів в процесі реформування університетської технічної освіти, виходячи з того, що університет є системою, до структури якої входять підсистема студентів і аспірантів, підсистема

викладачів і науковців, підсистема матеріально-технічного забезпечення навчального та наукового процесів та підсистема фінансового забезпечення функціонування університету;

- синтезувати математичні моделі для процесів, що протікають у кожній із університетських підсистем, на основі яких можна оцінювати стан та прогнозувати тенденції подальшого розвитку цих процесів;
- здійснити системний аналіз процесу підготовки фахівців з вищою освітою в технічному університеті з використанням множини синтезованих моделей та множини сформованих критеріїв та запропонувати рекомендації щодо пріоритетів подальшого розвитку цього процесу з метою підвищення якості підготовки фахівців з вищою технічною освітою.

Об'єктом дисертаційного дослідження є процес реформування вищої освіти в Україні.

Предметом дисертаційного дослідження є критерії і моделі процесу реформування вищої технічної освіти в Україні за ідеологією дуальності в їх системному взаємозв'язку та методи їх ідентифікації на університетському рівні.

Методи дослідження. Під час роботи над дисертацією використовувались методи досліджень, які базувалися: на системному аналізі, теорії катастроф, нейронних та нейронечітких мереж, нечіткої багатокритеріальної оптимізації, теорії секвенцій, теорії диференціальних рівнянь, теорії лінгвістичної змінної та нечітких баз знань.

Наукова новизна отриманих результатів. Серед результатів, одержаних в процесі дисертаційного дослідження, наукову новизну несуть нижчевикладені:

- вперше запропоновано варіант пріоритетності вибраних критеріїв та на нечіткій множині їх оптимальних значень визначено найкращий варіант плану розвитку університету, який сприятиме стабільному нарощенню його іміджу з року в рік;
- вперше модифіковано математичну модель процесу забування знань, отриманих на лекції. Системно трансформована математична модель реалізована у

відносному часі та містить три основні параметри, один із яких характеризує швидкість забування студентом отриманої на лекції інформації, другий характеризує синергетичну складову, яка сповільнює процес забування, а третій характеризує ту складову отриманої інформації, яка залишається в пам'яті студента назавжди;

- вперше синтезовано нову математичну модель, що описує процес засвоєння студентом знань, отриманих на лекції, на початку якої лектор відновлює в пам'яті студентів в концентрованому вигляді основні положення попередніх лекцій;

- вперше синтезовано нову математичну модель інтелектуального стану суспільства в класі катастроф з використанням правильно виписаного рівняння балансу, в якому враховано і відрізок часу, протягом якого зберігається цей баланс та доведено, що функція приросту відносного інтелекту суспільства, аргументом якої є відносна кількість членів суспільства, що вносять вклад в цей приріст, не може мати екстремумів в області значень, допустимої для цього аргументу;

- удосконалено нечітку математичну модель для чіткого оцінювання якості навчального процесу та методик для оцінювання якості знань, отриманих студентами в онлайн-режимі;

- удосконалено математичну модель «кривої забування», створеної Г. Еббінгаузом, в якій враховано і синергетичну складову, що уповільнює процес забування за рахунок внутрішньої роботи мозку у той відрізок часу, в який нова інформація до цього мозку не надходить, і складову, що задає значення тієї долі початкової інформації, яка ніколи з пам'яті індивідуума не стирається.

Практичне значення отриманих результатів роботи полягає у розробці підходу до системного планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту багатокритеріальної оптимізації, що дозволяє в процесі реалізації синтезованого плану здійснювати його адаптацію в разі досягнення певних проміжних цілей та адаптації нечіткої математичної моделі для чіткого оцінювання якості навчального процесу в онлайн-режимі та методики чіткого оцінювання на нечітких моделях.

Практична цінність проведених досліджень також полягає у створенні методики системного аналізу процесів трансформації вищої технічної освіти в Україні у відповідності з темою «Системний аналіз процесів трансформації вищої технічної освіти в Україні і світі у період до 2020 року та прогнозування тенденцій її подальшого розвитку», затвердженою постановою Президії НАПН України від 21 грудня 2017 року №1-2/15-379 на період до 2020 року та пролонгованою постановами Президії відділення вищої освіти НАПН України на 2021-2022 роки.

Результати дисертаційного дослідження впровадженні у навчальний процес у Вінницькому національному технічному університеті, зокрема отримані результати доповнили програми таких навчальних дисциплін, як «Основи науково-дослідної роботи», що викладається студентам бакалаврату, та «Методологія та організація наукових досліджень в галузі ІТ», що викладається студентам магістерської підготовки.

Також результати дисертаційного дослідження впровадженні в наукові дослідження, за тематикою, затвердженою Відділенням вищої освіти Національної академії педагогічних наук України, що виконувались у 2021 році, згідно з якою встановлено у якій мірі можна підвищити якість системного аналізу процесів його доповненням функціональним аналізом.

Результати дисертаційного дослідження впровадженні у навчальний процес у Вінницькому національному технічному університеті та в наукові дослідження, які виконувались в Національній академії педагогічних наук України, що засвідчено відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Основні наукові результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, авторів належать такі наукові результати: в роботі [1] (нумерація згідно додатку Б) – показано, що адекватне відображення процесів функціонування закладів вищої освіти можливе лише в просторі автоматів Мілі; в роботі [8] – запропоновано для оцінювання результатів моделювання та подальшої їх оптимізації використовувати

імідж закладу вищої освіти та затрати, що забезпечують його функціонування, застосовуючи при використанні першого із цих критеріїв максимінну, а другого – мінімаксну стратегії; в роботі [9] – запропоновано для оцінювання стану закладів вищої освіти використовувати системний підхід як ідеологію і системний аналіз як метод та визначено усі складові цих процесів на перших двох етапах застосування методу; в роботі [2] – удосконалено математичну модель «кривої забування», створеної Г. Еббінгаузом, в якій враховано і синергетичну складову, що уповільнює процес забування за рахунок внутрішньої роботи мозку у той відрізок часу, в який нова інформація до цього мозку не надходить, і складову, що задає значення тієї долі початкової інформації, яка ніколи з пам'яті індивідуума не стирається; в роботі [10] – доведено, що функція приросту відносного інтелекту суспільства, аргументом якої є відносна кількість членів суспільства, що вносять вклад в цей приріст, не може мати екстремумів в області значень, допустимої для цього аргументу; в роботі [3] – з використанням правильно виписаного рівняння балансу, в якому враховано і відрізок часу, протягом якого зберігається цей баланс, синтезовано нову математичну модель інтелектуального стану суспільства в класі катастроф; в роботі [11] – реалізовано алгоритм способу ідентифікації математичної моделі процесу забування знань, отриманих на лекції студентами, з використанням критерію найменших квадратів з прив'язкою до «смуг забування»; в роботі [4] – модифіковано математичну модель процесу забування знань, отриманих на лекції. На основі критерію найменших квадратів розроблено спосіб ідентифікації системно трансформованої математичної моделі процесу забування знань, отриманих студентами на лекції, реалізований з використанням обчислювальних структур, прив'язаних до відповідних «смуг забування», за допомогою яких реалізується ітераційний спосіб отримання оптимальних оцінок вище перерахованих параметрів цієї моделі; в роботі [12] – показано, який об'єм інформації від прослуханого курсу лекцій матиме у своїй пам'яті студент напередодні екзамену в залежності від того, як часто, читаючи поточну лекцію, лектор згадував і деталізував матеріал, викладений ним в попередніх

лекціях; в роботі [5] – удосконалено нечітку математичну модель для чіткого оцінювання якості навчального процесу та методик для оцінювання якості знань, отриманих студентами в онлайн-режимі; в роботі [13] – для оцінювання якості процесу засвоєння знань, отриманих студентами закладів вищої освіти з конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі, запропоновано використовувати в адаптованому вигляді відому ідеологію чіткого оцінювання якості інтеграції навчання з виробництвом на адаптованих до умов онлайн-режиму нечітких математичних моделях; в роботі [6] – запропоновано варіант пріоритетності вибраних критеріїв та на нечіткій множині їх оптимальних значень визначено найкращий варіант плану розвитку університету, який сприятиме стабільному нарощенню його іміджу з року в рік; в роботі [14] запропоновано підхід до системного планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту багатокритеріальної оптимізації; в роботі [7] – синтезовано нову математичну модель, що описує процес засвоєння студентом знань, отриманих на лекції, на початку якої лектор відновлює в пам'яті студентів в концентрованому вигляді основні положення попередніх лекцій; в роботі [15] – здійснено системний аналіз процесу реформування вищої технічної освіти на університетському рівні.

Апробація матеріалів дисертації.

Результати, отримані в дисертаційному дослідженні, пройшли апробацію на: чотирьох науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників і студентів Вінницького національного технічного університету, що проводились у м. Вінниці у 2019-2022 роках; на Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання (ІТКМ-2019)», що проводилась у м. Івано-Франківськ у 2019 році; на п'ятій Міжнародній науковій конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2019)», що проводилась у м. Вінниця у 2019 році; на XII Міжнародній науково-практичній конференції «Інтернет-Освіта-Наука-2020 (ІОН-2020)» що проводилась у м. Вінниця у 2020 році; на V міжнародній науково-технічній конференції

«Оптимальне керування електроустановками (ОКЕУ 2021)», що проводилась у м. Вінниця у 2021 році.

Публікації. Результати дисертаційного дослідження опубліковані у 15 наукових працях, серед яких 6 статей у фахових наукових періодичних виданнях України, 1 стаття у закордонному науковому періодичному виданні та 8 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел зі 202 найменування, і додатків. Загальний обсяг дисертації складають 206 сторінок, з яких основний зміст дисертації викладено на 155 сторінках, на яких розміщено 37 рисунків та 7 таблиць.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ, ОТРИМАНИХ І ОПУБЛІКОВАНИХ ІНШИМИ ДОСЛІДНИКАМИ, ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВДАНЬ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз результатів дослідження підсистеми студентів і аспірантів, отриманих і опублікованих іншими дослідниками

Одним з найважливіших стратегічних завдань на сьогоднішньому етапі модернізації системи вищої освіти України є забезпечення якості підготовки фахівців на рівні міжнародних вимог. Світовий досвід доводить очевидність зв'язку між якістю освіти (насамперед – вищої) і рівнем розвитку суспільства. Про це свідчить аналіз історичного розвитку багатьох країн. Так, наприклад, Німеччина, Японія і Південна Корея, які приділяли у період кризового розвитку достатньо уваги освіті, досягли значних успіхів як у підвищенні добробуту народу, так і в економіці [43].

Підвищення стану економіки країни, розвиток суспільства прямо залежать від ступеня кваліфікації фахівців, яких готуватимуть у вищих навчальних закладах. Для здобуття вищої освіти, яка відповідала б новим стандартам, новітнім технологіям, майбутній студент повинен мати як достатньо високу загальноосвітню підготовку, так і можливість її оцінювання під час вступної кампанії з урахуванням його особистих здобутків [44].

Ситуація в країні, необхідність підготовки фахівців з урахуванням кон'юнктури ринку вимагають від працівників вищої школи спрямовувати свою роботу в русло того, що випускник має здобути міцні та глибокі знання, оволодіти професійним мисленням, мати власну професійно-особистісну позицію, набути потреби, уміння і навички самостійно засвоювати нові знання та інформацію протягом усього життя й ефективно використовувати їх на практиці, бути готовим до сприйняття змін, які

стають невід'ємною складовою буття людини, вміти вчасно відмовитися від застарілих знань й норм поведінки [45].

Науково-технічний прогрес, визнаний в усьому світі як найважливіший фактор економічного розвитку суспільства, неможливий без підготовки професійно грамотних фахівців різних галузей, у тому числі технічного профілю. Сучасна інженерна діяльність характеризується інтеграцією наукового, технічного і виробничого знання, високими темпами зміни науково-технічної інформації, яка використовується у виробничих процесах. Тому підготовка майбутніх фахівців технічного профілю має бути орієнтованою не тільки на отримання сукупності професійних знань, а й на творчий характер діяльності. Також підготовка висококваліфікованих фахівців у технічних закладах освіти вимагає відбору абітурієнтів з достатньо високою фізико-математичною підготовкою, широким технічним світоглядом, професійно зорієнтованих, з технічними здібностями та мисленням, розвинутою просторовою уявою тощо [44].

Дослідженню проблем й організації освіти завжди приділялась достатня увага. Так у роботах Ю. К. Бабанського [46-50], А. П. Беляєва [51], В. В. Корнещука [52-55], Б. І. Мокіна [56], Н. Г. Ничкало [57-60], В.В. Рибалки [61], Л. М. Романишини [62-64], М. М. Фіцули [65], [66] та інших розглядається система неперервної професійної освіти, вдосконалення навчального процесу.

Питання розвитку технічної освіти розглядається в роботах А. В. Брушлинського [67], [68], Т. В. Кудрявцева [69], Б. Ф. Ломова [70], [71], І. О. Петрицина [72] та інших.

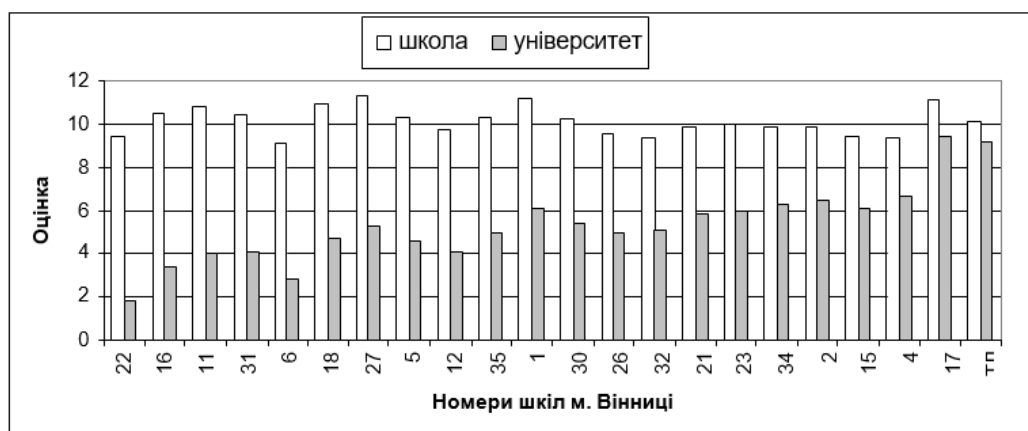
У роботах К.А. Альбуханова-Славської [73], Є. Є. Волкової [74], Б. С. Гершунського [75], А. А. Деркача [76], А. В. Петровського [77], В. С. Штифурака [78] та інших розглядаються проблеми адаптації першокурсників до навчання в умовах вищої школи та питання довузівської підготовки.

У роботах О. І. Барановської [79], В. П. Беспалька [80], [81], І. Є. Булах [82], Н. М. Буринської [83], А. П. Верхоли [84], К. Ингенкампа [85], С. М. Калаур [86], Б. І.

Мокіна [87], Ю. А. Романенко [88], С. Є. Шишова [89] та інших розглядається апарат оцінювання якості знань.

У роботі [44] авторами Н. В. Ляховченко і Б. І. Мокіним розкрито питання професійної орієнтації як основи формування якісного контингенту студентів. Також проведено діагностику відповідності оцінки знань випускників середніх навчальних закладів вимогам вищої школи, проаналізовано передумови розробки моделі формування якісного контингенту студентів 1-го курсу.

На першому етапі під час констатувального експерименту в [44] визначено відповідність оцінки знань випускників середніх навчальних закладів вимогам вищої школи. Результати експерименту виявили наявність розбіжності в рівні знань вступників різних шкіл (рис. 1.1).



ТЛ – технічний ліцей

Рисунок 1.1 – Порівняльна діаграма середньої шкільної оцінки з атестата з алгебри та середньої вступної екзаменаційної оцінки з алгебри абітурієнтів 2004 р.

Наведені в діаграмі результати свідчать про те, що при відносно рівних середніх оцінках зі шкільного атестата середні оцінки, які отримані на вступному іспиті у ЗВО, суттєво відрізняються у вступників різних шкіл, що вказує на розбіжність в рівні підготовки та оцінюванні знань у цих школах. Така відмінність може бути зумовлена такими чинниками: низький рівень педагогічної майстерності вчителів,

прагнення колективу школи підвищити якісні показники навчання випускників, що «виливається» в більшу кількість відмінників та медалістів і.т.д.

За результатами проведених досліджень в [44] розроблено методику визначення рівня об'єктивності вчителів шкіл під час оцінювання знань учнів. Показниками є коефіцієнт розбіжності та його середньоквадратичне відхилення, сукупність значень яких дає змогу зробити висновки щодо рівня об'єктивності вчителів у процесі оцінювання знань учнів із відповідного предмета. Аналіз даних констатувального етапу експерименту за розробленими показниками виявив, що лише у 27% учителів шкіл м. Вінниці достатній рівень оцінювання знань учнів з алгебри, 31,8% – з геометрії та 41% – з фізики і, лише у 13,6% цих шкіл стабільний рівень оцінювання знань з вказаних вище предметів.

Для виокремлення складових моделі формування якісного контингенту студентів 1-го курсу в [44] проаналізовано умови проведення вступних випробувань та процес зарахування абітурієнтів на навчання у ЗВО (на прикладі Вінницького національного технічного університету). За результатами констатувального (2004 р.) та проміжного (2005-2007 р.р.) етапів педагогічного експерименту авторами роботи [44] визначено такі педагогічні умови: якісна професійна орієнтація майбутніх абітурієнтів та навчання в підрозділах Інституту довузівської підготовки; організація конкурсного відбору; стимулювання навчальної активності учнів; регулювання прийому абітурієнтів.

В [44] експериментально доведено, що навчання в Інституті довузівської підготовки є тим чинником, який: дає змогу отримати більш ґрунтовні знання з профільних (для даного ЗВО) дисциплін і зменшити розрив між рівнем знань, отриманих у середніх навчальних закладах, та рівнем знань, необхідних для якісного навчання у вищій школі; створює оптимальні умови майбутнім студентам (рис.1.2).

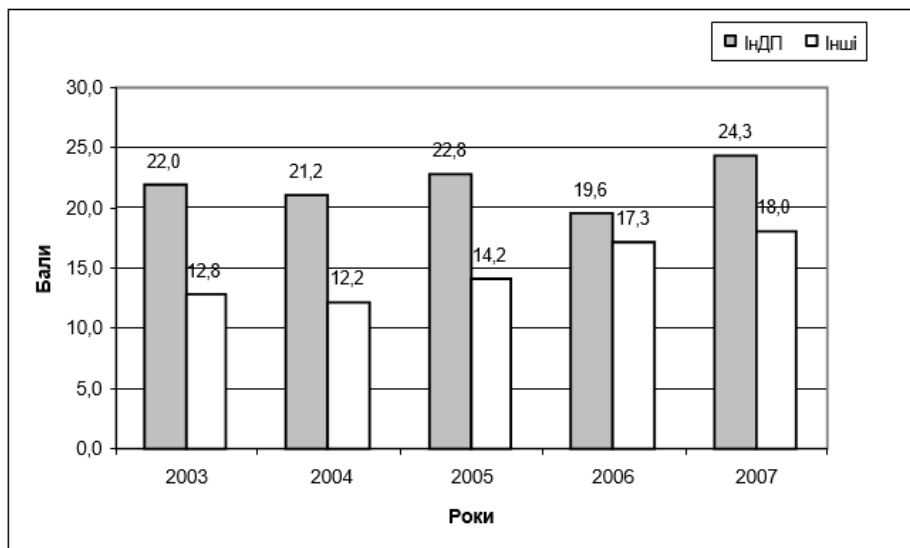


Рисунок 1.2 – Діаграма усередненого сумарного бала вступного випробування слухачів Інституту довузівської підготовки порівняно з іншими абітурієнтами за роками

Діаграма показує, що результати вступного випробування (максимальна кількість балів вступного випробування – 30) випускників Інституту довузівської підготовки вищі (у середньому на 7 балів), ніж результати абітурієнтів, які не отримували додаткових освітніх послуг.

Ефективна організація конкурсного відбору передбачає організацію конкурсного відбору абітурієнтів у ЗВО через урахування у сумарному рейтингу вступника крім результатів зовнішнього незалежного оцінювання шкільних знань також і оцінок з профільних дисциплін із документа про повну загальну середню освіту або середнього бала атестата, приведеного до системи виставлення оцінок зовнішнього незалежного тестування. Вона є одним із чинників отримання високих балів за засвоєння змісту дисциплін курсу загальної середньої освіти і, як наслідок, поліпшення якості та рівня знань випускників середніх навчальних закладів (рис. 1.3).

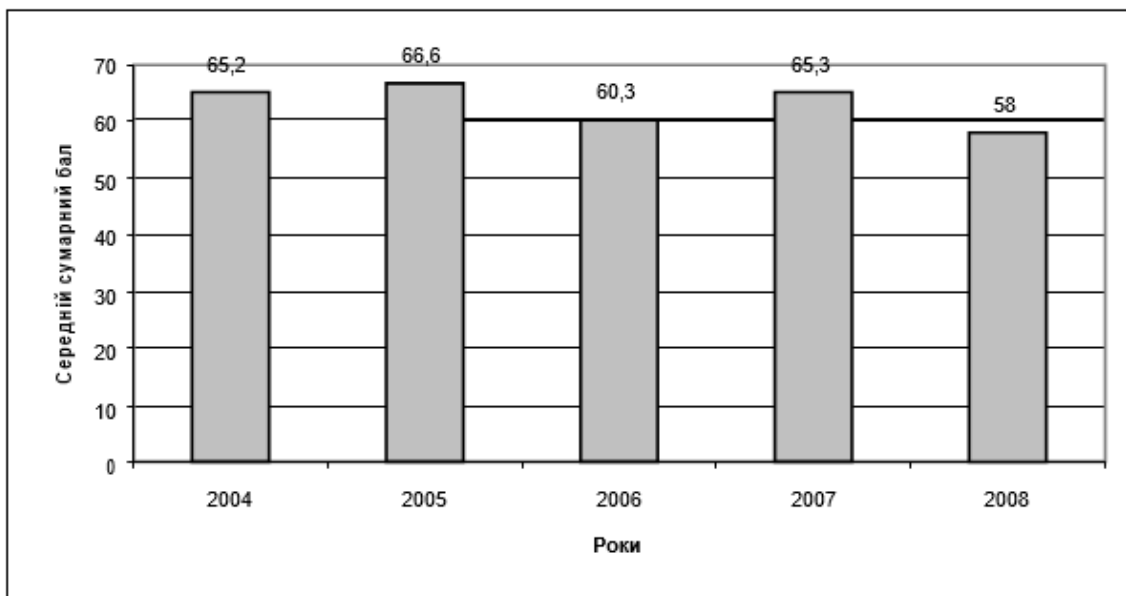


Рисунок 1.3 – Діаграма середніх сумарних балів з шести профільних дисциплін із документа про повну загальну середню освіту 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 років абітурієнтів, зарахованих на 1-й курс ВНТУ за загальним конкурсом

Як видно з діаграми 3, в 2006 і 2008 роки, в яких не додавалися оцінки з профільних дисциплін до сумарного рейтингового бала, спостерігається зниження сумарного бала, що свідчить про зменшення зацікавленості абітурієнтів до отримання вищих оцінок з профільних дисциплін. Такий спад можна пояснити відсутністю мотиву отримання високих балів за засвоєння дисциплін курсу загальної середньої освіти і, як наслідок, погіршення якості та рівня знань.

Не менш важливою педагогічною умовою підготовки абітурієнтів, як показано в роботі [44] є стимулювання їх навчальної активності. Цей процес передбачає стимулювання навчальної активності учнів та їх особистих здобутків через нарахування додаткових балів тим випускникам загальноосвітніх навчальних закладів, які нагороджені золотою чи срібною медаллю, або є призерами олімпіад різних рівнів з профільних для цього ЗВО дисциплін. Реалізація запропонованої умови підвищує прохідний бал (від 1,75% до 5,16%), що забезпечує прийом більш

підготовлених абітурієнтів, та задовольняє потреби ЗВО як у формуванні якісного контингенту студентів 1-го курсу, так і належним чином відзначає особисті здобутки абітурієнтів і стимулює їх до набуття більш якісних знань.

В роботі [44] також запропоновано знаходження узагальненого прохідного балу абітурієнта по університету Bnp_{y3l} за формулою:

$$Bnp_{y3l} = \sum_{n=1}^N \frac{M_{jl}^{cn}}{M_l^{3az}} \cdot Bnp_{jl}^{cn}, \quad (1.1)$$

де M_{jl}^{cn} – кількість місць на кожному j -ту спеціальність, що залишились після зарахування випускників Інституту довузівської підготовки, медалістів, цільовиків та пільговиків в l -му році; M_l^{3az} – загальна кількість місць в університеті, що залишились після зарахування випускників Інституту довузівської підготовки, медалістів, цільовиків та пільговиків в l -му році; Bnp_{jl}^{cn} – прохідний бал на кожен j -ту спеціальність в l -му році; N – загальна кількість спеціальностей.

Також за результатами експериментального дослідження в праці [44] дієвості педагогічних умов ефективної організації конкурсного відбору та стимулювання навчальної активності учнів розроблено та запропоновано методику формування загального рейтингу абітурієнта:

$$\sum P = k_1 B_{3HO}^{ум} + k_2 B_{3HO}^{проф} + k_3 B_{сер}^{AT} + k_4 B_{дод} \quad (1.2)$$

де $\sum P$ – сумарний рейтинг абітурієнта;

$k_n, n = 1, 2, 3, 4$ – вагові коефіцієнти;

$B_{3HO}^{ум}$ – бал за сертифікатом Українського центру оцінювання якості освіти (УЦОЯО) з української мови та літератури (є обов'язковим після закінченні повної загальної середньої освіти та під час вступу до навчальних закладів вищого рівня);

$B_{3HO}^{проф}$ – бал за сертифікатом УЦОЯО з предмета(ів), які є профільним(и) для навчання у відповідному ЗВО (для технічного профілю такими предметами можуть бути математика і (або) фізика);

$B_{\text{сер}}^{\text{AT}}$ – середній бал із документа про повну загальну середню освіту, приведений до системи виставлення оцінок ЗНО;

$B_{\text{дод}}$ – додатковий бал (за участь та перемоги в предметних олімпіадах, наявність відзнаки за закінчення загальноосвітніх середніх закладів, університетський тест на здібності).

Реалізація наступної умови під час зарахування до ЗВО дає змогу регулювати прийом абітурієнтів через можливість брати участь у конкурсі за кількома напрямками підготовки, один із яких є основним, а інші такими, на яких згоден навчатися абітурієнт в разі непроходження за конкурсом на основний напрям підготовки.

Ретроспективний аналіз системи прийому до ЗВО (на прикладі ВНТУ) під час констатувального експерименту дав змогу виявити напрями вдосконалення процесу відбору абітурієнтів на навчання.

Отже, результати отриманні в процесі досліджень в роботі [44] свідчать про те, що проведені дослідження характеризують навчальний процес лише в напрямку розв'язання задачі якісного поповнення закладів вищої освіти студентами першого курсу. Тому пропонується розглядати цей процес у взаємозв'язку на основі системного методу і системної ідеології, що і буде представлено в наступних розділах дисертаційної роботи.

В роботі [13] Б. І. Мокіна, Ю. В. Мокіної та А. В. Писклярової досліджено синергетичний ефект взаємодії студентів і викладачів університету, зокрема побудована структура університету як синергетичної багатозв'язної ієрархічної логіко-динамічної стохастичної системи у найбільш узагальненому вигляді (рис.1.4).

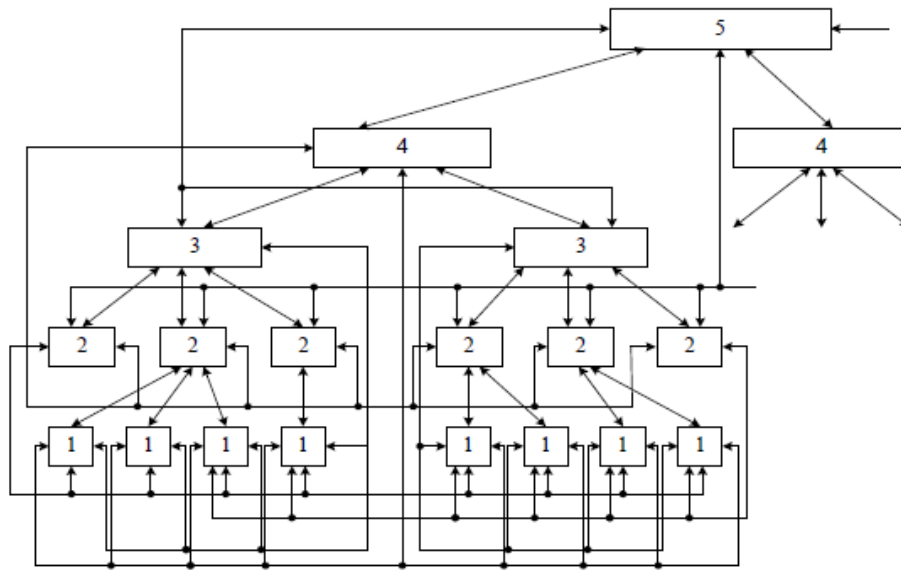


Рисунок 1.4 – Структура університету як багатозв'язна, ієрархічна система

На рис. 1.4 позначено: 1 – академічні групи; 2 – кафедри; 3 – органи управління і забезпечення факультетів; 4 – органи управління і забезпечення інститутів; 5 – органи управління і забезпечення університету в цілому.

Також в роботі [13] створені узагальнені математичні моделі окремого студента та академічної групи студентів, окремого викладача та кафедри викладачів.

Розкрита структура синергетичної взаємодії викладачів та студентів університету на рівні кафедр і академічних груп, які знаходяться відповідно на 1-му та 2-му рівнях ієрархії синергетичної системи (рис.1.5).

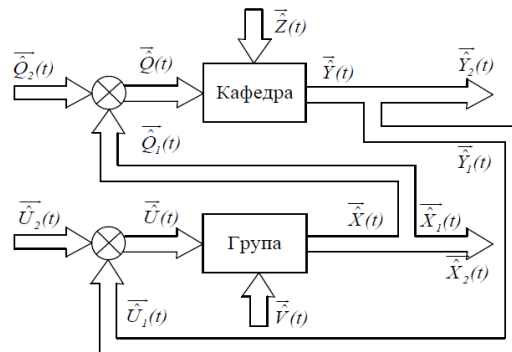


Рисунок 1.5 – Структура взаємодії кафедри з академічною групою, як комплексних об'єктів 2-го та 1-го рівнів ієрархії синергетичної системи

В роботі [14] побудовані узагальнені математичні моделі та внутрішні структури факультетів і інститутів як складових, відповідно, 3-го та 4-го рівнів ієрархії університету за умови, що університет розглядається як синергетична багатозв'язна ієрархічна логіко-динамічна стохастична система.

Як показано в роботі [14] на 3-му рівні ієрархії системи, знаходяться органи управління і забезпечення факультетів, а на 4-му – органи управління і забезпечення інститутів.

Внутрішня структура структурного блоку Φ (органи управління і забезпечення факультетів) показана на рис. 1.6.

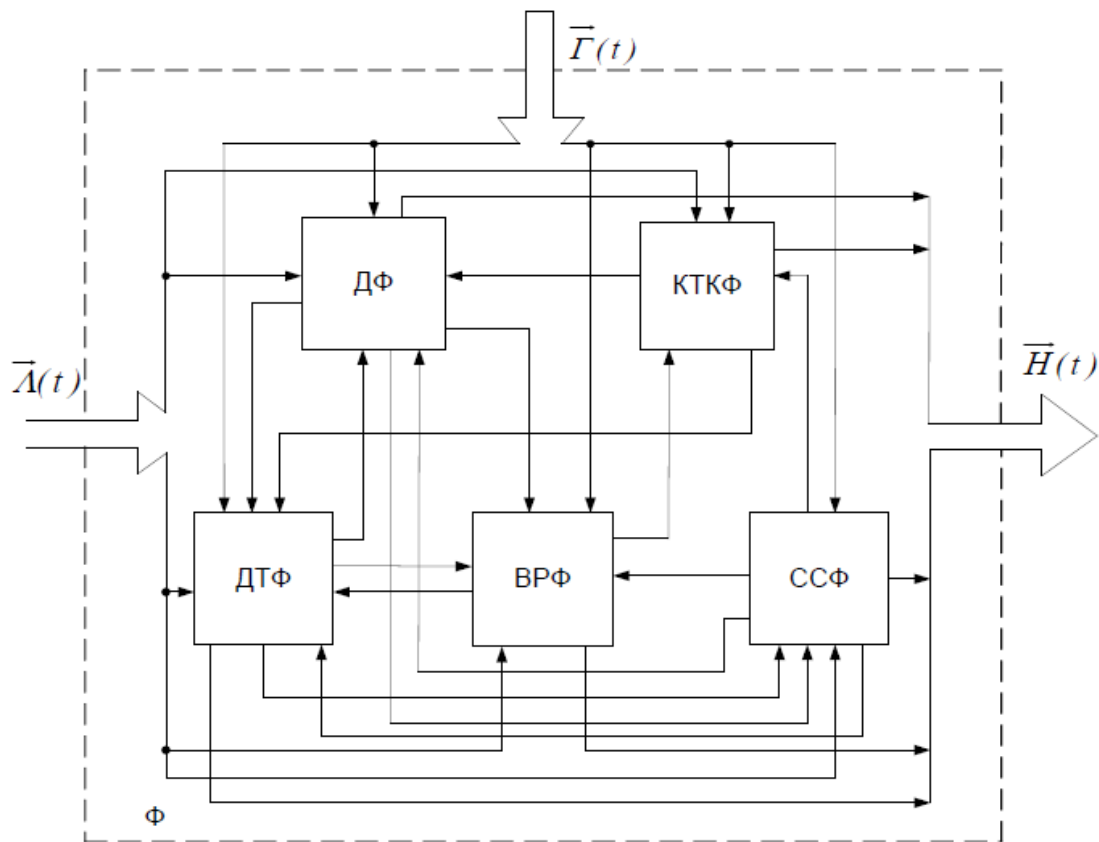


Рисунок 1.6 – Внутрішня структура структурного блоку Φ , який на 3-му рівні ієрархії університету уособлює в собі органи управління і забезпечення факультету

Як відомо, очолює факультет декан (ДФ), який обирається конференцією трудового колективу факультету (КТКФ) і керує як Вченою радою факультету (ВРФ), яка є виборчим дорадчим органом, так і деканатом (ДФ), котрий є виконавчим органом, що складається з працівників, які призначаються наказами ректора. Усі ці органи взаємодіють як між собою, так і з органами студентського самоврядування факультету (ССФ).

Також в роботі [14] синтезована узагальнена структура синергетичної взаємодії на рівні факультетів і інститутів університетської системи.

В роботі [16] запропоновано математичні моделі процесу засвоєння студентом навчальної дисципліни на фазовій площині, фазовими координатами якої є відносна кількість знань, отримуваних студентом від викладача під час аудиторних занять, та відносна кількість знань, яку він отримує в результаті самостійної роботи.

В роботі [16] синтезовані математичні моделі процесу засвоєння студентом програми навчальної дисципліни на фазовій площині для i -го часового $[t^{(i)}]$ напівінтервалу протягом якого студент цю навчальну дисципліну не вивчає, у вигляді:

$$\frac{dx_1}{dt} = -(\alpha_{11} - \alpha_{12}x_2)x_1; \quad (1.3)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -(\alpha_{22} - \alpha_{21}x_1)x_2$$

або

$$\frac{dx_1}{dt} = -\alpha_{11}x_1 + \alpha_{12}x_2x_1; \quad (1.4)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -\alpha_{22}x_2 + \alpha_{21}x_1x_2,$$

де α_{11}, α_{22} – коефіцієнти, які характеризують ступінь забування знань студентом, набутих, відповідно, в аудиторії від викладача та самостійно поза аудиторією, з часом,

а α_{12}, α_{21} – коефіцієнти, які характеризують ступінь синергетичного впливу одного виду знань на інший.

В роботі [16] синтезовані математичні моделі процесу засвоєння студентом програми навчальної дисципліни на фазовій площині для j -го часового напівінтервалу протягом якого $[t_1^{(j)}]$, студент набуває додаткових знань, спілкуючись в аудиторії з викладачем, у вигляді:

$$\frac{dx_1}{dt} = -\alpha_{11}x_1 + \alpha_{12}x_2x_1 + \beta_{11}x_1; \quad (1.5)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -\alpha_{22}x_2 + \alpha_{21}x_1x_2,$$

де усі коефіцієнти, окрім, β_{11} , мають те ж трактування, що і для системи рівнянь (1.4), а коефіцієнт β_{11} характеризує ступінь засвоєння студентом нових знань від викладача.

Також в роботі [16] синтезовано математичні моделі процесу засвоєння студентом програми навчальної дисципліни на фазовій площині для k -го часового напівінтервалу $[t_2^{(k)}]$, протягом якого студент набуває додаткових знань, працюючи самостійно.

$$\frac{dx_1}{dt} = -\alpha_{11}x_1 + \alpha_{12}x_2x_1; \quad (1.6)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -\alpha_{22}x_2 + \alpha_{21}x_1x_2 + \beta_{22}x_2,$$

де усі коефіцієнти, окрім β_{22} , мають те ж трактування, що і для системи рівнянь (1.4), а коефіцієнт β_{22} , характеризує ступінь засвоєння студентом нових знань під час самостійної роботи на цьому напівінтервалі.

Отже, розроблені моделі враховують як ефект нарощення в часі відносної кількості знань у студента з дисципліни, так і ефект їх забування, а також синергетичний ефект, що виникає під час занять студента з викладачем та під час його самостійної роботи.

В роботі [17] досліджено процес засвоєння студентом програми навчальної дисципліни на фазовій площині з використанням синтезованих математичних моделей на заданих напівінтервалах $[t^{(i)}]$, $[t_1^{(j)}]$, $[t_2^{(k)}]$, визначено особливі точки $O_l(x_{1o}, x_{2o})$, $l = 1, 2$ фазової площини, оцінено їх характер і дано змістовну інтерпретацію (рис.1.7, рис.1.8, рис.1.9).

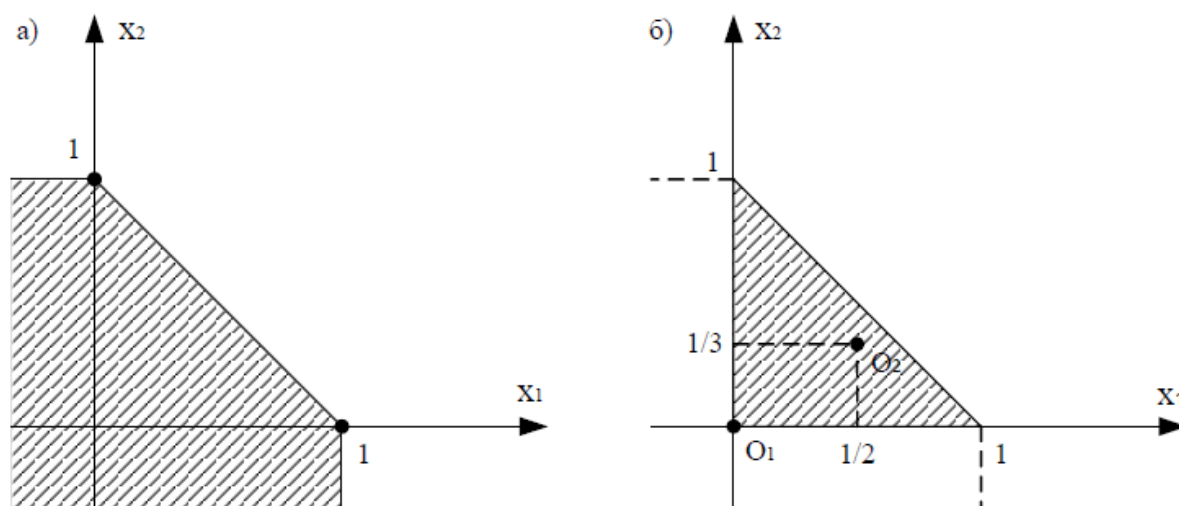


Рисунок 1.7 – Область допустимих значень фазових координат в задачі, що розв’язується (а), та приклад розміщення особливих точок в допустимій області фазової площини для випадку, коли талановитий студент не вивчає навчальну дисципліну ні в аудиторії з викладачем, ні самостійно (б)

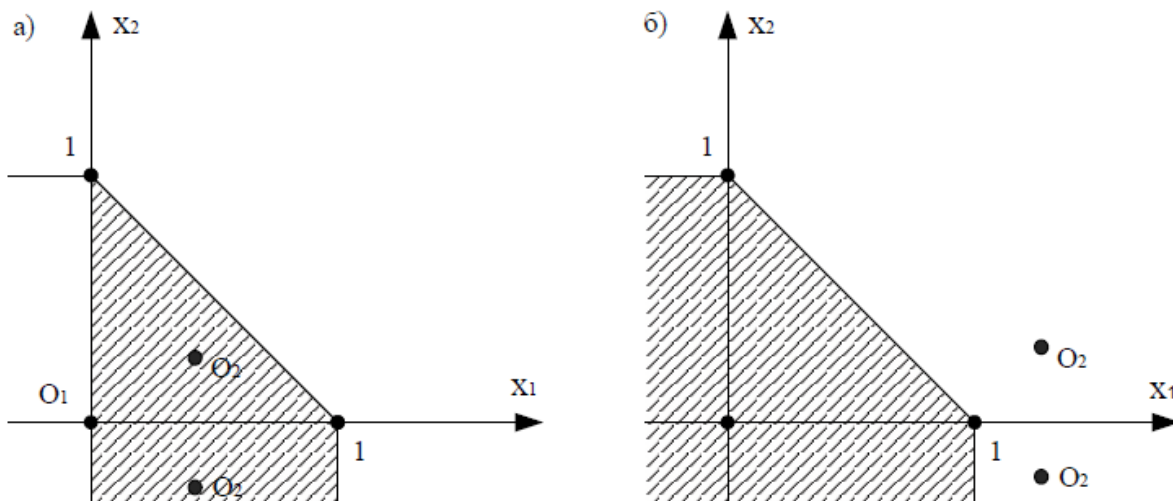


Рисунок 1.8 – Допустима область розміщення особливих точок на фазовій площині в разі, якщо студент має потужні логіку і пам'ять, а викладач має високу чи не дуже майстерність (а), та в разі, якщо студент має не надто потужні логіку і пам'ять (б)

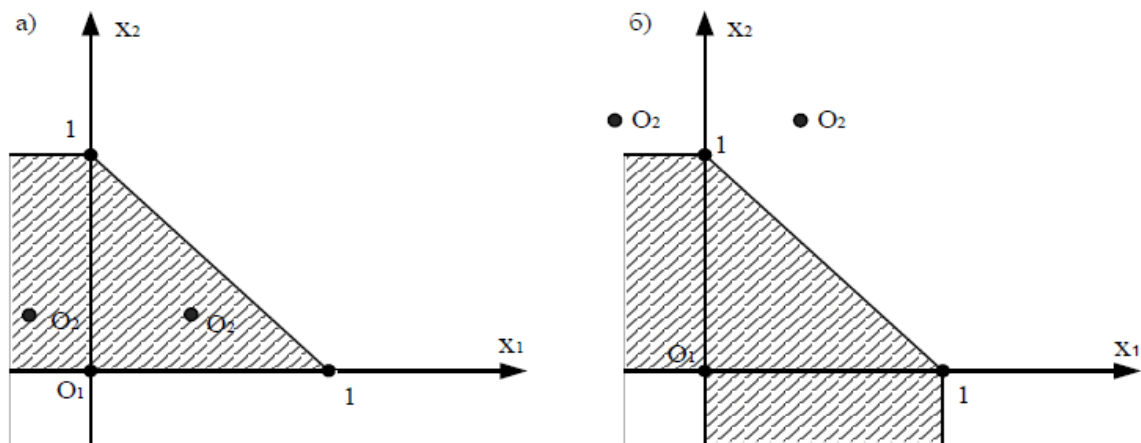


Рисунок 1.9 – Допустима область розміщення особливих точок на фазовій площині в разі, якщо студент має потужні логіку і пам'ять, а в навчальному посібнику, за яким студент навчається самостійно, матеріал викладено доступно і наочно чи не надто доступно і наочно (а), та в разі, якщо студент має не надто потужні логіку і пам'ять (б)

Показано, що всі три математичні моделі мають одну спільну особливу точку $O_1(0,0)$, та що кожна модель має ще одну особливу точку $O_2(x_{1o}, x_{2o})$ причому для моделі (1.4) – це точка $O_2\left(\frac{\alpha_{22}}{\alpha_{21}}, \frac{\alpha_{11}}{\alpha_{12}}\right)$, для моделі (1.5) – це точка $O_2\left(\frac{\alpha_{22}}{\alpha_{21}}, \frac{\alpha_{11}-\beta_{11}}{\alpha_{12}}\right)$, а для моделі (1.6) – це точка $O_2\left(\frac{\alpha_{22}-\beta_{22}}{\alpha_{21}}, \frac{\alpha_{11}}{\alpha_{12}}\right)$.

Також в роботі [17] з'ясовано, якщо йдеться про студента, не наділеного потужними логікою і пам'яттю, тобто про студента середніх здібностей, то лише його особлива точка $O_1(0,0)$ розташована в області допустимих значень фазових координат, визначеній співвідношеннями:

$$\begin{aligned}x_1 &\leq 1, \\x_2 &\leq 1, \\x_1 + x_2 &\leq 1,\end{aligned}\tag{1.7}$$

оскільки для цього випадку справедливими є умови

$$\alpha_{11} > \alpha_{12}, \alpha_{22} > \alpha_{21}\tag{1.8}$$

Також з'ясовано, коли йдеться про студента, наділеного потужними логікою і пам'яттю, то в заштрихованій області фазової площини, може знаходитись не лише особлива точка $O_1(0,0)$, але й особлива точка $O_2(x_{1o}, x_{2o})$, оскільки для цього випадку справедливими є умови

$$\alpha_{11} < \alpha_{12}, \alpha_{22} < \alpha_{21}\tag{1.9}$$

У роботі [18] здійснено дослідження характеристик особливих точок на фазовій площині та визначено характер фазових траєкторій в околі особливих точок для процесу засвоєння програми навчальної дисципліни студентом середніх здібностей.

У роботі [19] здійснено дослідження характеристик особливих точок на фазовій площині та визначено характер фазових траєкторій в околі особливих точок для процесу засвоєння програми навчальної дисципліни здібним студентом.

У роботі [21] з використанням «кривої забування» Г. Еббінгауза досліджено вплив синергетичної складової у математичній моделі на основі диференціального рівняння процесу засвоєння студентом навчальної дисципліни.

Показано, якби студент в міжлекційний період нічого не забував, то графік процесу засвоєння ним цієї навчальної дисципліни мав би вигляд «сходинкової кривої» 1 на рис. 1.10.

А якби студент не мав синергетичної складової і математична модель процесу забування отриманих на лекції від викладача знань у міжлекційний період мала вигляд:

$$\frac{dx_1^*}{dt} = -\alpha_{11}x_1^*, \quad (1.10)$$

то графік процесу засвоєння ним цієї навчальної дисципліни мав би вигляд «пилкоподібної кривої» 2 на рис. 1.10.

Але, оскільки процес забування інформації, отриманої студентом від викладача на лекції, у міжлекційний період відбувається за «кривою забування» Г. Еббінгауза, то графік процесу засвоєння студентом цієї навчальної дисципліни матиме вигляд «пилкоподібної кривої» 3 на рис.1.10.

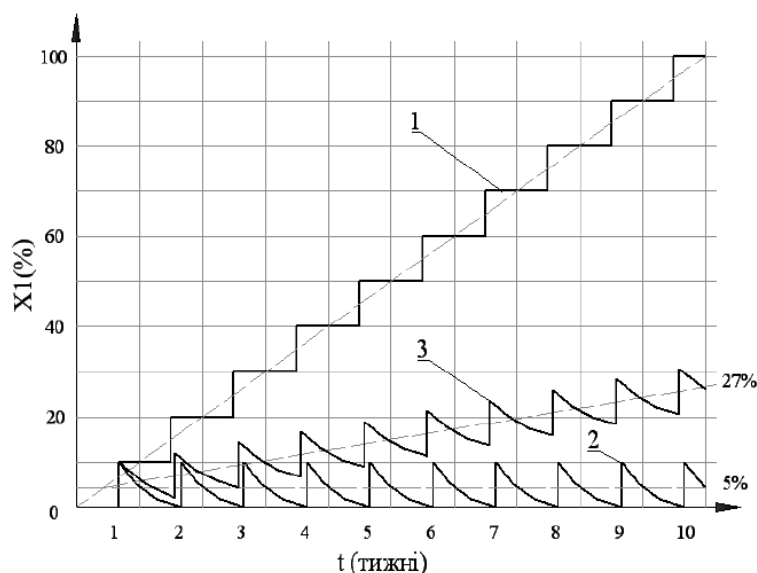


Рисунок 1.10 – Графіки можливих траєкторій процесу засвоєння студентом навчальної дисципліни протягом 10-тижневого триместру та їх трендів

Із графіків, приведених на рис. 1.10 [21], видно, що без синергетичної складової, обумовленої впливом тих доз знань, які самостійно набуваються у міжлекційний період шляхом спонтанного згадування почутого на лекції, у студента у пам'яті у кінці триместру від прослуховування лекцій викладача залишиться не більше 5 % від тієї кількості знань, яку необхідно засвоїти згідно з програмою навчальної дисципліни. Але і з врахуванням спонтанної синергетичної складової знань у студента в кінці триместру у пам'яті залишиться теж не дуже багато, а точніше, не більше 27 % від планової програмної кількості. І лише завдяки цілеспрямованому і систематичному самостійному засвоєнню студентом частини знань з навчальної дисципліни в кожному міжлекційний період у кінці триместру у його пам'яті закріпиться більше 27 % від запланованої програмою до засвоєння кількості знань.

У роботі [21] показано, що процес засвоєння студентом програми навчальної дисципліни у міжлекційний період 10-тижневого триместру з однією лекцією на кожному тижні не затухає до нуля у кінці першого періоду після першої лекції, а у пам'яті студента згідно з «кривою забування» Г. Еббінгауза залишається через тиждень після прослуховування лекції (тобто, через 168 годин) 18 % від тієї кількості знань, які він отримав на цій лекції. І тому цей процес може бути описаний функцією, що має вигляд:

$$x_1(t) = 10e^{(-\alpha_{11} + \alpha_{12}x_2)t}, \quad (1.11)$$

у якій

$$\begin{aligned} \alpha_{11} &= 0,08013, \\ \alpha_{12}x_2 &= 0,06980 \end{aligned} \quad (1.12)$$

У роботі [24] синтезована математична модель процесу самостійного засвоєння студентом знань у міжлекційний період та розроблено методику її ідентифікації. Також запропоновано спосіб побудови графіка процесу засвоєння студентом знань з навчальної дисципліни упродовж триместру.

На рис. 1.11 представлені графіки процесу засвоєння студентом навчальної дисципліни у перший міжлекційний період в разі самостійного вивчення матеріалу, викладеного на першій лекції, через три дні після неї (суцільна крива 1) та за дві години до наступної лекції (штрихова крива 2).

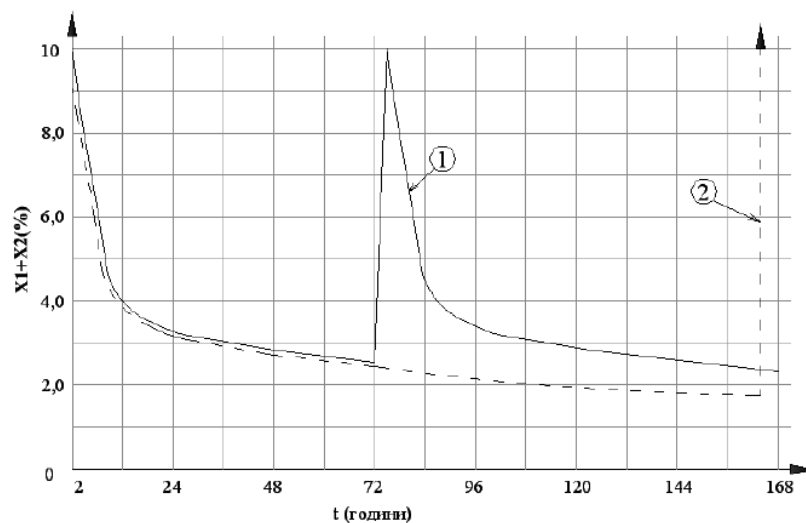


Рисунок 1.11 – Графіки процесу засвоєння студентом навчальної дисципліни у перший міжлекційний період в разі самостійного вивчення матеріалу, викладеного на першій лекції, через три дні після неї (суцільна крива 1) та за дві години до наступної лекції (штрихова крива 2)

Цілком очевидно, що графіки процесу засвоєння студентом навчальної дисципліни після наступних лекцій у наступних міжлекційних періодах будуть мати аналогічний вигляд. А тому графіки процесу засвоєння цієї навчальної дисципліни протягом триместру виглядатимуть так, як показано на рис.1.12, на якому суцільною лінією 1 зображено графік процесу засвоєння навчальної дисципліни у разі, якщо самостійно студент вивчатиме матеріал кожної лекції через три дні після її прослуховування, а штриховою лінією 2 зображено графік процесу засвоєння студентом навчальної дисципліни у разі, якщо самостійно студент вивчатиме матеріал кожної лекції за дві години до наступної лекції.

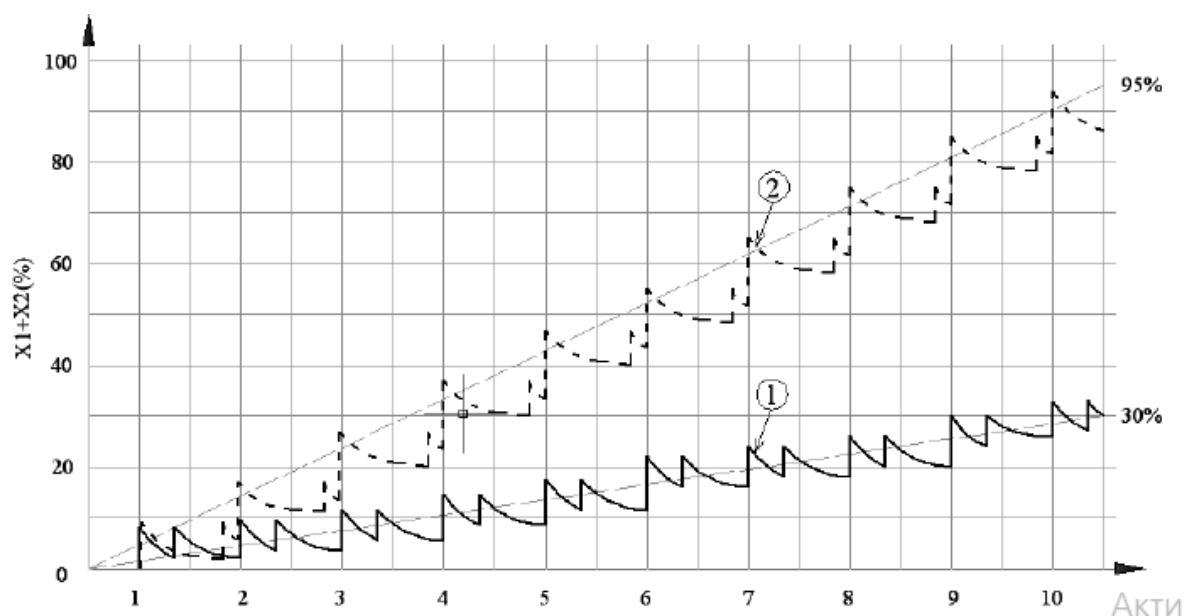


Рисунок 1.12 – Графіки процесу засвоєння студентом навчальної дисципліни для двох вищевказаних варіантів її вивчення ним самостійно у міжлекційні періоди

В роботі [24] показано, що чим ближче до наступної лекції студент самостійно відновлює знання, отримані на попередній лекції, тим більшу кількість знань з даної навчальної дисципліни він матиме у кінці триместру.

В роботі [90] С. І. Бухкало проведено аналіз методичного комплексу навчання й оцінки знань випускників вищих навчальних закладів різного рівня навчання з метою вибору способів компетентнісного підходу до активізації технічної творчості студентів. Описані методики комплексного контролю для деяких видів робіт студентів. Наведені в роботі методи дозволяють максимально повно використовувати здатності студентів, що сприяє кращому засвоєнню ними матеріалу для вивчення.

В роботі [91] А.Е. Grnaz досліджено проблему забування вивченого матеріалу студентами. В ході дослідження виявлено основні причини, через які деякі студенти забувають вивчений матеріал та запропоновано способи подолання цієї проблеми.

В роботі [92] Carpenter, S. K., Cepeda, N. J., Rohrer, D., Kang, S. H. K., Pashler, H досліджено типи навчання, що виграють від інтервального вивчення матеріалу та

досліджено часові інтервали протягом яких повинні бути ці інтервальні вивчення, щоб вони були максимально ефективними для студентів.

В роботі [93] Kapler, I. V., Weston, T., Wiseheart, M. представлені результати дослідження, що показують позитивний ефект інтервалу в освітньому контексті, зокрема те, що інтервальний огляд матеріалу лекції покращив пам'ять студентів як простішого матеріалу, так і матеріалу вищого рівня. Так, у дослідженні прийняли участь 169 студентів бакалаврату, які відвідали лекцію, де їм був представлений матеріал навчальної програми з природничих наук. Учасники дослідження переглядали матеріал через день або вісім днів після лекції за допомогою онлайн-перегляду. Студенти проходили остаточний тест з матеріалу лекції через п'ять тижнів після кожного відповідного огляду. Під час огляду та підсумкового тесту учасникам задавалися як прості, так і питання більш високого рівня. Результати показали, що перегляд матеріалу через вісім днів після лекції привів до кращої результативності підсумкового тесту для обох типів питань порівняно з переглядом лише через один день після лекції.

1.2. Аналіз результатів дослідження підсистеми викладачів та науковців, отриманих і опублікованих іншими дослідниками

Важливу роль у функціонуванні будь-якої організації відіграють інтелектуальний капітал і людські ресурси, які є безпосередньою рушійною силою розвитку системи. Проблема ефективного управління науково-педагогічним персоналом у вищих навчальних закладах України відноситься до числа найбільш актуальних, оскільки від якості її розв'язання суттєво залежить соціально-економічний та науково-технічний розвиток держави. А одним із головних завдань при розв'язанні цієї проблеми є вдосконалення системи мотивації та підвищення задоволеності працею науково-педагогічного персоналу. Незважаючи на вже досягнуті результати, отримані при розв'язанні згаданої проблеми, ряд її аспектів

потребують подальшого дослідження. Зокрема, недостатньо розробленими залишаються питання адекватного оцінювання та мотивації ефективної діяльності науково-педагогічних працівників ЗВО. Саме тому актуальною є задача формування і застосування ефективних науково обґрунтованих математичних моделей оцінювання діяльності науково-педагогічного персоналу вищих навчальних закладів, придатних для управління ефективністю цієї діяльності [5].

У роботі [5] синтезовано структури систем управління ефективністю діяльності професорсько-викладацького складу ЗВО за трьома напрямками – підготовки кваліфікованих науково-педагогічних кадрів та високоякісної наукової продукції, створення нових інформаційних технологій навчання, виховної роботи зі студентами; розроблено математичну модель системи рейтингового управління ефективністю діяльності науково-педагогічного персоналу ЗВО у напрямку підготовки науково-педагогічних кадрів вищої кваліфікації, що ґрунтується на сингулярних стохастичних процесах з керованим трендом; розроблено нові математичні моделі для систем рейтингового управління ефективністю діяльності науково-педагогічного персоналу ЗВО у напрямках створення освітніх інформаційних технологій та виховання студентів, основані на нечітких множинах і теорії лінгвістичної змінної; створено бази знань для ідентифікації моделей та реалізації рейтингового управління науково-педагогічним персоналом ЗВО в трьох вказаних напрямках діяльності; запропоновано систему матеріального стимулювання професорсько-викладацького складу ЗВО, в основу якої покладено розроблені авторами цього дослідження структури систем управління та економіко-математичні моделі.

В праці [5] авторами Б. І. Мокіним та Ю. В. Мокіною науково обґрунтовано, що з метою підвищення ефективності наукових досліджень та підготовки висококваліфікованих науково-педагогічних кадрів у ЗВО доцільно визначати та встановлювати надбавки докторам наук та професорам ЗВО за ефективну діяльність у напрямку підготовки висококваліфікованих науково-педагогічних кадрів та створення якісної наукової продукції. Самі ці надбавки в межах підсистеми

додаткового матеріального стимулювання і будуть виступати в ролі основних матеріальних стимулів ефективної діяльності для докторів наук та професорів ЗВО. Зазначені надбавки пропонується визначати за формулою:

$$H_i = \frac{E_i^*}{E_{max}^*} \cdot H_{max}, i = \overline{1, p} \quad (1.13)$$

де E_i^* – результуючий комплексний коефіцієнт ефективності наукової та науково-педагогічної діяльності i -го доктора наук чи професора;

E_{max}^* – максимальний серед усіх визначених для професорів та докторів наук даного вузу результуючий комплексний коефіцієнт ефективності їх наукової та науково-педагогічної діяльності;

H_{max} – максимальний розмір вказаної надбавки для даного ЗВО згідно з встановленими нормативами для вищих навчальних закладів України (для Вінницького національного технічного університету, на базі якого проважалося дослідження та апробація моделі, $H_{max} = 50\%$);

p – загальна кількість професорів та докторів наук у даному ЗВО, яким встановлюється вказана надбавка.

Запропонований порядок визначення розмірів надбавок до посадових окладів докторів наук та професорів ЗВО є простим, чітким та справедливим відносно до працівників зазначеної категорії, оскільки встановлені таким чином надбавки повністю відображають індивідуальний внесок у розбудову ЗВО та у відтворення його науково-педагогічного потенціалу кожного доктора наук та професора протягом усього строку їх діяльності у ЗВО.

У статті [94] авторами розроблена методика оцінювання ефективності діяльності докторів наук та професорів та встановлення на базі отриманих оцінок надбавок до посадових окладів впроваджена у ВНТУ з 1 вересня 2004 року. Дане впровадження стало одним із дієвих чинників того, що у 2004—2005 навчальному році частка випускників аспірантури, які достроково або вчасно завершили роботу над

кандидатськими дисертаціями, зросла з 25 % до 64 %, а підсумковий показник ефективності аспірантури приблизно вчетверо перевищує середній показник по Україні.

В роботі [95] Мокіним Б.І та Мокіною Ю. В. синтезовано систему управління ефективністю діяльності докторів наук, професорів вищих навчальних закладів у напрямку підготовки ними висококваліфікованих науково-педагогічних кадрів та створення високоякісної наукової продукції з написанням і виданням монографій на заключному етапі досліджень. Запропоновано узагальнену математичну модель синтезованої системи, наповнення конкретним змістом якої приведе до ідентифікації цієї системи та алгоритмізації процесів управління.

Авторами роботи [96] Мокіним Б.І та Маримончик Ю. В. запропонована методика оцінки ефективності діяльності елітної складової персоналу ЗВО, професорів та докторів наук, у напрямку підготовки висококваліфікованих науково-педагогічних кадрів та випуску високоякісної наукової продукції, яка, на наш погляд, дає змогу отримати достовірні та об'єктивні результати по даній категорії працівників ЗВО і визначити адекватний розмір надбавок за ефективну діяльність за запропонованим нами критерієм.

У роботі [97] визначено критерії оцінювання ефективності діяльності науково-педагогічного персоналу ЗВО зі створення навчально-методичної бази для реалізації технології дистанційного навчання. Також проведено адаптацію нечітких математичних моделей до умов оцінювання видів навчально-методичної діяльності науково-педагогічного персоналу ЗВО. Побудовано методику оцінювання видів навчально-методичної діяльності науково-педагогічного персоналу ЗВО, які можуть бути використані у процесі реалізації технології дистанційного навчання.

В роботі [98] авторами Б. І Мокіним та Ю. В. Мокіною удосконалено методику оцінки ефективності діяльності докторів наук та професорів у напрямку підготовки науково-педагогічних кадрів та створення якісної наукової продукції, запропоновану авторами раніше. Також представлено результати апробації запропонованої методики

встановлення надбавок за ефективну діяльність докторів наук та професорів у напрямку підготовки кваліфікованих науково-педагогічних кадрів та випуску якісної наукової продукції у Вінницькому національному технічному університеті

В роботі [99] С. М. Рудченком досліджено проблему мотивації та стимулювання праці науково-педагогічних працівників вищої школи. Проаналізовано мотиви трудової діяльності викладачів ЗВО. Розглянуто методи нематеріального стимулювання їх праці.

В роботі [100] А. В. Мордовець узагальнені шляхи підвищення ефективності роботи науково-педагогічних працівників вищого навчального закладу за рахунок методик стимулювання праці науково-педагогічних працівників та розроблено рекомендації для ЗВО, спрямованих на оптимізацію та раціоналізацію процесів мотивації науково-педагогічних працівників.

В статті [101] Грищенко І. М. проаналізовано шляхи підвищення оплати праці науково-педагогічних працівників вищих навчальних закладів та узагальнено критерії оцінювання результативності їх діяльності. Запропоновано практичні заходи з підвищення мотивації праці викладачів у вищій школі через посилення матеріального стимулювання особистого внеску кожного та колективу в цілому. Розглянуто також деякі аспекти матеріального забезпечення і зміцнення суспільного статусу науково-педагогічних працівників у світлі нового Закону України «Про вищу освіту».

В роботі [102] Остапчук Т. П., Бірюченко С. Ю., Боровською А. О. розглянуто та проаналізовано сутність системи стимулювання й мотивації науково-педагогічного персоналу. Досліджено сучасні форми і методи матеріальної та нематеріальної мотивації праці працівників сфери вищої освіти України, адже мотивація безпосередньо впливає на рівень ефективності діяльності працівників, що дозволить досягти значних змін в системі освіти. Визначено три групи факторів матеріальної системи мотивації праці з розподілом на заробітну плату відповідно до встановлених систем оплати праці, соціальних виплат та доходів від здійснення діяльності. Нематеріальну мотивацію запропоновано поділяти на соціальні та альтруїстичні

мотиви залежно від отриманого соціального статусу та корисності праці. Окреслено недоліки як в матеріальній, так й в нематеріальній мотивації праці науково-педагогічного персоналу. Проаналізовано рівень заробітної плати науково-педагогічних працівників в Україні та країнах, що розвиваються, відповідно на основі цього зроблено SWOT-аналіз. Розкрито взаємозв'язок між стимулюванням науково-педагогічного персоналу і системою надбавок та доплат, а також результативними показниками діяльності закладів вищої освіти. На основі дослідження було виділено основні принципи управління системою стимулювання науково-педагогічних працівників. Визначено слабе державне стимулювання педагогічних працівників та запропоновані основні напрями нематеріальної мотивації співробітників закладами вищої освіти.

В статті [103] Kallio K. M., Kallio T. J. розглянуто ефективність управління за результатами з точки зору мотивації праці науково-педагогічних працівників фінських університетів.

Обговорення стану вищої освіти в Австралії представлено в роботі [104] John Kenney. Розглянуто кумулятивні ефекти багатьох змін, що відбулися у вищій освіті за останні роки. Проаналізовано ефективність і результативність у вищих навчальних закладах.

В роботі [105] M. Blašková, R. Blaško, I. Figurska, A. Sokol досліджена мотивація та розвиток мотиваційної компетенції науково-педагогічних працівників вищих навчальних закладах двох країн: Словаччини та Польщі.

В роботі [106] M. Blašková, R. Blaško йдеться про мотивацію викладачів вищих навчальних закладах, зокрема мотивацію пов'язану з винагородою. Показано, що важливе місце в мотивації науково-педагогічних працівників і керівників ЗВО займає оплата праці, що комплексно розуміється як система ефективних мотиваторів.

Проблемі мотивації праці науково-педагогічних працівників в закордонних вищих навчальних закладах присвячені також роботи [107-111].

1.3 Аналіз результатів дослідження підсистеми матеріально-технічного забезпечення, отриманих і опублікованих іншими дослідниками

Процес переходу до інформаційного суспільства, а також соціально-економічні зміни, що відбуваються в Україні, вимагають суттєвих змін у багатьох сферах діяльності держави. Насамперед це стосується реформування галузі освіти та інновацій в забезпеченні навчального процесу. Тенденція використання інформаційних та телекомунікаційних технологій полягає в створенні систем, які здатні не тільки виконувати інформаційно-аналітичні функції, але й створювати умови для оперативного керівництва розподіленим дистанційним навчальним процесом, бути ефективним середовищем організації й управління процесом навчання та укладання ефективного забезпечення навчального процесу [112]. Це дає можливість зробити універсальним процес планування навчального процесу та підготовки навчально-методичних матеріалів для різних форм навчання та різних структур навчальних програм. Використання інформаційних комунікаційних технологій повинно оптимізувати процеси управління навчальним процесом і створити ефективну організаційну структуру. Забезпечення навчального процесу за допомогою технічних, інформаційних, інтелектуальних та програмних інновацій надзвичайно важливо в контексті управління сучасним розподіленим навчальним процесом [112-116].

В роботі [117] В. А. Андруником, Л. Б. Чирун, Л. В. Чирун запропоновано інтелектуальну систему аналізу матеріально-технічного забезпечення структурної одиниці навчального закладу. Запропонована інтелектуальна система є складовою комплексної інтелектуальної інформаційної системи аналізу матеріально-технологічного забезпечення навчального процесу для структурної одиниці навчального закладу. Побудована інтелектуальна система аналізу матеріально-технічного забезпечення структурної одиниці навчального закладу дає можливість полегшити та прискорити роботу працівників структурної одиниці навчального

закладу, забезпечить швидкий та легкий доступ до необхідної інформації, підвищить якість та ефективність функціонування забезпечення структурної одиниці навчального закладу.

В роботі [118] досліджено проблему матеріально-технічного забезпечення наукових досліджень у вітчизняних вищих навчальних закладах. Проаналізовано законодавчі та нормативно-правові документи з питань розвитку матеріально-технічної бази університетів. Наведено інформацію щодо активності окремих вищих навчальних закладів з подання заявок на здобуття грантів для розвитку дослідницької інфраструктури та участі у міжнародних проектах. Запропоновано заходи з удосконалення та розвитку приладної бази.

1.4 Аналіз результатів дослідження підсистеми фінансового забезпечення, отриманих і опублікованих іншими дослідниками

Зміцнення і розвиток освітнього потенціалу є ключовою передумовою прогресивного розвитку кожної країни та невід'ємним компонентом забезпечення суспільного добробуту. Про справедливість такого твердження свідчить підвищена увага до розвитку освіти урядів різних країн, міжнародних організацій, наукової спільноти. Вища освіта є основою людського розвитку, сприяє набуттю знань, навичок і компетенцій, що формують майбутнього фахівця, зміцнюють людський потенціал держави, ефективно задіяння якого сприяє прогресивному інноваційному розвитку суспільства, науково-технічному прогресу, підвищенню продуктивності праці, покращенню якості життя. Водночас, прогресивний розвиток вищої освіти можливий лише за умови належного її фінансування, обґрунтованого, дієвого і ефективного поєднання освітньої і фінансової політики держави [119].

Дослідженню проблем фінансування вищої освіти присвячені праці вітчизняних науковців: [1], [4], [15], [119-134].

Так в роботі [15] побудовані узагальнені математичні моделі та розкрита внутрішня структура складових ієрархічної синергетичної університетської системи на 5-му рівні ієрархії, на якому знаходяться органи управління і матеріального та фінансового забезпечення університету в цілому (блок УЗУ), і які замикають університетську синергетичну систему.

Також в роботі [15] з'ясовані особливості взаємодії складових 5-го рівня ієрархії синергетичної університетської системи між собою.

В роботі [15] визначено внутрішню структуру блоку управління і забезпечення університету (УЗУ). Як відомо, університет очолює ректор (Р), який обирається конференцією трудового колективу університету (ККУ) і який разом з проректорами, котрі є його заступниками за основними напрямками діяльності університету, та головним бухгалтером (ГБ), складає ядро ректорату (РТ) — основного колективного органу виконавчої влади в університеті.

Як правило, до складу ректорату входять також директори навчально-наукових (ДННІ) та інтегруючих (ДІ) інститутів і керівники адміністративно-управлінських відділів, які за статутом не через проректорів і головного бухгалтера, а безпосередньо підпорядковані ректору — це відділ кадрів (ВК), 1-й відділ (1В), 2-й відділ (2В), юридичний відділ (ЮВ), планово-фінансовий відділ (ПФВ), приймальна комісія (ПК), канцелярія (К), архів (А), відділ техніки безпеки (ТБ) та штаб цивільної оборони (ЦО). Оскільки згідно з міжнародним визначенням університет є регіональним центром вищої освіти, науки і інновацій, а також центром культурно-виховної роботи, то ректор університету зобов'язаний мати як мінімум трьох проректорів — з навчальної та методичної роботи (ПНМ), з наукової та інноваційної роботи (ПНР) та з виховної роботи (ПВР). Але, якщо університет не є карликовим і має розвинену інфраструктуру, то ректору потрібен ще й проректор з адміністративно-господарської роботи (ПАГ). Ну і ті університети, які є членами міжнародних освітніх асоціацій та консорціумів, створюваних під спільні освітні або наукові проекти, а також центрами підготовки кадрів для інших країн, не можуть ефективно здійснювати цю діяльність,

не маючи проректора з міжнародних зв'язків та внутрішньої і зовнішньої інтеграції (ПМЗІ).

Внутрішня структура ректорату університету, як підсистеми блоку управління і забезпечення університету на прикладі Вінницького національного технічного університету, наведена на рис. 1.13 [15].

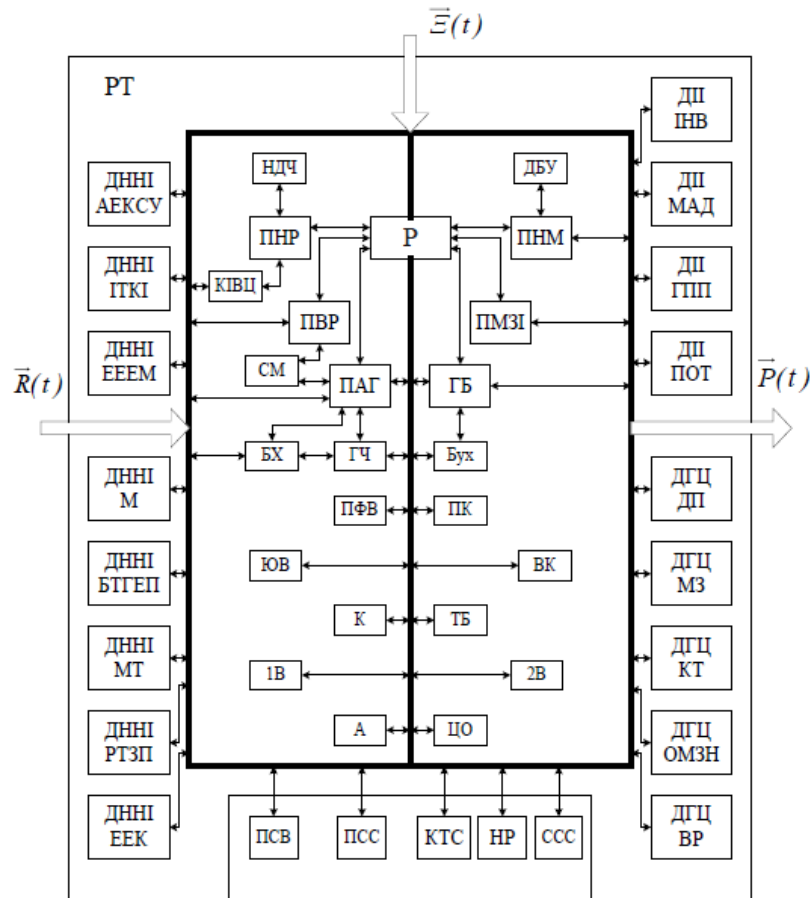


Рисунок 1.13 – Внутрішня структура ректорату ВНТУ

На рис. 1.13 абрєвіатури інститутів: АЕКСУ — автоматики, електроніки та комп'ютерних систем управління; БТЕГП — будівництва, теплоенергетики та газопостачання; ЕЕЕМ — електроенергетики та електромеханіки; ЕЕК — екології та екологічної кібернетики; ІТКІ — інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії; М — менеджменту; МТ — машинобудування і транспорту; РТЗП —

радіоелектроніки, зв'язку та приладобудування; ІНВ — інтеграції навчання з виробництвом; МАД — магістратури, аспірантури та докторантури; ГПП — гуманітарно—педагогічних проблем; ПОТ — прогресивних освітніх технологій; ДП — довузівської підготовки; ВР — виховної роботи; МЗ — міжнародних зв'язків; ОМЗН — організації та методичного забезпечення навчання.

Аналогічно тому, як ректор має у своєму безпосередньому підпорядкуванні ряд структурних підрозділів, керівників яких введено до внутрішньої структури ректорату безпосередньо, так і кожний проректор має підпорядковані безпосередньо йому підрозділи, за допомогою яких він реалізує покладені на нього функції.

Як виконавчі органи, за допомогою яких проректор з навчальної та методичної роботи (ПНМ), реалізує свої функції, цьому проректору підпорядковані Головний центр організаційного та методичного забезпечення навчання (ГЦ ОМЗН) та бібліотека університету (БУ). У свою чергу до структури ГЦ ОМЗН входять навчальний відділ (НВ), інформаційно-аналітичний центр керування навчальним процесом (ІАЦ) та навчально-методичний відділ (НМВ), до складу якого входить і редакція підручників та навчальних посібників. Формально до структури ГЦ ОМЗН входять і диспетчерські центри інститутів (ДЦІ). А усі рішення структурних складових, підпорядкованих безпосередньо проректору з навчальної та методичної роботи, обговорюються і формуються методичною радою університету (МРУ), головою якої є проректор з навчальної та методичної роботи, а до її складу входять представники від усіх факультетів. Тож вона має прямі зв'язки з методичними радами факультетів (МРФ). Звичайно ж, саме цьому проректору підпорядковані інститут прогресивних освітніх технологій, який у свою чергу у своїй структурі має центр формування другої вищої освіти (ЦФДВО), центр розробки нових освітніх технологій, в тому числі дистанційних, (ЦРНОС(Д)), та центр освоєння нових інформаційних технологій на умовах отримання сертифікатів, а не дипломів (ЦОНІТ).

Структура підсистеми ПРТ-НМ ректорату, яку очолює проректор з навчальної та методичної роботи, представлена на рис. 1.14.

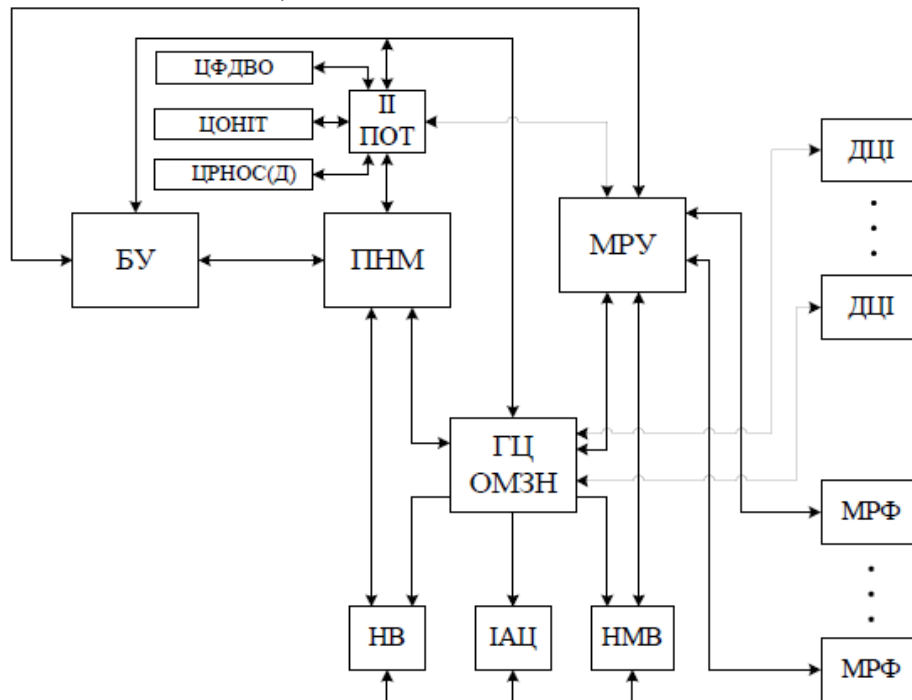


Рисунок 1.14 – Внутрішня структура підсистеми, яку очолює проректор з навчальної та методичної роботи

Підсистему ПРТ—НР ректорату РТ очолює проректор з наукової та інноваційної роботи ПНР.

В якості виконавчих органів проректор з наукової та інноваційної роботи має чотири організаційні структури — науково-дослідну частину НДЧ, інтегральний інститут магістерської підготовки наукового напрямку, аспірантури та докторантури ПМАД, головний центр комп’ютерної техніки та її програм-ного забезпечення (ГЦКТ) та комп’ютерно-інформаційний видавничий центр (КІВЦ).

Структура підсистеми ПРТ—НР ректорату РТ, яку очолює проректор з наукової роботи (ПРН), представлена на рис. 1.15.

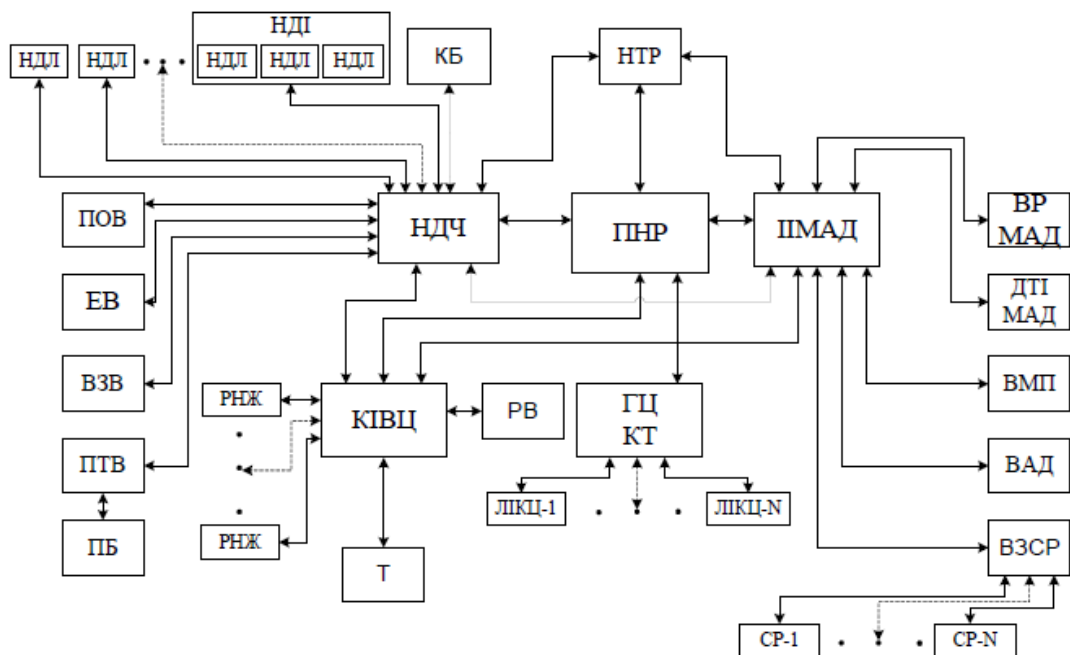


Рисунок 1.15 – Внутрішня структура підсистеми, яку очолює проректор з наукової роботи

Підсистему ПРТ—ВР очолює проректор з виховної роботи (ПВР). В якості виконавчих структур цей проректор має три організаційні структури – Головний центр виховної роботи (ГЦВР) та інтеграційний інститут гуманітарно-педагогічних проблем, які є йому підпорядкованими по адміністративній лінії, а також система студентського самоврядування (ССС), на яку він здійснює вплив через співпрацю.

На рис. 1.16 представлена підсистема ПРТ—ВР ректорату, яку очолює проректор з виховної роботи.

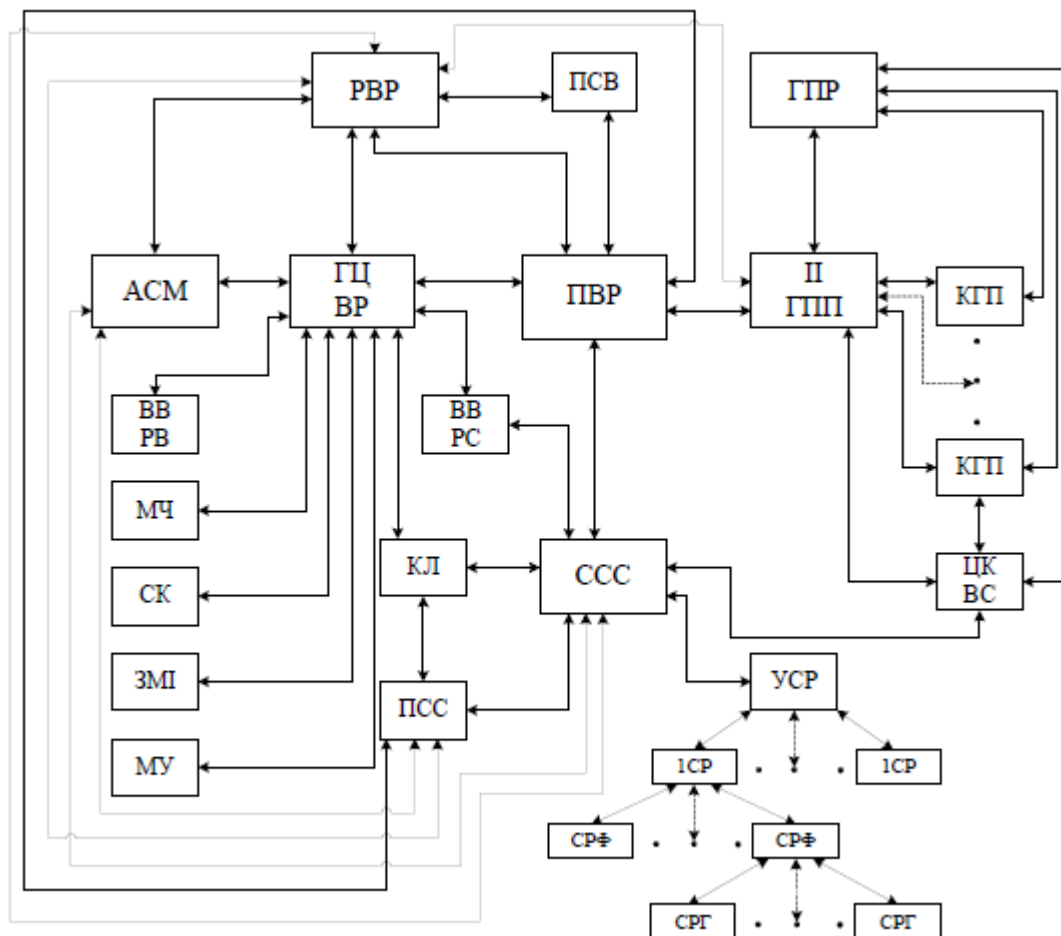


Рисунок 1.16 – Внутрішня структура підсистеми, яку очолює проректор з виховної роботи

Підсистему ПРТ—МЗІ ректорату відповідно очолює проректор з міжнародних зв'язків та внутрішньої і зовнішньої інтеграції (ПМЗІ). В якості виконавчих структур цей проректор має дві організаційні структури: Головний центр міжнародних зв'язків (ГЦМЗ) та інститут інтеграції навчання з виробництвом (ІНВ), потужність яких залежить від масштабу університету.

На рис. 1.17 представлена підсистема ПРТ-МЗІ ректорату, яку очолює проректор з міжнародних зв'язків та внутрішньої і зовнішньої інтеграції.

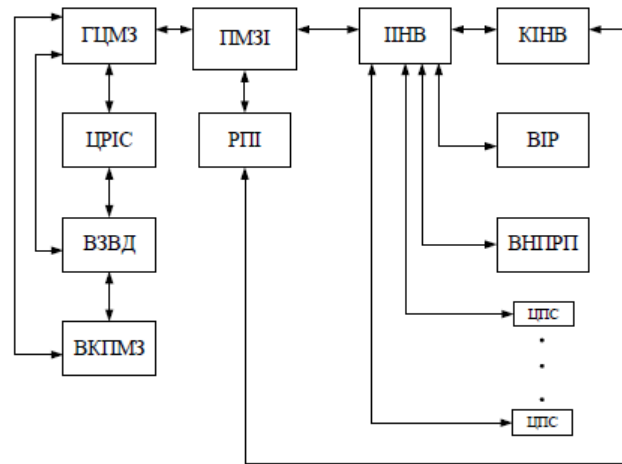


Рисунок 1.17 – Внутрішня структура підсистеми, яку очолює проректор з міжнародних зв'язків та внутрішньої і зовнішньої інтеграції

Підсистему ПРТ—ГР ректорату очолює проректор з адміністративно-господарської роботи (ПАГ), який реалізує свої функції за допомогою однієї структури — господарської частини (ГЧ).

Підсистема ПРТ—ГР ректорату, яку очолює проректор з адміністративно-господарської роботи, представлена на рис. 1.18.

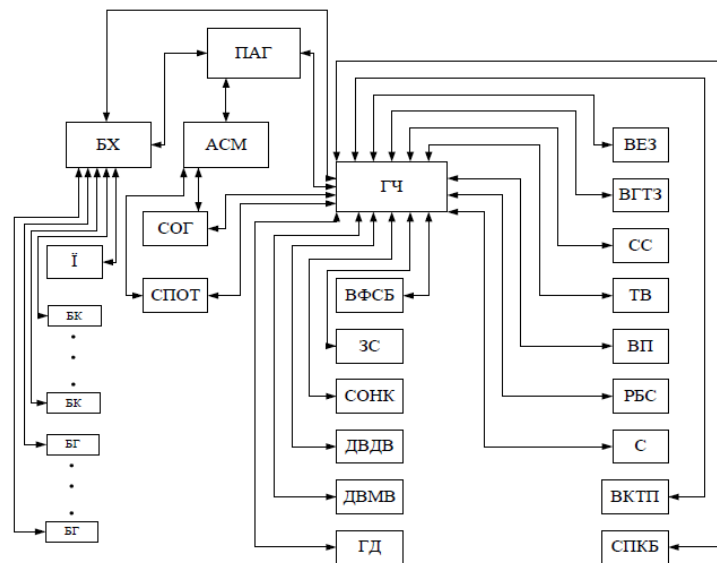


Рисунок 1.18 – Внутрішня структура підсистеми, яку очолює проректор з адміністративно-господарчої роботи

Підсистему ПРТ—ГБ, очолює головний бухгалтер університету (ГБ).

Структура, за допомогою якої реалізує свої функції головний бухгалтер, представлена на рис. 1.19, де ББ — бухгалтерія, що обслуговує фінансові потоки з коштів державного бюджету, БН — бухгалтерія, що обслуговує фінансові потоки з коштів, виділених на наукові дослідження, БПП — бухгалтерія, яка обслуговує фінансові потоки платних послуг, що надаються університетом населенню, КРС — контрольно-ревізійна служба, БСОМП — бухгалтерська служба обслуговування матеріальних потоків, БСОЗК — бухгалтерська служба обслуговування зарплатних карток, К — каса, БСВБК — бухгалтерська служба взаємодії з банками і казначейством, БЦОКПЗ — бухгалтерський центр обслуговування комп'ютерів і їх програмного забезпечення.

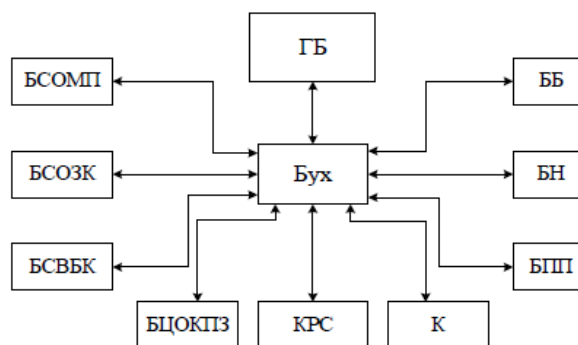


Рисунок 1.19 – Внутрішня структура підсистеми, яку очолює головний бухгалтер університету

В блок управління і забезпечення університету (УЗУ) крім головного виконавчого органу влади – ректорату РТ входять ще кілька підсистем, а саме: конференція трудового колективу (ККУ), яка обирає ректора, а тому є аналогом системи виборщиків від народу; вчена рада університету (ВРУ), рішення якої втілює в життя ректор своїми наказами, а проректори — своїми розпорядженнями, що робить її аналогом законодавчого органу влади; наглядова рада університету (НРУ), яка є аналогом прокуратури, та троїстий аналог судової влади КТС (комісія по трудовим

спорам) – ССС (система студентського самоврядування) — ПСК (профспілковий комітет, який представляє профспілку викладачів ПСВ і профспілку студентів ПСС).

Тож структуру блоку УЗУ [15], який знаходиться на 5-му рівні ієрархії університетської системи, можна представити так, як показано на рис. 1.20.

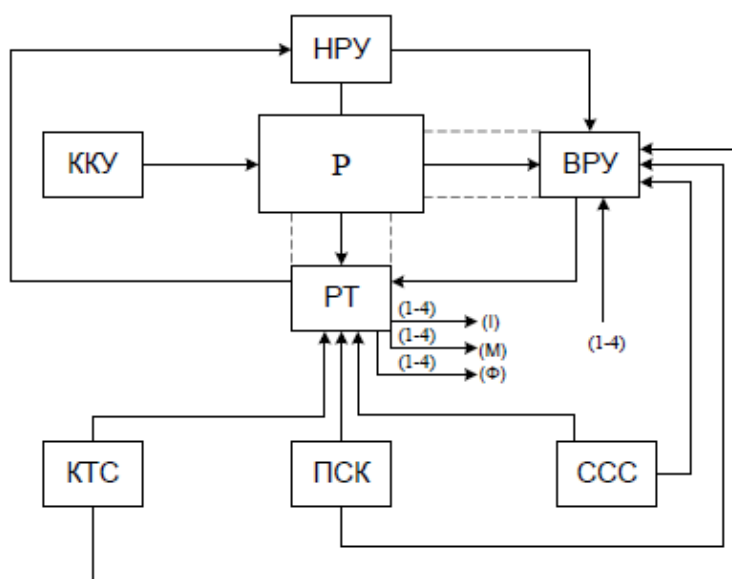


Рисунок 1.20 – Структура блоку управління і матеріального та фінансового забезпечення університету, який знаходиться на 5-му рівні університетської ієрархічної системи

В праці [4] Н. С. Гончарук, Ю. В. Мокіною, Б. І. Мокіним проаналізовано особливості фінансування вищих навчальних закладів в Україні та закордоном.

На рис. в роботі [4] наведено структурну схему трьох нижніх рівнів ієрархії системи формування коштів університету від надання платних послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом

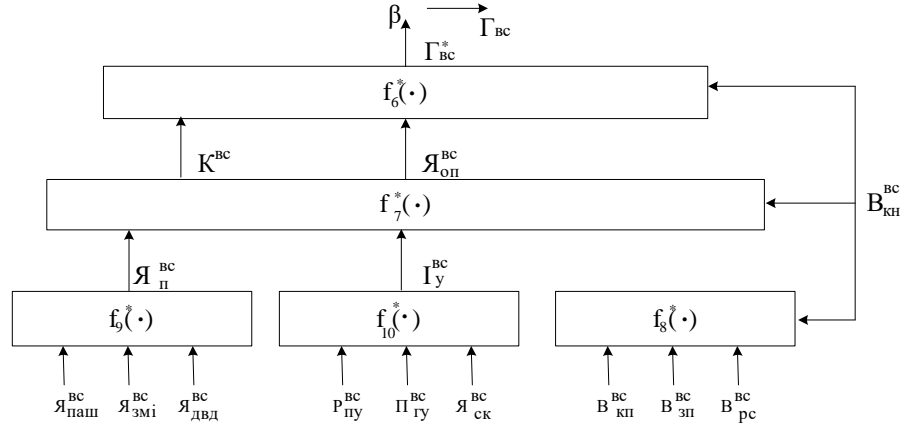


Рисунок 1.21 – Структурна схема трьох нижніх рівнів ієрархії системи формування коштів університету від надання платних послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом, після корекції

Для синтезу математичної моделі нечіткого управління процесом надходження до університету коштів від вітчизняних студентів, що навчаються за контрактом, на 3-му рівні ієрархії системи їх формування у роботі [4] використано математичну модель, яка є адекватною узагальненій моделі:

$$\Gamma_{вс}^* = f_6^*(K^{вс}, B_{кн}^{вс}, Я_{оп}^{вс}) \quad (1.14)$$

Система рівнянь нечіткої логіки відносно функцій незалежності відповідних термів має вигляд:

$$\mu_{K,B,Y}^H(u) = \max_{j \rightarrow 1,2,3,4,5,6} \left\{ \begin{array}{l} \left[\min(\mu_K^H(u), \mu_B^H(u), \mu_Y^H(u)) \right]_{j=1}, \min \left[(\mu_K^H(u), \mu_B^H(u), \mu_Y^C(u)) \right]_{j=2}, \\ \min \left[(\mu_K^H(u), \mu_B^H(u), \mu_Y^B(u)) \right]_{j=3}, \min \left[(\mu_K^H(u), \mu_B^C(u), \mu_Y^H(u)) \right]_{j=4}, \\ \min \left[(\mu_K^H(u), \mu_B^C(u), \mu_Y^C(u)) \right]_{j=5}, \min \left[(\mu_K^C(u), \mu_B^H(u), \mu_Y^H(u)) \right]_{j=6} \end{array} \right\} \quad (1.15)$$

$$\mu_{K,B,Y}^C(u) = \max_{j \rightarrow 1,2,3,4,5,6,7,8,9} \left\{ \begin{array}{l} \left[\min(\mu_K^C(u), \mu_B^H(u), \mu_Y^C(u)) \right]_{j=1}, \min \left[(\mu_K^C(u), \mu_B^H(u), \mu_Y^B(u)) \right]_{j=2}, \\ \min \left[(\mu_K^C(u), \mu_B^C(u), \mu_Y^H(u)) \right]_{j=3}, \min \left[(\mu_K^C(u), \mu_B^C(u), \mu_Y^C(u)) \right]_{j=4}, \\ \min \left[(\mu_K^C(u), \mu_B^C(u), \mu_Y^B(u)) \right]_{j=5}, \min \left[(\mu_K^B(u), \mu_B^H(u), \mu_Y^B(u)) \right]_{j=6}, \\ \min \left[(\mu_K^B(u), \mu_B^C(u), \mu_Y^C(u)) \right]_{j=7}, \min \left[(\mu_K^B(u), \mu_B^C(u), \mu_Y^H(u)) \right]_{j=8}, \\ \min \left[(\mu_K^B(u), \mu_B^H(u), \mu_Y^H(u)) \right]_{j=9} \end{array} \right\} \quad (1.16)$$

$$\mu_{K,B,Y}^B(u) = \max_{j \rightarrow 1,2,3} \left\{ \begin{array}{l} \left[\min \left(\mu_K^B(u), \mu_B^B(u), \mu_Y^B(u) \right) \right]_{j=1}, \min \left[\left(\mu_K^B(u), \mu_B^B(u), \mu_Y^C(u) \right) \right]_{j=2}, \\ \left[\min \left[\left(\mu_K^B(u), \mu_B^C(u), \mu_Y^B(u) \right) \right]_{j=3} \right] \end{array} \right\} \quad (1.17)$$

Отримана нечітка база знань, виражена співвідношеннями (1.15, 1.16, 1.17) і задає математичну модель ланки 3-го рівня ієрархії системи формування коштів, що надходять у вигляді плати за освітні послуги від вітчизняних студентів, що навчаються за контрактом.

В роботі [4] авторами Н. С. Гончарук, Ю. В. Мокіною, Б. І. Мокіним здійснено синтез математичних моделей для прогнозування надходжень грошових коштів до вищих навчальних закладів за платні послуги та для управління цим процесом. Також приведено застосування синтезованих математичних моделей для прогнозування та управління процесом надходжень грошових коштів за платні послуги ЗВО, що свідчить про те, що авторами роботи було досліджено лише один із напрямів дослідження шляхів реформування вищої школи, а саме фінансове забезпечення ЗВО.

В праці [1] визначено структури моделей процесу надходження до університету коштів за надання платних освітніх послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом, які придатні для управління цим процесом, оскільки у них використані такі змінні, на які можна здійснювати вплив.

В роботі [120] Л. О. Попович узагальнено аспекти механізму фінансування ЗВО. Окреслено позиції фінансово-економічного забезпечення ЗВО. Наведено схему організації фінансово-економічного забезпечення механізмів державного управління вищою освітою. Проаналізовано бюджетне фінансування на розвиток системи освіти в країнах Західної Європи. Подано класифікації видатків бюджету на фінансування ЗВО. Надано класифікацію джерел фінансування науки та освіти та виокремлено недержавне фінансування ЗВО.

Підходи до фінансування вищих навчальних закладів, структуру їхніх доходів та співвідношення державних і приватних витрат на освіту в Україні та країнах світу розглянуто в роботі [121]. Визначено основні форми залучення фінансових ресурсів

зкладами вищої освіти у міжнародній практиці. Досліджено напрями розвитку системи вищої освіти в країнах ЄС та встановлено, що збільшення обсягів державного фінансування притаманне більш розвиненим країнам із інноваційною моделлю розвитку економіки. Зазначено, що розвинуті країни не лише приділяють значну увагу розвиткові системи вищої освіти але й значно більшу частку витрат виділяють на користь середньої та після середньої не вищої освіти (робітнича кваліфікація). Проаналізовано існуючу модель фінансування освіти в Україні та сформульовано основні проблеми фінансування. Наведені рекомендації щодо вдосконалення підходів до фінансового забезпечення вищих навчальних закладів в Україні.

В статті [122] Т. А. Ящук проаналізовано сучасний стан фінансового забезпечення функціонування вищих закладів освіти. Досліджено теоретичні питання формування фінансового механізму та тенденції фінансування вищої освіти в Україні. Також проаналізовано основні показники стану та розвитку української системи освіти. Проведено статистичне дослідження основних показників фінансування вищої освіти України. вивчено структуру витрат за джерелами фінансування, за формою власності і функціями, які виконує вища освіта.

В роботі [123] проаналізовано сучасний стан вищої освіти держави та її фінансування на світовому й національному рівнях. З'ясовано, що витрати на вищу освіту зазнають постійних коливань, на що впливають, зокрема, зовнішні політичні та економічні фактори. За результатами проведеного наукового дослідження зроблено висновки, що роль держави у фінансуванні вищої освіти щорічно зростає, проте актуальним залишається залучення альтернативних джерел – участь в освітніх, наукових, інфраструктурних проектах, співпраця з бізнесом, виробництвом, випускниками, надання платних послуг, що формує перспективи розвитку освіти й науки – пріоритетної галузі економіки країни.

В роботі [124] розглянуто фінансування освітніх послуг: порядок та моделі фінансування, джерела фінансування, бюджетного планування та моделі фінансування системи освіти.

В статті [132] В. І. Mokin, V. B. Mokin та Y. V. Mokina розроблено систему підтримки прийняття рішень з використання коштів, отриманих вищим навчальним закладом від надання платних послуг, в основу якої покладено подвійне застосування матриці парних порівнянь Сааті. Використовуючи запропоновану систему підтримки прийняття рішень, адміністрація вищого навчального закладу зможе ще до початку отримання коштів від надання платних послуг спланувати їх ефективне використання у майбутньому. Вдосконалено критерій оцінювання компетентності експертів з цієї проблематики. Також в статті наведено приклад, що демонструє ефективність запропонованого математичного апарату для реальних експертних оцінок.

Дослідженню проблем фінансування вищої освіти присвячені також праці іноземних науковців: [135-143].

Так в роботі [135] В. Sanyal, С. Martin проаналізовано фактори, що впливають на нові тенденції фінансування вищої освіти. Описано роль держави у фінансуванні вищої освіти. Детально описано роль ефективного управління у фінансуванні вищої освіти та показано як покращити розподіл коштів управління грошовими резервами.

Як описано в роботі [136] А. Goksu, G.G.Goksu кожна країна використовує різну модель фінансування вищої освіти з різним рівнем успіху. У той час як деякі країни використовують переважно фінансування приватного сектора, інші використовують системи вищої освіти, які фінансуються державою. Внесок державного сектору у фінансування вищої освіти значно різниться в кожній країні. Останнім часом у багатьох країнах відбулися важливі зміни в системах вищої освіти. У результаті розвитку подій у цій сфері змінився баланс між рівнями внеску приватного та державного секторів у фінансування вищої освіти. В роботі [136] описані різні варіанти застосування систем фінансування вищої освіти та проаналізовано внесок різних суб'єктів, які беруть участь у фінансуванні вищої освіти. Проведено порівняльний аналіз системи вищої освіти в різних країнах.

В статті [137] Padlowska A. представлено стратегії розвитку вищої освіти в Польщі. Описано декілька зовнішніх умов функціонування польських університетів та важливі чинники розвитку вищої освіти та її стратегії.

В статті [138] описано етапи розвитку китайської системи фінансування вищої освіти, її еволюцію з моменту заснування Китайської Народної Республіки (КНР). Проаналізовано причини та характеристики реформування системи фінансування китайської вищої освіти та досліджено перспективи китайської фінансової реформи вищої освіти.

В роботі [139] M. Lung (Moladovan), I. Moldovan, N. Lung Alexandra описано деякі поточні проблеми фінансування вищої освіти в Європі та довгострокові проблеми в контексті поточної економічної рецесії.

В роботі [140] F. Huang розглянуто базову модель японських механізмів фінансування вищої освіти, основних змін, що відбулися в цих механізмах, та їх впливу на розвиток вищої освіти. Проаналізовано основні зміни, які відбулися у фінансуванні японської вищої освіти за останні роки, та ключові фактори, які вплинули на ці зміни. Також обговорено основні впливи та результати цих механізмів фінансування на розвиток вищої освіти в Японії.

В праці [141] W. J. Jacob, D. Neubauer, H. Ye. досліджено передові та найкращі практики шести моделей фінансування вищої освіти в Південно-Східній Азії та Океанії, зокрема університеті Бригама Янга – Гаваї (США), Далекосхідному університеті (Філіппіни), Національному університеті Сінгапуру (Сінгапур), Гавайському університеті (США), Південнотихоокеанському університеті (12 країн Океанії) та вищих навчальних закладів Вананга (Нова Зеландія).

В роботі [142] U. Teichler описані зміни у фінансуванні вищої освіти в Німеччині та їх передбачувані та непередбачувані наслідки.

В статті [143] S. Marginson наведено світові тенденції фінансування вищої освіти в Великобританії. В роботі зазначено, що вища освіта Великобританії за останні 40 років перейшла від майже повного державного фінансування до змішаної

системи фінансування, яка фінансується державою та приватними особами. Але а той же час система залишається під жорстким державним регулюванням і політичним контролем.

1.5 Аналіз результатів дослідження ідеології дуальності у вищій технічній освіті, отриманих і опублікованих іншими дослідниками

Дуальна форма здобуття освіти — це спосіб здобуття освіти, що передбачає поєднання навчання осіб у закладах освіти з навчанням на робочих місцях на підприємствах, в установах та організаціях для набуття певної кваліфікації, як правило, на основі договору про здійснення навчання за дуальною формою здобуття освіти [144].

Основне завдання впровадження елементів дуальної форми навчання — усунути основні недоліки традиційних форм і методів навчання майбутніх кваліфікованих працівників, подолати розрив між теорією і практикою, освітою і виробництвом та підвищити якість підготовки кваліфікованих кадрів, враховуючи вимоги роботодавців у межах нових організаційно відмінних форм навчання.

В роботі [145] О. М. Косарук, Б. І. Мокіна, О. Б. Мокіна представлені результати дослідження з розроблення і впровадження в університетську практику концепції інтеграції навчання студентів інженерних спеціальностей з виробництвом як варіанта реалізації ідеології дуальної освіти з метою підвищення якості професійної підготовки студентів і рівня готовності випускників закладів вищої технічної освіти до виконання інженерних обов'язків на підприємствах, на яких вони працюватимуть після закінчення навчання у ЗВО. Розглянуто теоретичні основи професійної підготовки майбутніх фахівців інженерних спеціальностей на засадах інтеграції навчання з виробництвом, методичні засади професійної підготовки майбутніх фахівців інженерних спеціальностей на засадах інтеграції навчання з виробництвом.

Експериментально перевірено ефективність запропонованої методики організації навчального процесу на основі інтеграції навчання з виробництвом.

В роботі [145] авторами розроблена методика оцінювання рівня практичної підготовки студента за технологією робітничої професії. Суть запропонованої методики полягає у тому, що на етапі оцінювання якості практичної підготовки студентів за ідеологією освоєння робітничої професії емпіричні закони розподілу дефазифікованих значень лінгвістичних змінних будуються в напрямку від верхнього рівня ієрархії до нижнього і виявляються ті з них, що мають відхилення від нормального; а на етапі підвищення якості практичної підготовки ті емпіричні закони розподілу, що мають відхилення від нормального, нормалізуються шляхом створення додаткових контрольованих впливів на відповідні лінгвістичні змінні базового рівня, що є вхідними для нижнього рівня ієрархії запропонованої структури.

Для того, щоб прогнозувати оцінкам $y_i^*, i=1,2,\dots,N$ рівня робітничої кваліфікації студентів, що являють собою дефазифіковані розв'язки нечіткої моделі

$$\{y_i^*\} = \{y_1^*, y_2^*, y_3^*, \dots, y_i^*, \dots, y_N^*\}, N \geq 50 \quad (1.18)$$

можна було довіряти, необхідно визначати їх одразу для потоку, в який входить не менше двох академічних груп, тобто визначати їх для сукупності N студентів, яка містить не менше 50 однорідних елементів.

Розіб'ємо увесь 100-бальний діапазон на 5 рівних частин Δ_j шириною в 20 балів кожна (в загальному вигляді таких частин може бути r).

Визначимо діапазони оцінок таким чином: діапазон від 81 бала до 100 назвемо п'ятим і позначимо Δ_5 , діапазон від 61 бала до 80 назвемо четвертим і позначимо Δ_4 , діапазон від 41 бала до 60 назвемо третім і позначимо Δ_3 , діапазон від 21 бала до 40 назвемо другим і позначимо Δ_2 , а діапазон від 0 балів до 20 назвемо першим і позначимо Δ_1 . Підрахуємо кількість $n_j, j = 1,2,3,4,5$, оцінок із множини (1.18), що попали в кожний із визначених діапазонів. Нехай

$$\{n_1, n_2, n_3, n_4, n_5\} = \{0; 2; 10; 28; 10\} \quad (1.19)$$

За формулою

$$h_j = \frac{n_j}{N}, i = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (1.20)$$

для множини (1.19) знайдемо частоти $h_j, j = 1, 2, 3, 4, 5$ попадань випадкової величини із множини (1.18) в кожний діапазон $\Delta_j, j = 1, 2, 3, 4, 5$, тобто, знайдемо

$$\{h_1, h_2, h_3, h_4, h_5\} = \{0; 0,04; 0,20; 0,56; 0,20\} \quad (1.21)$$

Приведемо до універсальної множини $U = [0, 100]$ частоти $h_j, j = 1, 2, 3, 4, 5$, розділивши кожна з них на ширину інтервалу $\Delta_j, j = 1, 2, 3, 4, 5$, яка для усіх інтервалів є однаковою і рівною 20, скориставшись формулою

$$h_j^* = \frac{h_j}{\Delta_j} = \frac{h_j}{20}, j = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (1.22)$$

В результаті отримаємо

$$\{h_1^*, h_2^*, h_3^*, h_4^*, h_5^*\} = \{0; 0,002; 0,010; 0,028; 0,010\} \quad (1.23)$$

і побудуємо із припасованих один до одного прямокутників шириною Δ_j , і висотою h_j^* як показано на рис. 1.22, яка називається гістограмою і огинаюча якої є графіком сходигово-апроксимованої густини розподілу $f(y^*)$ ймовірностей випадкової величини y^* .

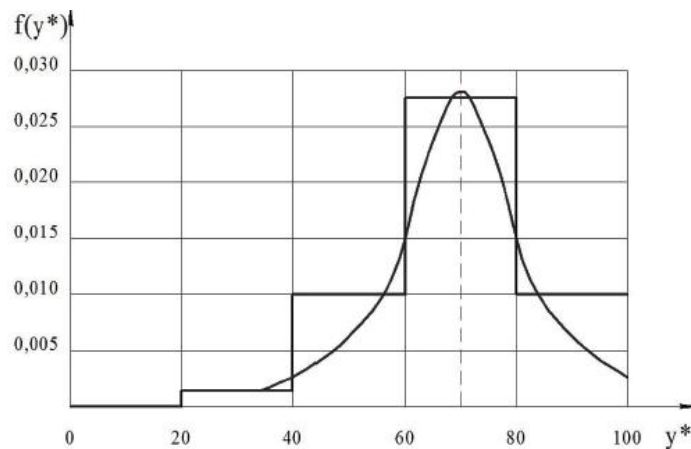


Рисунок 1.22 – Гістограма (сходинова лінія) та графік густини розподілу $f(y^*)$ ймовірностей (плавна неперервна лінія) випадкової величини y^*

Якщо експертами встановлено, що теорію робітничої професії викладають нормальні викладачі, лабораторія робітничої професії обладнана нормальним обладнанням, бібліотека і лабораторія забезпечена нормально навчальними посібниками у паперовому чи електронному вигляді, мотивація студентів до освоєння робітничої професії є нормальною і здібності до освоєння робітничої професії у кожного із студентів теж є нормальними, то і густина розподілу $f(y^*)$ ймовірностей оцінок із множини (1.18) згідно з центральною граничною теоремою теорії ймовірностей буде підпорядковуватись нормальному закону, густина розподілу ймовірностей за яким має вигляд функції Гауса

$$f(y^*) = \frac{1}{\sigma_y^* \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y^* - m_y^*}{\sigma_y^*} \right)^2}, \quad (1.24)$$

де m_y^* - математичне очікування випадкової величини y^* , статистичну оцінку якого можна знайти за допомогою виразу

$$m_y^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^*, \quad (1.25)$$

а σ_y^* - середньоквадратичне відхилення, статистичну оцінку якого можна знайти за виразом

$$\sigma_y^* = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i^* - m_y^*)^2} \quad (1.26)$$

Нехай множина випадкових чисел (1.18) така, що, будучи підставленою у вирази (1.25) і (.26), вона задає таке їх значення:

$$\begin{aligned} m_y^* &= 70; \\ \sigma_y^* &= 10 \end{aligned} \quad (1.27)$$

Тож якщо підставимо статистичні оцінки математичного очікування і середньоквадратичного відхилення із виразу (1.27) у вираз (1.24), то отримаємо емпіричний нормальний закон густини розподілу ймовірностей випадкової величини y^* у вигляді

$$f(y^*) = \frac{1}{10\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y^*-70}{10}\right)^2}, \quad (1.28)$$

за допомогою якого ймовірність p_j попадання випадкової величини y^* в кожний розряд шириною Δ_j можна знайти з виразу

$$p_j = \int_{\Delta_j} f(y^*) dy^*, j = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (1.29)$$

Для того, щоб переконатись у тому, що множина (1.18) випадкових чисел підпорядкована дійсно нормальному закону (1.28), оцінимо достовірність виразу (1.28), скориставшись розподілом X^2 - розподілом Пірсона. Для цього вирахуємо для випадкової величини частоти h_j^* , $j = 1, 2, 3, 4, 5$, числове значення X^2 , скориставшись виразом

$$X^2 = N \sum_{j=1}^r \frac{(h_j^* - p_j)^2}{p_j}, \quad (1.30)$$

Для даного випадку це буде

$$X^2 = 50 \sum_{j=1}^5 \frac{(h_j^* - p_j)^2}{p_j} = 6,3 \quad (1.31)$$

Оскільки число ступенів свободи q розподілу X^2 , яке знаходиться за виразом

$$q = r - 1, \quad (1.32)$$

в якому r - це число розрядів Δ_j а l - це число незалежних параметрів в емпіричному законі (1.24), то для даного випадку матимемо:

$$q = 5 - 2 = 3 \quad (1.33)$$

Для пари (X^2, q) , яка визначається виразами (1.31) і (1.33) в таблиці X^2 - розподілу Пірсона, знайдемо що α - рівень значимості цієї пари дорівнюватиме 0,1 а тому довірча ймовірність P_d , яка визначається з виразу

$$P_d = 1 - \alpha, \quad (1.34)$$

буде дорівнювати 0.9.

Таке значення довірчої ймовірності є достатнім для того, щоб вважати емпіричний нормальний закон (1.28) достовірним, а гістограму (рис.1.22), такою, що

відповідає нормальному закону розподілу випадкової величини.

І якщо це так, то практична підготовка студентів за ідеологією набуття робітничої професії, корельованої з майбутньою інженерною, в університеті здійснюється на нормальному рівні і не потребує розробки додаткових заходів, націлених на її поліпшення.

Але якщо це не так, тобто, якщо побудована для випадкової величин y^* , заданої множиною значень (1.18), гістограма має нахил вліво чи вправо, як показано на рис.1.23, і не «вирівнюється» нормальним законом розподілу (1.24), про що свідчатиме низький рівень довірчої ймовірності (1.34), розрахованої з використанням χ^2 -розподілу, то це свідчатиме, що або теорію робітничої професії викладають погані викладачі, або лабораторія робітничої професії обладнана застарілим обладнанням чи його недостатньо, або бібліотека і лабораторія не забезпечена навчальними посібниками у достатній кількості, або мотивація студентів до освоєння робітничої професії є недостатньою, або здібності до освоєння робітничої професії у більшості із студентів є не розвиненими.

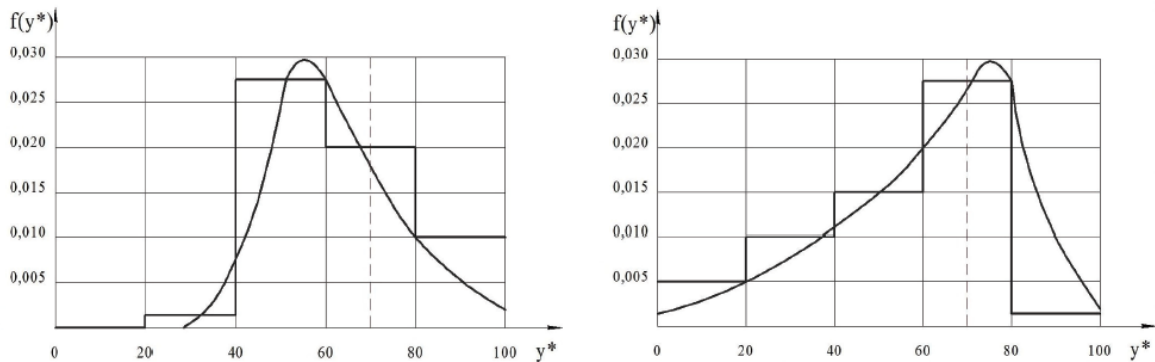


Рисунок 1.23 – Приклади гістограм, які не «вирівнюються» нормальним законом розподілу

В роботі [145] результати, отримані в роботах [8-10] узагальнені і здійснена апробація запропонованих і математичної моделі і методики її реалізації у Вінницькому національному технічному університеті, результати якої підтвердили їх ефективність.

Але після того, як у світі було оголошена пандемія Covid-19 і навчальний процес в усіх навчальних закладах в усьому світі переведений з очного в онлайн-режим, і математична модель для оцінювання якості процесу засвоєння знань, що синтезована в роботах [8], [9] і методика її реалізації, що запропонована в роботі [10], і їх узагальнення та реалізація на практиці, що викладені в роботах [145], [200], уже не можуть гарантувати отримання прийнятних результатів, оскільки очний режим реалізації навчального процесу і онлайн-режим суттєво відрізняються.

Тому постала необхідність адаптувати і математичну модель, синтезовану для оцінювання якості навчального процесу в технічних закладах вищої освіти, і методику її реалізації, до умов, що склалися у зв'язку з переведенням навчального процесу в університетах в онлайн-режим.

В роботі [146] охарактеризовано основні періоди становлення початкової професійної освіти у Німеччині. Значну увагу приділено розкриттю суті нормативно-правового забезпечення, управління і фінансування професійної підготовки молоді. Розглянуто діяльність закладів середньої освіти другого ступеня. Проаналізовано суть професійної підготовки молоді у системі середньої освіти другого ступеня Німеччини (допрофесійної, початкової професійної освіти). Охарактеризовано особливості організації, зміст, форми та методи професійної підготовки учнівської молоді у різних типах закладів середньої освіти другого ступеня. Виявлено прогресивні ідеї досвіду професійної підготовки молоді у Німеччині та окреслено можливості їх реалізації в освітньому просторі України.

В статті [147] розкрито актуальність впровадження в Україні дуальної форми професійного навчання та вказано на недостатність вітчизняного досвіду щодо цієї форми підготовки фахівців у закладах професійної (професійно-технічної), фахової передвищої та вищої освіти. У зв'язку з модернізацією змісту, зміною формату вітчизняної освіти в контексті загальноєвропейських тенденцій обґрунтовано об'єктивну потребу вивчення й узагальнення характерних ознак дуальної системи професійної освіти Німеччини, яка історично стала загальноновизнаним лідером у світі.

Проаналізовано історичні дослідження щодо становлення й розвитку дуальної системи освіти в Німеччині.

В роботі [148] проаналізовано найкращий міжнародний досвід впровадження системи подвійної професійної освіти, визначити сильні та слабкі сторони цієї системи та проблеми, які виникають під час впровадження елементів системи дуальної освіти. На основі аналізу прикладів з різних країн сформовано матрицю впровадження елементів дуальної освіти в Україні та світі. Виявлено недоліки затвердженої Концепції підготовки фахівців дуальної форми навчання на основі SWOT-аналізу впровадження системи дуальної освіти та сформовано рекомендації щодо її вдосконалення.

В праці [149] розглянута одна із актуальних проблем якісної підготовки конкурентоспроможних професіоналів до ринку праці – система дуальної освіти у вищій школі України. Зокрема, розкрита сутність таких понять, як дуальна освіта, система дуальної освіти, переваги практико-орієнтованої дуальної освіти, якісна підготовка майбутніх професіоналів. Описано успішний досвід країн Європи стосовно впровадження дуальної освіти. Висвітлено результати перших експериментів, що стосуються впровадження дуальної освіти в освітніх закладах України.

В статті [150] розкривається сутність сучасних моделей дуальної освіти, обґрунтовано доцільність впровадження дуальної форми здобуття освіти або її елементів у вищій школі. Проведено аналіз переваг та недоліків кожної з означених моделей. Вивчено позитивний світовий досвід впровадження дуальної освіти. Визначено теоретичні засади підвищення конкурентоспроможності вітчизняних закладів освіти за умови впровадження дуальності.

В роботі [151] розглядаються специфіка і переваги дуальної системи освіти. Перераховано завдання, які допоможе вирішити дуальна система освіти. Розглянуто зарубіжний досвід впровадження дуальної системи, яка демонструє високі показники якості освіти. Зазначено, що дуальна система навчання є однією з успішних моделей

кооперації навчання і виробництва, яка може бути використана як інноваційний тип організації навчального процесу у вищій освіті.

Принципи розвитку професійної освіти в Німеччині, Данії, Австрії також описані в роботах зарубіжних дослідників [152-159].

1.6 Аналіз результатів дослідження дистанційного навчання у вищій технічній освіті, отриманих і опублікованих іншими дослідниками

Дистанційну форму навчання фахівці зі стратегічних проблем освіти називають освітньою системою 21 століття. Сьогодні на неї зроблена величезна ставка. Актуальність проблеми дистанційного навчання полягає в тому, що результати суспільного процесу, раніше зосереджені в сфері технологій, сьогодні концентруються в інформаційній сфері [160].

Питанням розвитку дистанційної освіти присвячені роботи багатьох зарубіжних дослідників, таких як: Р. Деллінг, Г. Рамбле, Д. Кіган, М. Сімонсон, М. Мур, А. Кларк, М. Томпсон іт. Теоретико-практичні аспекти дистанційного навчання були проаналізовані в роботах і вітчизняних науковців: Андрєєва О. О., Алексеєва О. М., Бикова В. Ю., Ващенко В. Ю., Колос К. Р., Дядичева В. В., Куклева В. О., Манако А. Ф., Кухаренка В. М., Полат Є. С., Рибалко О. В, Стефаненка П. В, Стрюка А. М., Семерікова, С. О., Трибульська Є. М., Сиротенко Н. Г. та ін.

Так в роботі [161] Андрєєва О. О., розкриті педагогічні аспекти відкритого дистанційного навчання, обґрунтовано появу нової педагогічної науки – електронна педагогіка, адекватної інформаційному суспільству. Досліджено теоретичні положення педагогічної культури викладача, психолого-педагогічні та акмеологічні підходи в дистанційному навчанні, розроблено науково-практичні рекомендації щодо застосування сучасних ІТ-технологій в освіті.

В роботі [162] Алексеєва О. М. розкрито основні питання дистанційного навчання інженерних спеціальностей.

В праці [163] Бикова В.Ю. проаналізовані особливості дистанційної освіти, її принципи побудови, шляхи розвитку та сфера застосування.

В роботі [164] Кухаренка В. М представлено принципи, методики і засоби дистанційного навчання, роль викладача і засоби спілкування.

В роботі [165] проаналізовано особливості впровадження дистанційного навчання в освітній процес закладу вищої освіти. Проаналізовані поняття «дистанційна освіта», «дистанційне навчання», «змішане навчання». Визначено, що дистанційне навчання – це цілеспрямований процес взаємодії суб'єктів навчання, у якому поєднані традиційна та дистанційна форми навчання, що може відбуватися в аудиторії та поза її межами, у синхронному та асинхронному режимах та базуватися на широкому використанні ІКТ. Зроблено порівняльний аналіз синхронного та асинхронного формату в контексті змішаного навчання та виділено деякі особливості кожного формату. Синхронний формат передбачає для здобувачів освіти швидкий зворотний зв'язок від педагога, організацію групових активностей, розвиток навичок комунікації та колаборації, мотивацію до навчання в процесі спілкування. Асинхронний характеризується гнучкістю графіка, можливістю засвоювати навчальний матеріал у власному темпі, доступність навчальних матеріалів у зручний для здобувача освіти час, розвиток навичок самоорганізації та уміння вчитися. Детально розглянуто популярні платформи (системи) дистанційного навчання Zoom, Microsoft Teams, Google Classroom та Google Meet. Також описано переваги та недоліки дистанційного навчання для здобувачів освіти. До переваг віднесено: можливість підлаштовувати темп навчання під себе, виявити зони розвитку здобувачів освіти, проглядати навчальний матеріал повторно, зниження психічного та фізичного навантаження, формування навички самоосвіти (навчитися вчитися). До недоліків віднесено: обмеження безпосереднього соціального спілкування, гаджетизація життя, мала кількість годин, яка відведена на практику.

В монографії [166] Биковим В. Ю. з системних позицій викладено основи теорії моделювання організаційних систем відкритої освіти. У праці обґрунтовано

актуальність постановки і своєчасність дослідження проблем відкритої освіти, розглянуто чинники та інструменти її розвитку. Розглянуто теоретико-методологічний апарат системного подання і дослідження організаційних систем, а також моделі системного експериментального дослідження об'єктів і процесів в освіті. Наведено та проаналізовано результати застосування таких систем при експериментальному дослідженні запропонованих моделей та можливі шляхи використання цих результатів в освітній практиці.

В праці [167] представлено аналіз сучасних навчальних комп'ютерних програм, навчальних платформ та можливостей використання інформаційно-комунікативних технологій для ефективного проведення занять з технічних дисциплін у педагогічному закладі вищої освіти в умовах дистанційного навчання. Наголошено на важливості для педагога володіння сучасними технологіями навчання в період стрімкого науково-технічного прогресу та за умов пандемії. На основі аналізу теоретичних джерел і практики навчання запропоновано комплекс застосування інформаційно-комунікативних технологій з прикладами впровадження їх в освітній процес. Розглянута загальна інформаційна культура викладача закладу вищої освіти, зокрема організації електронної документації. Детально проаналізовані основні сервіси та послуги, що дозволяють використовувати мережу Інтернет у роботі викладача закладу вищої освіти. Наведена характеристика навчально-методичного комплексу, необхідного для забезпечення дистанційного навчання, що сприятиме підвищенню професійної майстерності сучасного педагога. Автор роботи наводить приклади використання інформаційно-комунікативних технологій для підготовки майбутніх вчителів технологій в галузі технічних дисциплін.

В роботі [168] розглянуті питання проведення лабораторно-практичних занять під час дистанційного навчання студентами технічних спеціальностей у закладах вищої та фахової перед вищої освіти.

В роботі [11] О. В. Слободянюк, В. Б. Мокіним, Б. І. Мокіним запропоновано науково-обґрунтовану методику формування вмінь з інженерної та комп'ютерної

графіки (ІКГ), адаптовану до різних форм організації навчального процесу в технічному ЗВО, зокрема і дистанційної.

В роботі [11] запропонована структура побудови матеріалів дистанційного курсу з дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка», представлена на рис. 1.24.

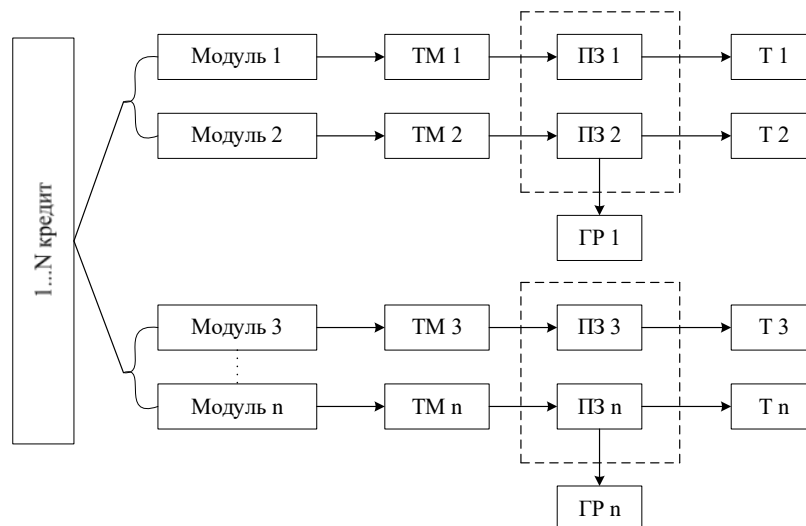


Рисунок 1.24 – Структура побудови матеріалів дистанційного курсу ІКГ

Як видно з рис.1.24 весь курс поділяється на заняття – змістовні модулі (модулі). Модуль має мету, вступ, основну частину (навчальні матеріал), висновок, завдання для самостійного опрацювання. Основна частина кожного модуля складається з взаємопов'язаних навчальних матеріалів: теоретичний матеріал (ТМ), практичне заняття (ПЗ), графічна робота (ГР), тест для перевірки знань (Т). Теоретичний матеріал складається з лекційного матеріалу, тестів для самоконтролю, прикладів розв'язання задач і контрольних питань. Сучасні програмно-технічні засоби організації дистанційної освіти, як правило, дозволяють студенту, що навчається дистанційно, отримувати повну інформацію з усіх тем дисципліни, повний матеріал лекцій та посилання до електронних видань з даного питання або додаткові матеріали. В будь-який момент студент може звернутися до вже вивченого матеріалу або отримати зміст попередніх лекцій. Усі лекції мають вигляд логічно завершених частин матеріалу. Для оцінювання успішності навчання студентів у кожному модулі

використовується рейтингова система, яка забезпечує регулярний контроль процесу навчання в цілому, тим самим орієнтує студента на систематичну роботу протягом семестру.

Запропонована структура побудови матеріалів дистанційних курсів з ІКТ дозволяє: оптимально розділити навчальні матеріали на модулі згідно з графіком навчання студентів. За кожним модулем складається план, що визначає теоретичні матеріали, практичні завдання, які мають бути виконані за певний період; структурувати побудову кожного навчального модуля згідно з робочою навчальною програмою дисципліни; визначити завдання для самостійної роботи; визначити графік консультацій і чатів у межах кожного модуля; розробити розклад занять відповідно до структури кожного модуля та враховуючи індивідуальні можливості кожного студента; використовувати кредити для блоків курсу та кредитньо-модульну систему організації навчального процесу.

В праці [169] викладено теоретико-методологічні погляди на нагальну для всієї системи освіти України проблему реалізації навчального процесу в умовах карантину, викликаного пандемією COVID-19. Запропоновано науково-методичний і науково-практичний аналіз ситуації, який охоплює широке коло питань, проблем і пропозицій дистанційного навчання.

Сутність, характерні риси, технології та моделі дистанційного навчання наведені в роботі [170]. Розглянута організація та розвиток дистанційної освіти в країнах ЄС, США та в державних університетах України.

В роботі [171] Casey, D. M. продемонстровано паралелі між розвитком технологій та все більшим визнанням дистанційного навчання. Наведено визначення дистанційного навчання. Представлено історію дистанційного навчання та використання в ньому технологічних інновацій. Також наведено огляд навчальних закладів, які пропонують дистанційну освіту.

В роботі [172] Desai, M. S., Hart, J., Richards, T. C. досліджено особливості дистанційної освіти, а порівняння з традиційним навчанням.

Дослідження представлено в роботі [173] Fidaldo, P., Thormann, J. було проведено, щоб з'ясувати, чи знайшли студенти, які навчаються на курсах аспірантури, деякі стратегії універсального дизайну для навчання (Universal Design for Learning (UDL)) корисними, і чи дійсно вони їх використовували. Результати показали, що текст був кращим форматом для доступу до інформації та ресурсів курсу, а також для подання завдань.

В роботі [174] Tareen, H., Naand, M.T. досліджено онлайн-навчання як підхід до викладання та навчання, який використовує Інтернет-технології для спілкування та співпраці в освітньому контексті. У онлайн-навчанні студенти і аспіранти та викладачі взаємодіють один з одним асинхронно та синхронно. Досліджено уявлення аспірантів щодо переваг онлайн-навчання.

В роботі [175] Arkorful V., Abaidoo N. досліджено ефективність використання дистанційного навчання у вищих навчальних закладах. У вищих навчальних закладах дуже актуальним є питання використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій для викладання та навчання. Розглянуто визначення дистанційного навчання, надані різними дослідниками, та роль, яку дистанційне навчання відіграє у вищих навчальних закладах щодо процесів викладання та навчання, а також переваги та недоліки його прийняття та впровадження в освітній процес.

Огляд літератури, в якому розглянуто підтримку обох типів взаємодії студентів і викладачів (синхронного та асинхронного), представлений в роботі [176] Watts L.

В роботі [177] W. Al-Mawee, K. M. Kwayu, T. Gharaibeha представлено погляди та переваги студентів Університету Західного Мічигану щодо дистанційного навчання через різкі зміни, які відбулися в процесі навчання. В ході дослідження було виявлено такі недоліки, а саме: студенти повідомили про таку негативу сторону дистанційного навчання, як відсутність соціальної взаємодії та гнучкість часу та місця.

В роботі [178] M. P. Casault, C. Hildebrand, J. Laurent-Lucchetti, M. Pellizzari представлено рандомізований експеримент у державному швейцарському

університеті. Вивчено вплив онлайн-трансляції лекцій на успішність та відвідуваність студентів. Виявлено, що відвідування лекцій через пряму трансляцію знижує успішність студентів із низькими здібностями та збільшує досягнення студентів із високими здібностями, студенти використовують технологію прямої трансляції лише час від часу, пропозиція прямої трансляції лише незначно знижує відвідуваність класу.

Дослідження описане в роботі [179] Boling, E. C., Hough, M., Krinsky, H., Saleem, H., and Stevens, M. було проведено з метою розробки та впровадження ефективних середовищ онлайн-навчання шляхом вивчення, як з точки зору викладача, так і студента, що є ефективним онлайн-навчанням. У дослідженні вивчено зміст курсу, завдання та педагогічні підходи, визначені студентами та викладачами, які сприяли або заважали позитивному досвіду онлайн-навчання. Використовуючи модель когнітивного навчання для аналізу даних, результати виявили акцент на текстовому змісті та лекції, інструкції, які призвели до розриву між студентами, викладачами та змістом і цілями курсу, та одна інноваційна програма, яка поєднує реальний досвід з навчанням в онлайн-класі.

1.7 Висновки до першого розділу

Проаналізовано результати дослідження підсистем студентів і аспірантів, викладачів та науковців, матеріально-технічного та фінансового забезпечення.

Проведено аналіз результатів дослідження ідеології дуальності у вищій технічній освіті та дистанційного навчання у вищій технічній освіті, отриманих і опублікованих іншими дослідниками.

За результатами проведеного дослідження всіх розглянутих робіт, встановлено, що частина робіт присвячена побудові структури університету як синергетичної багатозв'язної ієрархічної логіко-динамічної стохастичної системи у найбільш узагальненому вигляді та створені окремо узагальнені математичні моделі 1-го, 2-го,

3-го, 4-го та 5-го рівнів ієрархії університетської синергетичної системи та моделі їх взаємодії один з одним. Ряд статей присвячені дослідженню впливу синергетичної складової у математичній моделі процесу засвоєння студентом навчальної дисципліни, а також дослідженню на фазовій площині процесу засвоєння програми навчальної дисципліни здібним студентом та студентом середніх здібностей.

Частина проаналізованих робіт присвячена побудові структур систем управління та економіко-математичних моделей, що зв'язують параметри режимів функціонування цих систем, для того, щоб забезпечити підвищення ефективності діяльності науково-педагогічного персоналу закладів вищої освіти за науковим, навчально-методичним та виховним напрямками.

Аналіз результатів дослідження підсистеми фінансового забезпечення показав, що основний фокус в цих роботах був спрямований на удосконалення процесів управління фінансовим забезпеченням закладу вищої освіти за рахунок розробки і використання математичних моделей для прогнозування та управління надходженнями грошових коштів від платних послуг.

У ряді праць, присвячених ідеології дуальності у вищій технічній освіті, систематизовано алгоритм взаємодії «університет-роботодавець» в процесі професійної підготовки студентів. Доведено, що запорукою успішної професійної підготовки майбутніх фахівців технічних закладів вищої освіти є інтеграція навчання з виробничою працею. Показано, що виробнича практика за концепцією інтеграції навчання з виробництвом набуває вирішального значення для належної професійної підготовки інженерів незалежно від профілю їх майбутньої спеціальності.

За результатами проведеного дослідження робіт з тематики дистанційного навчання, встановлено, що запропонована методика дистанційного проведення ділової гри сприяє формуванню у студентів графічних умінь, вмінь поєднувати теоретичні знання з практикою, аналізувати та швидко приймати обґрунтовані рішення, працювати в колективі за умов застосування технологій дистанційного навчання. В цілому результати свідчать про ефективність використання розробленої

методики, але разом з тим, виявлено деякі суперечності у підготовці студентів з дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» у технічних закладах вищої освіти, що відповідно потребує подальших теоретичних та практичних розробок, експериментальних перевірок методів формування вмінь і навичок з «Інженерної та комп'ютерної графіки» на основі застосування інноваційних технологій навчання.

Всі вище наведені роботи є прикладами однокритеріальної оптимізації режиму функціонування системи вищої освіти, критеріями оптимізації в яких є відповідно вклад в науку колективу університету, кошти, зароблені колективом університету за надання платних послуг, якість практичної підготовки студентів за ідеологією дуальної освіти, а також якість підготовки фахівців в дистанційному режимі навчання. Очевидно, що всі ці критерії є антагоністичними, оскільки оптимізація за одним із них виводить інші за межі їх оптимальних значень. Саме тому виникла ідея реалізувати нечіткий варіант багатокритеріальної оптимізації в умовах критеріального антагонізму при побудові такого системного плану розвитку університету, який сприятиме нарощенню з року в рік іміджу університету як закладу вищої освіти, в якому забезпечується висока якість навчального та наукового процесів, основаних на оптимальному співвідношенні структурних складових, оптимальних за кожним із приведених вище критеріїв оптимізації.

Також проаналізувавши літературні джерела встановлено, що дослідження шляхів реформування вищої школи здійснювалося в кількох напрямках, а саме: в напрямку розв'язання задачі якісного поповнення закладів вищої освіти (ЗВО) студентами першого курсу (Н. Ляховченко), в напрямку фінансового забезпечення ЗВО (Н. Гончарук), в напрямку пошуку шляхів стимулювання професорсько-викладацького складу ЗВО до підвищення свого наукового рівня (Ю. Мокіна), в напрямку оптимізації навчального процесу (А. Писклярова), в напрямку моделювання процедур організації навчального процесу та процедур засвоєння студентами знань, отриманих як під час спілкування з викладачем так і самостійно (О. Мокін), в напрямку створення умов для якісного впровадження ідеології дистанційного навчання (О.

Слободянюк) та ідеології дуальної освіти (О. Косарук). Із цього слідує, що дослідження процесу функціонування ЗВО проводились за окремими темами, метою яких було вивчення тих чи інших характеристик цього процесу, і, як правило, без з'ясування ступеню їх взаємного впливу, саме тому і виникла ідея провести дослідження процесу функціонування ЗВО за ідеологією системного аналізу, результати яких і представлені в наступних розділах.

РОЗДІЛ 2

СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСІВ, ЩО ПРОТІКАЮТЬ В ПІДСИСТЕМАХ, ЩО ВХОДЯТЬ ДО СТРУКТУРИ ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ, ТА ЇХ АДАПТАЦІЯ ДО ПРОЦЕСУ РЕФОРМУВАННЯ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ ЗА ІДЕОЛОГІЄЮ ДУАЛЬНОСТІ

2.1. Системний підхід до аналізу процесу функціонування закладу вищої освіти

Алгоритм методу теоретичного дослідження складної системи, який прийнято називати системним аналізом, включає в себе 5 етапів, а саме: 1) постановка задачі, формулювання мети і завдань дослідження та критеріїв оцінювання його результатів; 2) виокремлення об'єкта дослідження із навколишнього середовища, визначення точок, ліній чи поверхонь їх контактів та формування множини змінних, що характеризують процеси в об'єкті і контактні сигнали, та множини їх обмежень; 3) синтез та ідентифікація математичних моделей процесів в об'єкті дослідження та моделей сигналів, якими обмінюються об'єкт дослідження з навколишнім середовищем; 4) дослідження процесів в об'єкті з використанням синтезованих математичних моделей, критеріїв та обмежень; 5) оптимізація процесів у випадку виявлення при їх дослідженні відхилення якихось характеристик чи параметрів від тих значень, що приводять до критеріальних оптимумів чи виводять за межі обмежень [2], [28].

Для адаптації ідеології системного підходу для аналізу процесу функціонування ЗВО для початку розглянемо ті аспекти адаптації, яка є характерною для перших двох етапів системного аналізу.

Далі перейдемо до вибору критеріїв оцінки результатів, в якості яких пропонуємо імідж ЗВО та затрати, необхідні для функціонування цього ЗВО. Цілком очевидно, що кожний із цих критеріїв є інтегральним і, якщо перший із них – імідж –

вимагає максимізації при обмеженнях на затрати, то другий критерій – затрати – вимагає мінімізації при обмеженнях на імідж, тобто, при розв’язанні поставленої задачі стратегія може бути або максимінною, або мінімаксною, а точка оптимуму – сідловою.

Далі перейдемо до другого етапу системного аналізу процесів функціонування ЗВО, який починається з виділення ЗВО як об’єкта дослідження (ОД) із навколишнього середовища (НС) та визначення точок їх контакту. На рис. 2.1 зображена геометрична інтерпретація виділення ЗВО як об’єкта дослідження з навколишнього середовища та ідентифікація точок їх взаємодії.

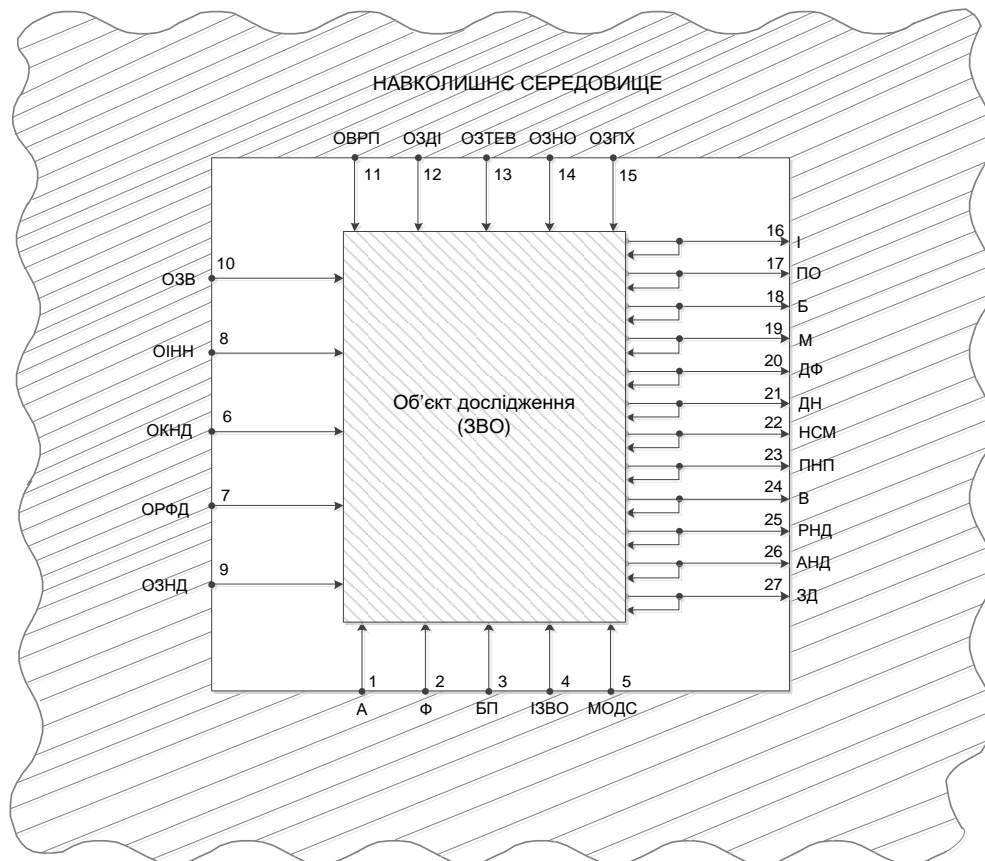


Рисунок 2.1 – Геометрична інтерпретація виділення закладу вищої освіти як об’єкта дослідження з навколишнього середовища та ідентифікація точок їх взаємодії

Абревіатури множин і організацій, які контактують з ЗВО на рис. 2.1, розшифровуються таким чином:

А – абітурієнти; Ф – фінанси; БП – бази практики; ІЗВО – інші ЗВО згідно з договорами про співпрацю; МОДС – міжнародні організації, з якими є договори про співпрацю; ОКНД – організації, що генерують керівні та нормативні документи; ОРФД – організації, що здійснюють ревізію фінансової діяльності; ОІНН – організації, що здійснюють інспекцію навчальної і наукової діяльності; ОЗНД – організації, що замовляють наукові дослідження; ОЗВ – організації, що замовляють або беруть на роботу випускників; ОВРП – організації, що вводять нові або ремонтують існуючі площі; ОЗДІ – організації, що забезпечують новими джерелами інформації; ОЗТЕВ – організації, що забезпечують теплом, електроенергією та водою; ОЗНО – організації, що забезпечують новим обладнанням; ОЗПХ – організації забезпечення харчами студентів і життєздатності обладнання; І – імідж ЗВО; ПО – профорієнтація за межами ЗВО; Б – бакалаври; М – магістри; ДФ – доктори філософії; ДН – доктори наук; НСМ – наукові статті і монографії; ПНП – підручники, навчальні посібники та інші навчальні матеріали; В – винаходи; РНД – результати наукових досліджень; АНД – апробація наукових досліджень; ЗД – звітні документи.

Направленість стрілок на рис. 2.1 вказує на те, в яких контактних точках (з 1-ої до 15-тої) навколишнє середовище здійснює вплив на ЗВО, а в яких (з 16-ї до 27-ї) ЗВО здійснює вплив на навколишнє середовище.

Впливи навколишнього середовища на ЗВО є вхідними сигналами для даного об'єкта дослідження, позначимо їх символами x_i , $i = 1, 2, \dots, 15$. (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Перелік та зміст вхідних величин

Символ вхідної величини	Зміст вхідної величини
X ₁	Рівень шкільної підготовки абітурієнтів
X ₂	Обсяг фінансування ЗВО
X ₃	Рівень забезпеченості ЗВО базами практики
X ₄	Рівень співпраці з іншими ЗВО
X ₅	Рівень співпраці з міжнародними організаціями
X ₆	Рівень відповідності функціонування ЗВО вимогам керівних та нормативних документів
X ₇	Рівень відповідності функціонування ЗВО вимогам фінансового контролю та банківської системи
X ₈	Рівень відповідності функціонування ЗВО вимогам органів інспекції якості підготовки фахівців
X ₉	Обсяг наукових досліджень, що виконуються у ЗВО
X ₁₀	Обсяг замовлення випускників ЗВО
X ₁₁	Рівень відповідності площ для навчального і наукового процесів та підрозділів, що їх забезпечують, нормативним вимогам
X ₁₂	Рівень забезпечення ЗВО джерелами інформації
X ₁₃	Рівень забезпечення приміщень ЗВО тепловою та електричною енергією, водою та засобами водовідливу
X ₁₄	Рівень забезпечення ЗВО сучасним лабораторним та комп'ютерним обладнанням
X ₁₅	Рівень забезпечення ЗВО продуктами харчування, підтримки обладнання та приміщеннями санітарно-гігієнічного обслуговування

А впливи ЗВО на навколишнє середовище є вихідними сигналами з об'єкта дослідження, позначимо їх символами y_j , $j=16,17,\dots,27$. (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Перелік та зміст вихідних величин

Символ вихідної величини	Зміст вихідної величини
y_{16}	Імідж ЗВО за матеріалами ЗМІ та зовнішніх організацій
y_{17}	Рівень профорієнтації спеціальностей ЗВО його працівниками
y_{18}	Рівень компетентності бакалаврів, підготовлених у ЗВО
y_{19}	Рівень компетентності магістрів, підготовлених у ЗВО
y_{20}	Рівень компетентності докторів філософії, підготовлених у ЗВО
y_{21}	Рівень компетентності докторів наук, підготовлених у ЗВО
y_{22}	Науковий рівень статей і монографій, опублікованих працівниками ЗВО
y_{23}	Ступінь відповідності сучасним вимогам підручників, навчальних посібників та методичних розробок, що створені працівниками ЗВО
y_{24}	Ступінь відповідності світовому рівню винаходів, створених працівниками ЗВО
y_{25}	Ступінь задоволеності результатами наукових досліджень, виконаних працівниками ЗВО, їх замовників
y_{26}	Рівень апробації результатів наукових досліджень, виконаних працівниками ЗВО
y_{27}	Рівень доступності усіх звітних матеріалів про функціонування ЗВО для його працівників, ЗМІ та контролюючих органів

Перелік та зміст вхідних та вихідних величин, представлений в таблиці 2.1 та таблиці 2.2 сформований групою експертів, до складу якої увійшли три професори, два аспіранти і один студент, який навчався за програмою магістерської підготовки.

В таблиці 2.3 показано, які вхідні сигнали, що поступають на об'єкт дослідження з навколишнього середовища, впливають на формування відповідного вихідного сигналу, що поступає з об'єкта дослідження в навколишнє середовище. Прояв наявності впливу свідчить знак «+» на перетині рядка, яким задається вхідний сигнал, та стовпця, яким задається відповідний вихідний сигнал.

Таблиця 2.3 – Структура взаємних зв'язків вхідних та вихідних величин

		y_i											
$i \setminus j$		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
x_i	1	+	+	+									
	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	3	+	+	+	+				+				
	4	+	+		+	+	+	+	+	+		+	
	5	+	+			+	+	+	+			+	
	6	+	+	+	+	+	+	+	+				
	7	+	+										+
	8	+	+	+	+				+				+
	9	+	+		+	+	+	+		+		+	+
	10	+	+	+	+						+	+	+
	11	+	+	+	+	+	+	+	+				
	12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	13	+	+	+	+	+					+		
	14	+	+	+	+	+	+			+	+	+	
	15	+	+	+	+	+	+						

На рис. 2.1 бачимо, що стрілки, що відображають вихідні сигнали об'єкта дослідження, мають зворотні відгалуження, спрямовані назад до об'єкта дослідження, що надає цим вихідним сигналам одночасно і статус додаткових вхідних. Наприклад, вихідний сигнал y_{18} , який характеризує рівень компетентності бакалаврів, окрім впливу на навколишнє середовище завдяки тим бакалаврам, які після отримання цього рівня вищої освіти одразу йдуть працювати у фірму чи в організацію або на підприємство, здійснює вплив і на об'єкт дослідження, оскільки від нього залежить і вихідний сигнал y_{19} , який характеризує рівень компетентності випускників ЗВО, які отримують вищу освіту на рівні магістрів.

У таблиці 2.4 відображено взаємний вплив кожного вихідного сигналу з об'єктом дослідження, обумовлений наданням їм статусу додаткових вхідних. Проявність впливу свідчить знак «+» на перетині рядка, яким задається вихідний сигнал, та стовпця, яким задається інший вихідний сигнал.

Таблиця 2.4 – Структура взаємовпливу вихідних величин

		y_i											
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
y_j	16	+	+	+	+	+							+
	17	+	+	+	+	+							+
	18	+	+	+	+	+							
	19	+	+	+	+	+		+		+	+	+	
	20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	21					+	+	+	+	+	+	+	
	22				+	+	+	+	+	+	+	+	
	23					+	+	+	+				
	24				+	+	+	+		+	+	+	
	25				+	+	+	+		+	+	+	
	26				+	+	+	+		+	+	+	
	27	+	+										+

Якщо формально підійти до визначення математичних моделей, які зв'язують між собою сигнали $x_i, i=1,2,\dots,15$, що поступають на входи об'єкта дослідження, виділеного на рис.2.1 із навколишнього середовища, з його вихідними сигналами $y_j, j=16,17,\dots,27$, наприклад, для y_{24} згідно з таблицями 2.3 і 2.4 – це

$$y_{24} = f(x_2, x_4, x_9, x_{12}, x_{14}, y_{19}, y_{20}, y_{21}, y_{22}, y_{24}, y_{25}, y_{26}), \quad (2.1)$$

то може скластись хибне уявлення, що маємо справу з автоматом Мура [180], який кожному набору значень вхідних сигналів, заданих в даний момент часу, ставить у відповідність конкретне числове значення вихідної величини, задане у той же момент часу, тобто, з автоматом, що не має пам'яті. Саме такий підхід і має місце у більшості публікацій у педагогічних наукових журналах, де фактор пам'яті, який

відображається у змінах параметрів у часі, до уваги не береться. Натомість здійснюється прив'язка до якихось конкретизованих значень цих параметрів без їх прив'язки до часу, наприклад, розглядається залежність якості підготовки бакалаврів від балу ЗНО (зовнішнього незалежного оцінювання) абітурієнтів чи кількості годин, що відводиться на ту чи іншу навчальну дисципліну, або від кількості публікацій викладача цієї дисципліни в НМБ Scopus чи Web of Science.

Але, якщо подивитись на структурну схему ЗВО, яка зображена на рис. 2.2, то легко бачити, що в ній міститься багато підрозділів, які вносять суттєві затримки в навчальний та науковий процеси. Тому математичні моделі, що зв'язують вхідні і вихідні сигнали в цьому об'єкті дослідження, обов'язково повинні містити в собі координату часу t . Тобто, замість використання узагальненої моделі, що має вигляд (2.1), необхідно синтезувати конкретні математичні моделі зв'язку між цими ж сигналами, виходячи з узагальненої математичної моделі

$$y_{24} = f(x_2, x_4, x_9, x_{12}, x_{14}, y_{19}, y_{20}, y_{21}, y_{22}, y_{24}, y_{25}, y_{26}, t), \quad (2.2)$$

що містить в собі час і переводить об'єкт дослідження в клас автоматів Мілі [181], які кожному набору вхідних сигналів ставлять спочатку у відповідність певні набори змінних стану, визначених для певного моменту часу, а потім уже на розширеній множині вхідних сигналів та змінних стану визначаються значення вихідних сигналів.

Структурна схема ЗВО приведена на рис. 2.2.

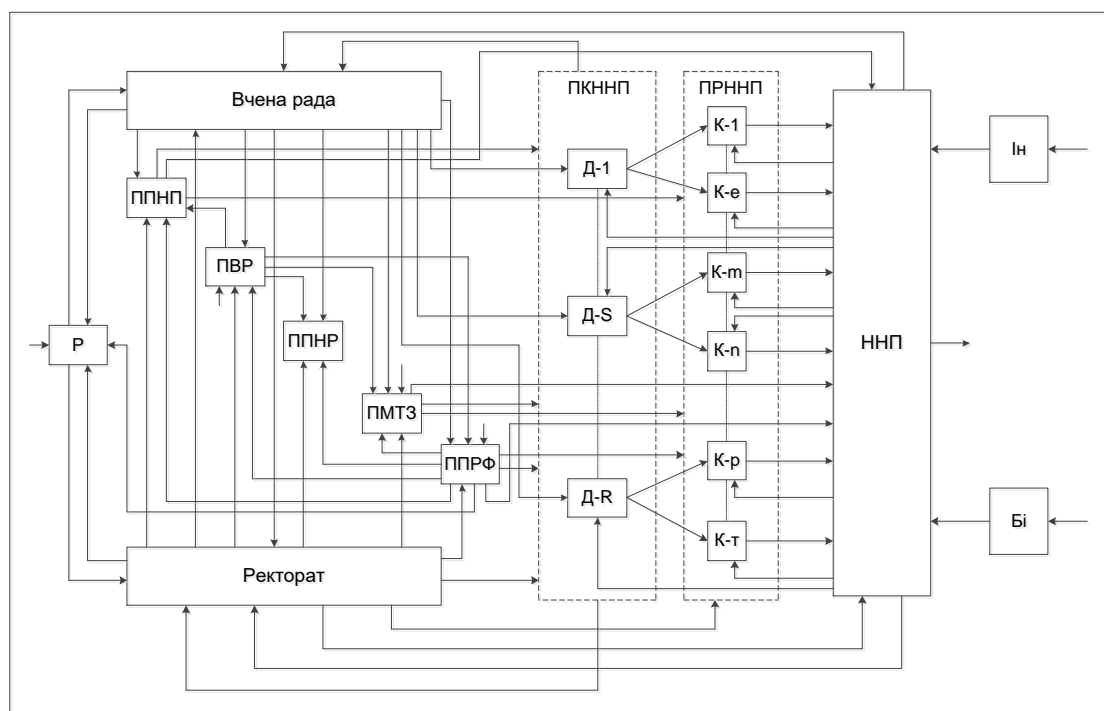


Рисунок 2.2 – Структурна схема ЗВО

Абревіатури на структурній схемі ЗВО (рис. 2.2) розшифровуються таким чином: Р – ректор; ППНП – підрозділи планування навчального процесу; ППНР – підрозділи планування наукового процесу; ППРФ – підрозділи планування і розподілу фінансів; ПВР – підрозділи, що здійснюють виховну роботу; ПМТЗ – підрозділи матеріально-технічного забезпечення; ННП – навчально-науковий процес; ПКННП – підрозділи, що керують реалізацією навчального та наукового процесів; ПРННП – підрозділи, що реалізують навчальний та науковий процеси; Д-S, $s=1,2,\dots,R$ – деканати факультетів; К-1, ..., l, ..., m, ..., n, ..., p, ..., T – кафедри; Бі – бібліотека; Ін – інтернет.

В структурній схемі ЗВО, приведеній на рис. 2.2, ніде явно не проглядається студент, який є основним суб'єктом навчального процесу. Тому для підкреслення ролі студента в процесі функціонування ЗВО і можливості врахування при здійсненні системного аналізу цього об'єкта дослідження на рис. 2.3 приведена розгорнута структурна схема зображеного на рис. 2.2 узагальненого структурного блоку навчально-наукового процесу.

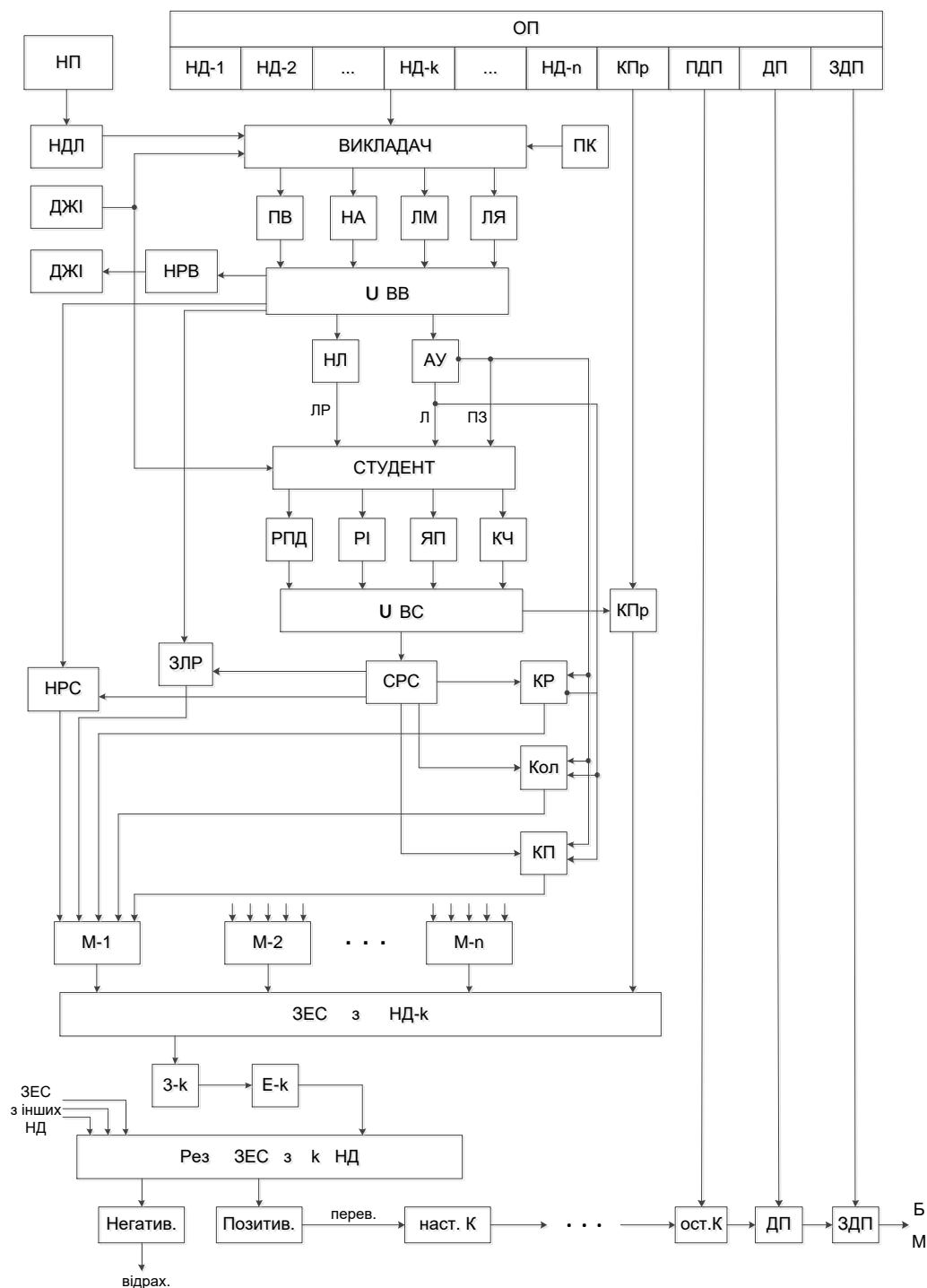


Рисунок 2.3 – Структурна схема навчального процесу у ЗВО за освітньою програмою підготовки бакалаврів (магістрів) за спеціальністю (спеціалізацією), що містить n навчальних дисциплін, із яких k на кожному курсі, контрольні роботи, колоквіуми та курсові проекти, курсову і переддипломну практику, дипломне проектування та захист дипломних проектів

На структурній схемі, зображеній на рис.2.3 аббревіатури розшифровуються таким чином: ОП – освітня програма спеціальності; НД- k , $k=1,2,\dots,n$ – навчальна дисципліна; КПр – курсова практика; ПДП – переддипломна практика; ДП – дипломне проектування; ЗДП – захист дипломного проекту; НП – науковий процес; НДЛ – науково-дослідна лабораторія; ПК – підвищення кваліфікації викладача; ДжІ – джерело інформації; ПВ – професійність (знання дисципліни) викладача; НА – науковий авторитет викладача; ЛМ – лекційна майстерність викладача; ЛЯ – людські якості викладача; НРВ – наукові роботи викладача; УВВ – сумарний потенціал викладача; НЛ – навчальна лабораторія; АУ – аудиторія для лекцій; ЛР – лабораторна робота, якою керує викладач; Л – лекція, яку читає викладач; ПЗ – практичне заняття, яке проводить викладач; РДП – рівень попередніх знань студента, необхідний для розуміння дисципліни; РІ – рівень інтелекту студента; ЯП – якість пам’яті студента; КЧ – кількість часу; УВС – сумарний потенціал студента; ЗЛР – захист лабораторної роботи студентом; СРС – самостійна робота студента по вивченню даної навчальної дисципліни; НРС – наукова робота студента; КР – підготовка до виконання контрольної роботи; Кол – підготовка до колоквіуму; КП – виконання курсового проекту; М- i , $i=1,2,\dots,m$ – навчальні модулі; ЗЕС – заліково-екзаменаційна сесія з НД- k ; З- k – залік з НД- k ; Е- k – екзамен з НД- k ; НасК – наступний курс; ОсК – останній курс; Б/М – бакалавр/магістр.

Із структурної схеми навчально-наукового процесу, приведеної на рис. 2.3, ще більш постає необхідність системного аналізу процесу функціонування ЗВО на основі ідеології автоматів Мілі, доповненої іншими ідеологемами, обумовленими затримками в часі під час відпрацювання вхідних сигналів складовими структури ЗВО та втратою частини інформації як в процесі її засвоєння студентом, так і в проміжках часу між черговим її сприйняттям від викладача чи самостійно з використанням відповідних джерел. Тому на основі цієї ідеології та відповідних ідеологем необхідно на третьому етапі системного аналізу синтезувати необхідну для реалізації цього методу дослідження множину математичних моделей, які зв’язуватимуть між собою

вхідні сигнали об'єкта дослідження з його змінними стану, Z_q , $q = 1, 2, \dots, 9$; c_μ , $\mu = 1, 2, \dots, 12$, які у взаємодії формуватимуть вихідні сигнали, якими об'єкт дослідження збудуватиме навколишнє середовище (табл. 2.5, 2.6).

Таблиця 2.5 – Перелік та зміст змінних стану викладача

Символ змінної стану викладача	Зміст змінної стану викладача
z_1	Рівень професійності викладача, який він демонструє при викладанні навчальної дисципліни
z_2	Рівень наукового авторитету викладача
z_3	Рівень лекторської майстерності викладача
z_4	Ступінь загальної культури стосунків викладача зі студентами
z_5	Рівень якості лекцій викладача
z_6	Рівень якості практичних занять викладача
z_7	Рівень якості лабораторних занять викладача
z_8	Рівень керівництва викладачем студентських наукових досліджень
z_9	Рівень забезпечення викладачем умов засвоєння основних положень навчальної дисципліни, яку він викладає

Таблиця 2.6 – Перелік та зміст змінних стану студента

Символ змінної стану студента	Зміст змінної стану студента
C ₁	Рівень знань, необхідних для успішного засвоєння програми навчальної дисципліни, що викладається
C ₂	Рівень націленості інтелекту студента на сприйняття навчальної дисципліни, що викладається
C ₃	Якість пам'яті студента в напрямку запам'ятовування положень навчальної дисципліни, що викладається
C ₄	Кількість часу, яку використовує студент для засвоєння навчальної дисципліни, що викладається
C ₅	Ступінь засвоєння навчальної дисципліни студентом з лекцій викладача
C ₆	Кількість часу, яку використовує студент, самостійно працюючи з джерелами інформації з навчальної дисципліни
C ₇	Кількість часу, яку використовує студент, готуючись до контрольної роботи
C ₈	Кількість часу, яку використовує студент, готуючись до колоквіуму
C ₉	Кількість часу, яку використовує студент, готуючись до захисту лабораторних робіт
C ₁₀	Кількість часу, яку використовує студент, працюючи над курсовим проектом
C ₁₁	Кількість часу, яку використовує студент, виконуючи наукові дослідження
C ₁₂	Рівень засвоєння студентом навчальної дисципліни, що викладається

2.2 Постановка задачі системного планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту багатокритеріальної оптимізації

Будь-яка динамічна система, у тому числі і система вищої освіти, функціонує в умовах антагонізму локальних критеріїв, з використанням яких реалізується досягнення режимів її функціонування, оптимальних або за одним із цих критеріїв при накладенні обмежень на усі інші, або оптимальних на зваженій сумі усіх критеріїв. У першому випадку має місце однокритеріальна оптимізація, а у другому – багатокритеріальна.

Приклади однокритеріальної оптимізації режиму функціонування системи вищої освіти наведені в роботах [5], [4], [11], [145]. Критерієм оптимізації в роботі [5] є вклад в науку колективу університету, в роботі [11] – якість підготовки фахівців в дистанційному режимі навчання, в роботі [4] – кошти, зароблені колективом університету за надання платних послуг, а в роботі [145] – якість практичної підготовки студентів зв ідеологією дуальної освіти. Цілком очевидно, що усі ці критерії є антагоністичними, оскільки оптимізація за одним із них виводить інші за межі їх оптимальних значень. Тому, враховуючи, вище наведене, реалізуємо нечіткий варіант багатокритеріальної оптимізації в умовах критеріального антагонізму, занурюючи кожен із локальних критеріїв в нечітку базу знань, побудовану на множині областей оптимальності кожного з них.

Отже, побудуємо такий системний план розвитку університету, який сприятиме нарощенню з року в рік іміджу університету як закладу вищої освіти, в якому забезпечується висока якість навчального та наукового процесів, оснований на оптимальному співвідношенні структурних складових, оптимальних за кожним із приведених критеріїв оптимізації.

При побудові системного плану розвитку університету, використаємо методику нечіткого багатокритеріального аналізу варіантів, запропоновану професором Штовбою в роботі [182], схему Беллмана-Заде [183], [184] прийняття рішень в

нечітких умовах, що базується на матрицях парних порівнянь Сааті [185], алгоритм врахування критеріальних пріоритетів Ціммермана [186], а також наукову працю [187].

Але на відміну від роботи [182], в якій продемонстровано реалізацію процедури Беллмана-Заде на прикладах побудови планів розвитку об'єктів абстрактного характеру, цю процедуру застосуємо до конкретного об'єкту – університету з його специфічними умовами функціонування. Друга відмінність полягає у тому, що в роботі [182], для здійснення конкретних числових розрахунків використано ППП MATLAB. В даному випадку для розрахунків аналогічного характеру використаємо ППП Anaconda, створений на основі мови програмування Python [187].

До складу групи експертів, які здійснюють попарні порівняння варіантів для реалізації системного плану розвитку університету, входять три професори, два аспіранти і один студент.

2.3 Розробка підходу до системного планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту багатокритеріальної оптимізації

Розпочнемо з формування варіантів системного плану оптимального розвитку університету та формулювання критеріїв переваги того чи іншого із варіантів над іншими. Позначимо варіанти плану розвитку університету, як B1, B2, B3, B4, B5. Нехай критеріями будуть: K1 – критерій, який характеризує надходження до університету коштів від надання платних послуг населенню, основною складовою яких є навчання студентів за оплачуваними ними контрактами; K2 – критерій, який характеризує наукові досягнення професорсько-викладацького складу університету; K3 – критерій, який характеризує якість навчального процесу в університеті за умови його організації за класичною схемою, тобто в офлайн-режимі; K4 – критерій, який характеризує якість навчального процесу за умови його організації з використанням дистанційної форми, тобто в онлайн-режимі; K5 – критерій, який характеризує якість

підготовки фахівців з вищою освітою в університеті з використанням ідеології дуальної освіти, тобто шляхом інтеграції навчання з виробництвом.

Розглянемо більш детально переваги і недоліки варіантів розвитку університету за цими критеріями.

Отже, якщо домінантним для якогось варіанту розвитку університету є критерій К1, то перевагою від реалізації цього варіанту є поява в університеті додаткових до виділених із бюджету коштів, а недоліком є поява серед студентів значної кількості таких, що не мають достатніх базових знань, без наявності яких неможливо забезпечити високу якість навчального процесу.

Якщо домінантним є критерій К2, то перевагою від реалізації цього варіанту є поява в університеті додаткових коштів від реалізації інноваційних у науковому плані результатів досліджень, зростання наукової складової іміджу та забезпечення викладацькими кадрами такого рівня кваліфікації, який університет зобов'язаний мати за умовами акредитації спеціальностей. Недоліком є повільний темп реалізації, що може розтягнутись на десятки років.

Для варіанту, домінантним для якого є критерій К3, перевагою від реалізації є забезпечення викладання навчальних дисциплін в університеті викладачами, здатними адекватно доносити до студентів необхідні знання і оцінювати знання студентів без протекційних та корупційних складових, а також нормативне забезпечення навчальних лабораторій сучасним для кожної навчальної дисципліни лабораторним обладнанням. Недоліком цього варіанту є високий процент відрахувань студентів, які не відповідають вимогам, особливо із середовища контрактників, і, як наслідок, поява значної кількості малокомплектних груп та зменшення надходжень від надання платних послуг населенню, що тягне за собою неухильне скорочення професорсько-викладацького складу університету.

А для варіанту, домінантним для якого є критерій К4, перевагою від реалізації є забезпечення університетом навчального процесу задовільної якості в умовах будь-якої нештатної ситуації, що виникла, наприклад, в результаті оголошення локдауну у

зв'язку з епідемією якоїсь хвороби. Недоліком є втрата безпосереднього контакту викладачів зі студентами, що особливо негативно впливає на якість лабораторного практикуму. Також це сприяє появі не підтверджених відповідними знаннями високих оцінок у студентів, а у кінцевому результаті приводить до появи серед випускників університету значної кількості псевдофахівців, не здатних працювати на посадах, що вимагають високого рівня професійних знань.

Для варіанту розвитку університету, домінантним для якого є критерій K5, перевагою від реалізації є забезпечення університетом своїх випускників високим рівнем практичної підготовки, завдяки чому суттєво розширюється база їх працевлаштування після закінчення університету та зменшуються затрати часу і зусиль на адаптацію до умов виконання функціональних обов'язків на підприємстві, яке взяло випускника на роботу. Недоліком є зменшення навчальних годин на теоретичну підготовку по кожній із навчальних дисциплін, що проявляється в недостатній готовності до науково-дослідної роботи при бажанні присвятити їй себе після закінчення університету, а також в масових пропусках занять студентами старших курсів, які ще до закінчення університету завдяки високому рівню практичної підготовки уже працевлаштувались на місця роботи, де достатньо лише наявності відповідного рівня робітничої кваліфікації.

Отже, побудова варіанту системного розвитку університету в полі цих 5 критеріїв є задачею багатокритеріальної оптимізації на множині антагоністичних критеріїв, для розв'язання якої застосуємо схему, запропоновану Беллманом-Заде [183], [184]. Для її реалізації розглянемо 5 варіантів системного плану розвитку університету в полі 5 вище охарактеризованих критеріїв з поки-що невідомими їхніми співвідношеннями, але за умови, що в кожному варіанті є складова, яку можна оптимізувати за одним із цих критеріїв.

Створена експертна група, для варіантів В1-В5 за критерієм К1 згенерувала матрицю Сааті парних порівнянь, позначену А1, у наступному вигляді

$$A1 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & 1 \\ \frac{1}{3} & 1 & 6 & 4 & 3 \\ 5 & \frac{1}{6} & 1 & 9 & 2 \\ 7 & \frac{1}{4} & \frac{1}{9} & 1 & \frac{1}{5} \\ 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 5 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

За схемою Беллмана-Заде для того, щоб синтезувати нечітку множину \widetilde{K}_1 , якою визначається належність критерія K_1 як лінгвістичної змінної до кожного із варіантів $B_1 - B_5$ у вигляді

$$\widetilde{K}_1 = \left\{ \frac{w_{11}(h_{1max})}{B_1}, \frac{w_{12}(h_{1max})}{B_2}, \frac{w_{13}(h_{1max})}{B_3}, \frac{w_{14}(h_{1max})}{B_4}, \frac{w_{15}(h_{1max})}{B_5} \right\}, \quad (2.4)$$

де h_{1max} – максимальне дійсне власне число матриці $A1$, а

$$w_{1max} = \left\{ \begin{matrix} w_{11}(h_{1max}) \\ w_{12}(h_{1max}) \\ w_{13}(h_{1max}) \\ w_{14}(h_{1max}) \\ w_{15}(h_{1max}) \end{matrix} \right\} \quad (2.5)$$

власний вектор цієї матриці $A1$, який породжується її власним числом h_{1max} , нормований на відрізьку $[0,1]$ значень функції належності $\mu(K_1)$ лінгвістичної змінної K_1 співвідношенням

$$w_{11}(h_{1max}) + w_{12}(h_{1max}) + w_{13}(h_{1max}) + w_{14}(h_{1max}) + w_{15}(h_{1max}) = 1, \quad (2.6)$$

спочатку визначаємо для цієї матриці усі її власні числа та власні вектори, відповідно $h_{11} - h_{15}, w_{11} - w_{15}$, тобто не нульові числа та вектори, які задовольняють матричне рівняння

$$[A1 - h_1 I]w_1 = 0, \quad (2.7)$$

де I – одинична діагональна матриця тієї ж розмірності, що й матриця $A1$. Потім із множини знайдених власних чисел виокремлюємо власне число, яке є найбільшим дійсним числом, та виокремлюємо власний вектор, породжений цим найбільшим

дійсним власним числом, проекції якого унормовуємо на одиничному відрізку дійсної осі, скориставшись рівнянням (2.6).

Для реалізації викладеної вище процедури використаємо комп'ютерну програму, написану нами на мові Python, яка має наступний вигляд:

```
In [1] import numpy as np
```

```
In [2] import scipy.linalg as la
```

```
In [3] A1=np.array([[1,3,1/5,1/7,1],[1/3,1,6,4,3],[5,1/6,1,9,2],\
                    [7,1/4,1/9,1,1/5],[1,1/3,1/2,5,1]])
```

```
In [4] h,w=la.eig(A1)
```

```
In [5] h,w
```

```
Out[5]:
```

```
(array([ 9.22477472+0.j      , -0.40811601+5.95562656j,
        -0.40811601-5.95562656j, -3.23729251+0.j      ,
        -0.1712502 +0.j      ]),
array([[ 0.29308481+0.j      , -0.0205551 -0.33653518j,
        -0.0205551 +0.33653518j,  0.27506091+0.j      ,
        0.01676351+0.j      ]),
 [ 0.66232265+0.j      ,  0.65690014+0.j      ,
   0.65690014-0.j      , -0.55095466+0.j      ,
  -0.2799232 +0.j      ]),
 [ 0.56767403+0.j      ,  0.0332377 +0.49878881j,
   0.0332377 -0.49878881j,  0.4458192 +0.j      ,
  -0.28534327+0.j      ]),
 [ 0.28379519+0.j      , -0.35985256+0.07744365j,
  -0.35985256-0.07744365j, -0.45544964+0.j      ,
  -0.16723841+0.j      ]),
 [ 0.26951158+0.j      ,  0.10728138+0.24064096j,
```

```
0.10728138-0.24064096j, 0.46325082+0.j
0.90109518+0.j ]))
```

```
In [6] h.max( )
```

```
Out[6]: (9.224774723558255+0j)
```

```
In [7] i=h.argmax( ); i
```

```
Out[7]: 0
```

```
In [8] w1=w[:,i];w1
```

```
Out[8]:
```

```
array([0.29308481+0.j, 0.66232265+0.j, 0.56767403+0.j, 0.28379519+0.j,
0.26951158+0.j])
```

```
In [9] nw1=la.norm(w1); nw1
```

```
Out[9]: 1.0
```

```
In [10] w1.sum( )
```

```
Out[10]:
```

```
(2.0763882517367844+0j)
```

```
In [11] nw1=w1.sum( )
```

```
In [12] w1max=w1/nw1;w1max
```

```
Out[12]:
```

```
array([0.14115125+0.j, 0.31897823+0.j, 0.27339493+0.j, 0.13667732+0.j,
0.12979826+0.j])
```

```
In [13] w1maxo=w1max.round(4); w1maxo
```

```
Out[13]:
```

```
array([0.1412+0.j, 0.319 +0.j, 0.2734+0.j, 0.1367+0.j, 0.1298+0.j])
```

Командою In [12] визначається належність критерія K_1 як лінгвістичної змінної до кожного із варіантів $B_1 - B_5$, а командою In [13] залишаємо в кожному числовому значенні належності по 4 знаки після коми. Підставляючи ці значення на відповідні місця у вираз (2.4), отримаємо конкретизовану нечітку множину \widetilde{K}_1 , якою

визначається належність критерія K_1 як лінгвістичної змінної до кожного із варіантів $B_1 - B_5$ у вигляді

$$\widetilde{K}_1 = \left\{ \frac{0,1412}{B_1}, \frac{0,3190}{B_2}, \frac{0,2734}{B_3}, \frac{0,1367}{B_4}, \frac{0,1298}{B_5} \right\} \quad (2.8)$$

Та ж сама експертна група для варіантів B_1-B_5 згенерувала матриці Сааті парних порівнянь, позначені A_i , $i=2,3,4,5$ і за іншими критеріями:

$$A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ \frac{1}{3} & 1 & 2 & 5 & 3 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & 1 & 3 & 2 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & 3 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix} \quad A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ \frac{1}{3} & 1 & 5 & 4 & 4 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & 1 & 1 & 2 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & 1 & 1 & 2 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

$$A_4 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{7} & 1 & 1 \\ 2 & 1 & \frac{1}{7} & 1 & 1 \\ 7 & 7 & 1 & \frac{1}{3} & 2 \\ 1 & 1 & 3 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & \frac{1}{2} & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad A_5 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{5} & 2 & \frac{1}{7} & 1 \\ 5 & 1 & 1 & \frac{1}{4} & 1 \\ \frac{1}{2} & 1 & 1 & \frac{1}{3} & 2 \\ 7 & 4 & 3 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix}$$

За схемою Беллмана-Заде, в процесі синтезу нечіткої множини \widetilde{K}_1 , якою визначається належність критерія K_1 як лінгвістичної змінної до кожного із варіантів $B_1 - B_5$, з використанням програми, записаної на мові Python, приведеної вище, отримані нечіткі множини \widetilde{K}_i , $i=2,3,4,5$, якими визначається належність і цих критеріїв як лінгвістичних змінних до кожного із варіантів $B_1 - B_5$, у вигляді:

$$\widetilde{K}_2 = \left\{ \frac{0,5285}{B_1}, \frac{0,2211}{B_2}, \frac{0,1257}{B_3}, \frac{0,0735}{B_4}, \frac{0,0512}{B_5} \right\} \quad (2.10)$$

$$\widetilde{K}_3 = \left\{ \frac{0,4070}{B_1}, \frac{0,3118}{B_2}, \frac{0,1028}{B_3}, \frac{0,1057}{B_4}, \frac{0,0727}{B_5} \right\} \quad (2.11)$$

$$\widetilde{K}_4 = \left\{ \frac{0,0995}{B_1}, \frac{0,1255}{B_2}, \frac{0,3671}{B_3}, \frac{0,2773}{B_4}, \frac{0,1305}{B_5} \right\} \quad (2.12)$$

$$\widetilde{K}_5 = \left\{ \frac{0,1024}{B_1}, \frac{0,1868}{B_2}, \frac{0,1317}{B_3}, \frac{0,4694}{B_4}, \frac{0,1097}{B_5} \right\} \quad (2.13)$$

Нечіткі множини, що задані виразами (2.8), (2.10)-(2.13), побудовані за умови, що усі критерії є рівнозначними. Але в дійсності при побудові конкретних планів розвитку університету кожен із критеріїв $K_i, i = 1, 2, \dots, 5$, має свою вагу α_i , яка для кожного з них може змінюватись за побажанням замовника плану розвитку університету, але повинна залишатись нормованою в межах відрізка $[0,1]$, тобто повинна задовольняти рівність

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = 1 \quad (2.14)$$

У випадку нерівнозначності критеріїв α_i Ціммерман запропонував міру $\mu_{K_i}^*(B_j)$ належності критерія K_i до варіанту B_j обчислювати з врахуванням його ваги, яка задає ступінь концентрації, у вигляді

$$\mu_{K_i}^*(B_j) = (\mu_{K_i}(B_j))^{\alpha_i}, \quad (2.15)$$

а числові значення самих ваг кожного із критеріїв визначати з використанням матриці Сааті парних порівнянь між собою цих критеріїв. Експертна група для уведених вище критеріїв, розмістивши їх у порядку зменшення ваги у вигляді послідовності

$$K_3, K_2, K_5, K_4, K_1 \quad (2.16)$$

синтезувала для них матрицю парних порівнянь Сааті у вигляді

$$K = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{7} & \frac{1}{9} & \frac{1}{3} & \frac{1}{5} \\ 7 & 1 & \frac{1}{3} & 5 & 3 \\ 9 & 3 & 1 & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} \\ 3 & \frac{1}{5} & 7 & 1 & \frac{1}{3} \\ 5 & \frac{1}{3} & 5 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

За тією ж схемою Беллмана-Заде, використовуючи матрицю K , для критеріальної нечіткої множини \tilde{K} отримаємо вираз, аналогічний виразу (2.4), але у вигляді

$$\tilde{K} = \left\{ \frac{\alpha_1}{K_1}, \frac{\alpha_2}{K_2}, \frac{\alpha_3}{K_3}, \frac{\alpha_4}{K_4}, \frac{\alpha_5}{K_5} \right\}, \quad (2.18)$$

конкретизація якої з використанням програми, записаної на мові Python і приведеної вище, приводить до виразу

$$\tilde{K} = \left\{ \frac{0,03}{K_1}, \frac{0,31}{K_2}, \frac{0,18}{K_3}, \frac{0,22}{K_4}, \frac{0,26}{K_5} \right\}, \quad (2.19)$$

З врахуванням виразів (2.15) і (2.19) вирази (2.8), (2.10) – (2.13) набувають вигляду:

$$\widetilde{K_{1\alpha_1}} = \left\{ \frac{0,94}{B_1}, \frac{0,96}{B_2}, \frac{0,96}{B_3}, \frac{0,94}{B_4}, \frac{0,94}{B_5} \right\} \quad (2.20)$$

$$\widetilde{K_{2\alpha_2}} = \left\{ \frac{0,82}{B_1}, \frac{0,63}{B_2}, \frac{0,53}{B_3}, \frac{0,45}{B_4}, \frac{0,40}{B_5} \right\} \quad (2.21)$$

$$\widetilde{K_{3\alpha_3}} = \left\{ \frac{0,85}{B_1}, \frac{0,81}{B_2}, \frac{0,66}{B_3}, \frac{0,67}{B_4}, \frac{0,62}{B_5} \right\} \quad (2.22)$$

$$\widetilde{K_{4\alpha_4}} = \left\{ \frac{0,60}{B_1}, \frac{0,63}{B_2}, \frac{0,80}{B_3}, \frac{0,75}{B_4}, \frac{0,64}{B_5} \right\} \quad (2.23)$$

$$\widetilde{K_{5\alpha_5}} = \left\{ \frac{0,55}{B_1}, \frac{0,65}{B_2}, \frac{0,59}{B_3}, \frac{0,82}{B_4}, \frac{0,56}{B_5} \right\} \quad (2.24)$$

Згідно з алгоритмом Ціммермана, який є складовою частиною методики, викладеної в роботі [182], при багатокритеріальній оптимізації приймати за найкращий (НВ) потрібно той варіант, який є найкращим одночасно по усім критеріям, для чого спочатку знаходимо перетин (ПК) нечітких критеріальних множин, визначених виразами (2.20) – (2.24) у вигляді

$$ПК = \widetilde{K_{1\alpha_1}} \cap \widetilde{K_{2\alpha_2}} \cap \widetilde{K_{3\alpha_3}} \cap \widetilde{K_{4\alpha_4}} \cap \widetilde{K_{5\alpha_5}}, \quad (2.25)$$

а потім, враховуючи те, що перетин для кожного варіанта визначається мінімальним значенням функції належності, підставляючи у вираз (2.25) вирази (2.20)-(2.24), отримаємо конкретизоване значення цього перетину у вигляді

$$ПК = \left\{ \frac{0,55}{B_1}, \frac{0,63}{B_2}, \frac{0,53}{B_3}, \frac{0,45}{B_4}, \frac{0,40}{B_5} \right\} \quad (2.26)$$

Із виразу (2.26) витікає, що найкращим варіантом розвитку університету в полі вибраних критеріїв з пріоритетністю, заданою послідовністю (2.16), є варіант *B2*, який характеризується найвищим значенням функції належності до нечіткої множини оптимальних рішень, для якого домінантним був критерій *K2*, що характеризує наукові досягнення професорсько-викладацького складу університету.

Цілком зрозуміло, що в разі іншої пріоритетності вибраних критеріїв найкращим може виявитись інший варіант розвитку. Також іншим може виявитись варіант розвитку університету і в разі, якщо до уже запропонованих критеріїв нечіткої оптимізації будуть додані ще якісь додаткові критерії, які характеризуватимуть ще якісь параметри функціонування університету, не враховані при розв'язанні задачі пошуку оптимального плану розвитку університету в полі вибраних критеріїв.

2.4 Висновки до другого розділу

1. Показано, що дослідження процесів функціонування закладів вищої освіти і публікації результатів цих досліджень у наукових журналах в основному спрямовані на виявлення залежностей якості підготовки фахівців у цих закладах від однієї чи кількох координат цього процесу в умовах ігнорування впливу багатьох інших його координат, а у переважній більшості і без врахування їх змін у часі, тобто, з використанням математичних моделей цих залежностей в просторі автоматів Мура, у той час як адекватне відображення процесів функціонування закладів вищої освіти можливе лише в просторі автоматів Мілі.

2. Запропоновано для дослідження процесів функціонування закладів вищої освіти використовувати системний підхід як ідеологію і системний аналіз як метод та визначено усі складові цих процесів на перших двох етапах застосування методу, в результаті чого заклад вищої освіти виділено як об'єкт дослідження із навколишнього середовища і сформовано усі точки, в яких цей об'єкт дослідження здійснює контакти з навколишнім середовищем, та конкретизовані як усі 15 впливів навколишнього

середовища на об'єкт дослідження так і усі 12 впливів об'єкта дослідження на навколишнє середовище.

3. Показано, що для того, щоб математичні моделі процесів функціонування закладів вищої освіти представляли ці процеси в просторі автоматів Мілі, їх необхідно синтезувати з використанням і диференціальних рівнянь, і інтегральних рівнянь, і різницевих рівнянь, і операторних перетворень Лапласа, Фур'є та дискретного перетворення решітчастих функцій, і регресійних моделей стохастичних різницевих рядів, і наближених методів розв'язання нелінійних рівнянь різних класів, і ймовірнісної інтерпретації кривих забування інформації, і синергетичного підсилення процесів засвоєння знань, і теорії лінгвістичної змінної та нечітких баз знань, і теорії катастроф, і нейронних та нейронечітких мереж, і теорії секвенцій.

4. В якості критеріїв оцінки результатів запропоновано використати такі інтегральні критерії як імідж закладу вищої освіти та затрати, необхідні для забезпечення його функціонування, перший із яких – імідж - вимагає максимізації при обмеженнях на затрати, а другий – затрати – вимагає мінімізації при обмеженнях на імідж, тобто, при розв'язанні поставленої задачі з їх використанням стратегія може бути або максимінною, або мінімаксною, а точка оптимуму – сідловою.

5. Здійснено пошук варіанту плану оптимального розвитку університету в полі 5 пріоритетних для закладу вищої освіти критеріїв оптимізації, один із яких характеризує надходження до університету коштів, додаткових до бюджетного фінансування, два інших характеризують відповідно наукові досягнення професорсько-викладацького складу та якість впровадження ідеології дуальної освіти в навчальний процес, а ще два характеризують якість навчального процесу в режимах офлайн та онлайн.

6. Запропоновано варіант пріоритетності вибраних критеріїв та на нечіткій множині їх оптимальних значень визначено найкращий варіант плану розвитку університету, який сприятиме стабільному нарощенню з року в рік його іміджу.

Наведені в даному розділі результати опубліковані в тезах міжнародних конференцій [31], [41], регіональної конференції [30] та в наукових виданнях [40], [29].

РОЗДІЛ 3.

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСІВ, ЩО ПРОТІКАЮТЬ В ПІДСИСТЕМАХ, ЩО ВХОДЯТЬ ДО СТРУКТУРИ ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ, ТА ЇХ АДАПТАЦІЯ ДО ПРОЦЕСУ РЕФОРМУВАННЯ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ ЗА ІДЕОЛОГІЄЮ ДУАЛЬНОСТІ

3.1 Постановка задачі удосконалення математичної моделі «кривої забування»

В розділі 2 запропоновано системний підхід до аналізу процесу функціонування закладу вищої освіти, згідно з яким в процесі цього аналізу необхідно використовувати увесь комплекс математичних моделей, що зв'язують між собою усі змінні, як зовнішні так і внутрішні, що характеризують цей процес, і визначена структура усіх можливих зв'язків між цими змінними.

Однією із ключових ланок у цій структурі, як показано на рис. 2.3, є студент, який засвоює знання як на аудиторних заняттях з викладачем, так і самостійно, користуючись інформацією, добутою самостійно з навчальних посібників, монографій, наукових статей та інтернету.

А однією із базових математичних моделей, за допомогою яких здійснюється прогнозування ступеню засвоєння студентом інформації, отриманої від викладача на аудиторних заняттях з вивчення конкретної навчальної дисципліни, є математична модель процесу забування цієї інформації в проміжку між двома послідовними заняттями, які проводить даний викладач.

Першу таку модель у вигляді «кривої забування» запропонував у 1885 році Г. Еббінгаус [188], [189]. «Крива забування» приведена у вигляді лінії 1 на рис. 3.1 [23].

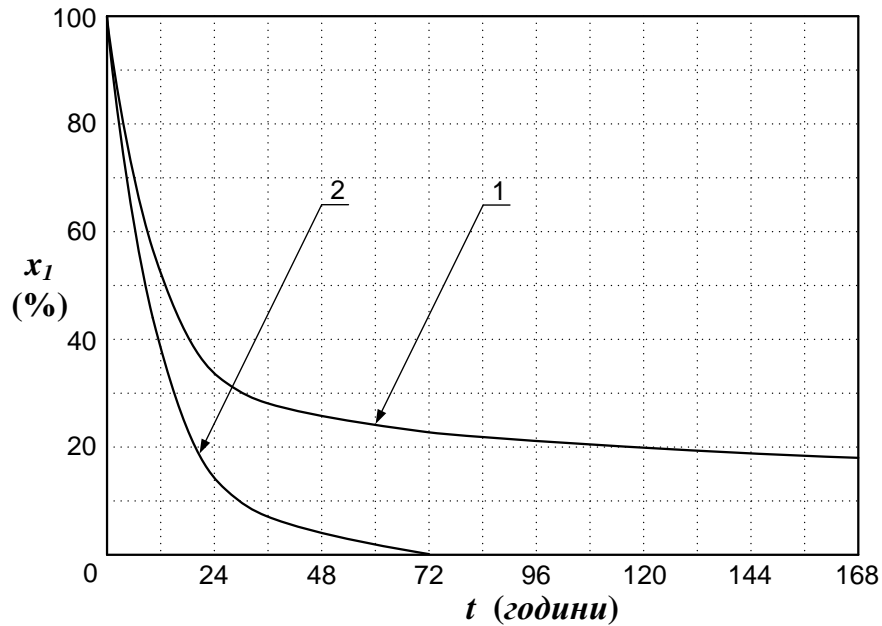


Рисунок 3.1 – Тижневі графіки кривої забування за Г. Еббінгаузом (лінія 1) та кривої чистого забування (лінія 2)

Для апроксимації «кривої Г. Еббінгауза» в роботі [21] запропоновано математичну модель, яка враховує синергетичну складову $\alpha_{12}x_1x_2$, і має вигляд функції

$$x_1^*(t) = 100e^{(-0,08013 + \alpha_{12}x_2)t}, \quad (3.1)$$

у якій змінна x_2 грає роль параметра, а значення синергетичної складової у показнику експоненти $\alpha_{12}x_2$, перед наступною лекцією через тиждень (через 168 годин) дорівнює 0,06980, що і забезпечує можливість отримати на «кривій забування» за Г. Еббінгаузом точку

$$x_1(168) = 18\% \quad (3.2)$$

Тобто, саме за рахунок такої зваженої відносної кількості знань по темі лекції, обумовленої спонтанною синергетичною складовою, викликаною нецілеспрямованим згадуванням, у пам'яті студента через тиждень після її прослуховування залишається 18% від тієї кількості знань, які він отримав на цій лекції.

Але, як показано в роботі [23], «крива Г. Еббінгауза» фактично задає у часі t не графік процесу забування отриманих знань $x_1(t)$, а графік змінного математичного очікування $m_{x_1(t)}$ цього процесу, визначеного шляхом усереднення результатів по групі індивідуумів $k = 1, 2, \dots, n$.

Також у роботі [23] запропоновано і обґрунтовано замість «кривої забування» використовувати «смугу забування», для якої «крива Г. Еббінгауза» є «осьовою» лінією, і доведено, що для визначення границь «смуги забування» доцільно використовувати нормальний закон розподілу [190], який для випадкової величини $x_1(t_k), k = 1, 2, \dots, n$ у вигляді густини її ймовірностей $f(x_1(t_k))$ має вигляд -

$$f(x_1(t_k)) = \frac{1}{\sigma_{x_1(t_k)} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x_1(t_k) - m_{x_1(t_k)}}{\sigma_{x_1(t_k)}} \right)^2}, k = 1, 2, \dots, n, \quad (3.3)$$

де $m_{x_1(t_k)}$ – усереднене значення (математичне очікування) випадкової величини $x_1(t_k)$ в контрольний момент часу t_k (точка на «кривій забування» Г. Еббінгауза в момент часу t_k), а $\sigma_{x_1(t_k)}$ – середньоквадратичне відхилення випадкових значень $x_1(t_k)$ від математичного очікування $m_{x_1(t_k)}$ цієї випадкової величини в даний контрольний момент часу. Числове значення середньоквадратичного відхилення з використанням кривої «чистого забування» (лінія 2 на рис.3.1) з виразу (3.1) при нульовій синергетичній складовій та правила «трьох сігм» [3] запропоновано знаходити з рівняння

$$24 - 3\sigma_{x_1(t_k=72)} = 0, \quad (3.4)$$

тобто, у вигляді –

$$\sigma_{x_1(t_k=72)} = \frac{24}{3} = 8\% \quad (3.5)$$

У роботі [23] показано, що три «смуги забування» в процентних діапазонах ймовірностей 65; 95; 99,7, які визначаються співвідношеннями:

$$J_{65\%} = (m_{x_1(t_k)} - \sigma_{x_1(t_k)}, m_{x_1(t_k)} + \sigma_{x_1(t_k)}), \quad (3.6)$$

$$J_{95\%} = (m_{x_1(t_k)} - 2\sigma_{x_1(t_k)}, m_{x_1(t_k)} + 2\sigma_{x_1(t_k)}), \quad (3.7)$$

$$J_{99,7\%} = (m_{x_1(t_k)} - 3\sigma_{x_1(t_k)}, m_{x_1(t_k)} + 3\sigma_{x_1(t_k)}) - \quad (3.8)$$

мають вигляд приведений на рис. 3.2 [23].

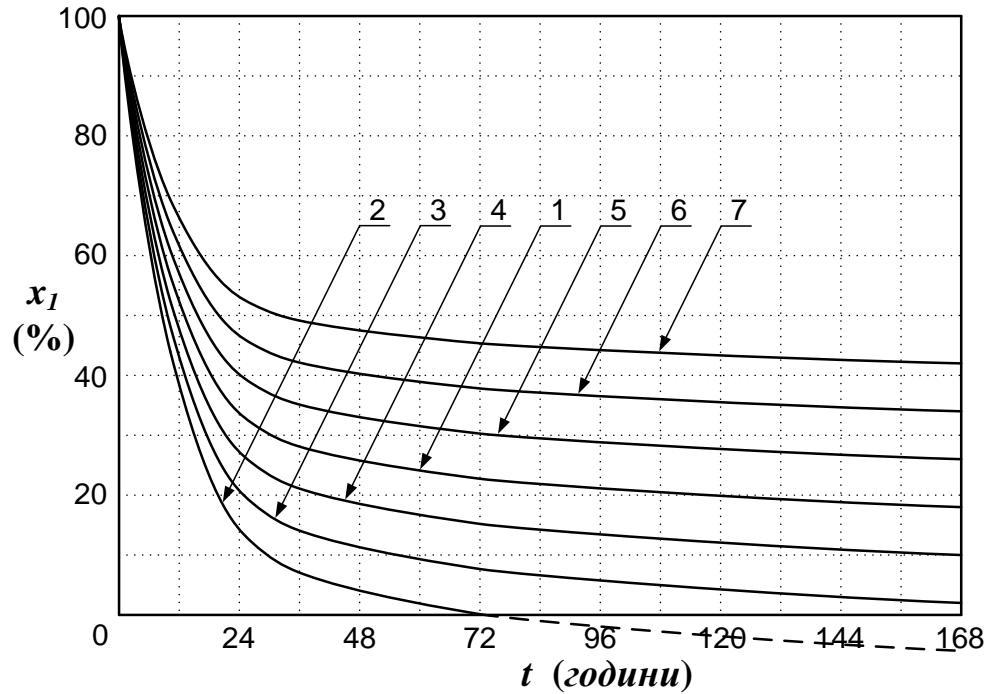


Рисунок 3.2 – Тижневі графіки кривої забування за Г. Еббінгаузом (лінія 1), та смуг забування, обмежених лініями 2 і 7, лініями 3 і 6, та лініями 4 і 5

На рис. 3.2 смуга забування, що обмежена лініями 4 і 5 задається виразом (3.6), смуга забування, що обмежена лініями 3 і 6 – виразом (3.7), а смуга забування, що обмежена лініями 2 і 7 – виразом (3.8).

Обговорення концепції розширення «кривої забування», експериментально побудованої Г. Еббінгаузом, до запропонованих в роботі [23] «смуг забування», на семінарах за участю професійних психологів, привели до висновків, що сама концепція розширення «кривої» до «смуг» є плідною і такою, що не суперечить даним експериментальних досліджень, але ця концепція потребує удосконалення в частині:

1) уточнення базової для синтезу «смуг забування» математичної моделі «кривої Г. Еббінгауза», оскільки згідно з тією моделлю, що запропонована виразом (3.1), з плином часу забувається все, у той час, як практика свідчить, що, хоча б на якомусь незначному рівні, інформація, отримана в аудиторії за тематикою навчальної дисципліни від викладача, зберігається не лише впродовж усього терміну вивчення цієї навчальної дисципліни, але і по закінченні навчального закладу;

2) необхідності «упакування» навіть найбільш широкої «смуги забування» в межах квадранту площини з позитивною оцінкою рівнів забування інформації, оскільки забування зі знаком мінус не буває, а тому недоцільно його інтерпретувати в термінах генерування дезінформації.

Тому далі перейдемо до удосконалення концепції розширення «кривої» до «смуг» з метою її «очищення» від недоліків, приведених вище.

3.2 Удосконалення ймовірнісної математичної моделі процесу забування інформації, отриманої студентом на лекції

Почнемо з уточнення базової для синтезу «смуг забування» математичної моделі «кривої Г. Еббінгауза».

Серед професійних психологів знаходить підтримку математична модель, що запропонована у роботі [25] і має вигляд

$$\bar{I} = \bar{\varphi} + (1 - \bar{\varphi})e^{-\frac{t}{T}}, \quad (3.9)$$

в якій відносними величинами $\bar{I} = \frac{I}{I_0}$ та $\bar{\varphi} = \frac{I_c}{I_0}$ задається поточне значення інформації

I , що забувається піддослідним індивідом, після отримання її ним у кількості I_0 в початковий момент часу $t=0$, і та частка I_c від початкової інформації, що

залишається в пам'яті індивідуума назавжди, а параметром T позначено відрізок часу, за який забувається $\frac{2}{3}$ від початкової кількості інформації, тобто, від I_0 .

Зауважимо, що зв'язок між лівою частиною моделі (3.1), в якій процес забування інформації виражається в процентах від початкової її кількості, та лівою частиною моделі (3.9), в якій процес забування інформації виражається в долях від початкової її кількості, має вигляд

$$x_1 = 100\bar{I} \quad (3.10)$$

Другою відмінністю цих моделей є те, що в моделі (3.1) час t задається в годинах, відлік яких починається від моменту отримання індивідуумом початкової інформації, тобто, ця модель задає процес забування інформації у вигляді $x_1(t)$, а в моделі (3.9) час задається у відносних одиницях τ , пов'язаних з поточним часом t співвідношенням $\tau = \frac{t}{T}$, а тому ця модель задає процес забування інформації у вигляді $\bar{I}(\tau)$.

Третя відмінність цих моделей полягає в тому, що модель (3.9) в якості відносного параметру $\bar{\varphi}$ містить в собі складову, що задає значення I_c тієї долі початкової інформації, яка ніколи з пам'яті індивідуума не стирається, а модель (3.1) такого параметру не містить.

Четвертою відмінністю цих моделей є те, що модель (3.1) враховує синергетичну складову $\alpha_{12}x_2$, де x_2 - інформація, що генерується мозком індивідуума самостійно за тематикою, пов'язаною з початковою інформацією у той період часу, в який уже від викладача ця інформація не надходить і йде процес її забування, а тому ця складова уповільнює процес забування, у той час як модель (3.9) такої складової не містить взагалі.

Проаналізувавши ці чотири відмінності, синтезуємо математичну модель процесу забування інформації студентом у вигляді:

$$x_{1(\%)}(\tau) = \bar{\varphi}_{(\%)} + (100 - \bar{\varphi}_{(\%)})e^{-(1-\alpha_{12}x_2)\tau}, \quad (3.11)$$

який є симбіозом моделей (3.1), (3.9) та не містить в собі відзначених вище недоліків кожної із цих моделей при їх самостійному використанні.

Якщо, як це пропонується в роботі [25], параметр T визначати як час, за який забувається дві третини від початкової інформації, то, як витікає із «кривої Г. Еббінгауза», приведеної на рис.3.1 у вигляді лінії 1,

$$T = 24 \text{ години}, \quad (3.12)$$

а тому для ідентифікації синтезованої математичної моделі (3.11) скориставшись «кривою Г. Еббінгауза», чисельно визначимо параметр $\bar{\varphi}_{(\%)}$, який характеризує той процент початкової інформації, що не забувається з часом, та параметр $\alpha_{12}x_2$, який характеризує синергетичну складову, що уповільнює процес забування за рахунок внутрішньої роботи мозку у той відрізок часу, в який нова інформація до цього мозку не надходить. Для знаходження чисельних значень цих параметрів скористаємось моделлю (3.11) та «кривою Г. Еббінгауза», складемо відносно них і розв'яжемо систему двох рівнянь з двома невідомими.

З «кривої Г. Еббінгауза» легко бачити, що для моменту часу $t_1 = 48 \text{ годин}$ маємо:

$$\begin{cases} \tau_1 = \frac{t_1}{T} = \frac{48}{24} = 2, \\ x_{1(\%)}(t_1) = x_{1(\%)}(\tau_1) = 25,5; \end{cases} \quad (3.13)$$

а для моменту часу $t_2 = 120 \text{ годин}$ маємо:

$$\begin{cases} \tau_2 = \frac{t_2}{T} = \frac{120}{24} = 5, \\ x_{1(\%)}(t_2) = x_{1(\%)}(\tau_2) = 20; \end{cases} \quad (3.14)$$

Підставляючи значення відповідних параметрів із виразів (3.13), (3.14) в математичну модель (3.11), отримаємо систему двох рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{25,5 - \bar{\varphi}_{(\%)}}{100 - \bar{\varphi}_{(\%)}} = e^{-(1 - \alpha_{12} x_2)^2}, \\ \frac{20 - \bar{\varphi}_{(\%)}}{100 - \bar{\varphi}_{(\%)}} = e^{-(1 - \alpha_{12} x_2)^5}, \end{cases} \quad (3.15)$$

розв'язуючи які відносно $\bar{\varphi}_{(\%)}$ та $\alpha_{12} x_2$ отримаємо числові значення цих параметрів, підстановкою яких в модель (3.11) завершується процес її ідентифікації.

Але цей алгоритм ідентифікації моделі (3.11) не приносить коректних результатів в разі використання при його реалізації координат далеко віддалених одна від одної точок з «кривої Г. Еббінгауза».

В процесі досліджень вдалося з'ясувати, що отримувати коректні розв'язки системи рівнянь (3.15) при вільному виборі координат точок з «кривої Г. Еббінгауза» можна лише у тих випадках, коли і параметр T , який характеризує відрізок часу, протягом якого індивідуум забуває дві третини початкової інформації, і параметр $\alpha_{12} x_2$, який характеризує сповільнення процесу забування за рахунок синергетичної складової, що генерується мозком в проміжку часу між новими надходженнями інформації за даною темою, є не константами, а величинами, що змінюються в часі, або ж ці величини визначаються методом найменших квадратів з використанням випадкових числових значень ступеню забування, розкиданих навколо «кривої Г. Еббінгауза», що породить нову модель, графік якої буде наближеним до «кривої Г. Еббінгауза» в середньому квадратичному сенсі, але не співпадатиме з нею. Це стало ще одним підтвердженням того, що при аналізі процесів забування інформації необхідно переходити від використання «кривої забування», створеної Г. Еббінгаузом, до «смуг забування», у вигляді, приведені на рис. 3. 2 [23].

Але, для того, щоб врахувати зауваження психологів стосовно того, що забування не повинно набувати від'ємного знаку в «смузі забування», а також врахувати математичну модель осьової лінії цих смуг у вигляді (3.11), при побудові удосконалених «смуг забування, як і в роботі [23], використаємо вирази (3.3), (3.6), (3.7), (3.8), але по іншому підійдемо до визначення середньоквадратичного відхилення

$\sigma_{x_1(\tau_k)}$ та вкладемо дещо інший зміст в параметр T , з використанням якого будемо формувати відносний час

$$\tau_k = \frac{t_k}{T}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (3.16)$$

В роботі [23] параметр T дорівнював відрізку часу, протягом якого відбувалося забування індивідумом двох третин початкової інформації, а у даному випадку цей параметр є лише базовим для визначення відносного часу за виразом (3.16) і дорівнює кількості годин в добі, тобто, для нього теж буде справедливим співвідношення (3.12), але наповнене іншим змістом.

Середньоквадратичне відхилення $\sigma_{x_1(\tau_k)}$ визначимо не з виразу $24 - 3\sigma_{x_1(t_k=72)} = 0$, як в роботі [23], а з виразу

$$18 - 3\sigma_{x_1(\tau_7)} = 0, \quad (3.17)$$

яким описуватимемо нижню границю крайньої полоси за законом «трьох сігм» через тиждень після початкової подачі інформації, тобто, перед подачею наступної порції інформації на наступній за розкладом лекції за умови, що розкладом передбачена лише одна лекція з даної навчальної дисципліни на тиждень.

Цілком очевидно, що якщо за розкладом на тиждень заплановано буде дві і більше лекцій, то рівняння (3.17) необхідно буде записувати відносно дня, в який відбудеться наступна за розкладом лекція, що означає, що «смути забування» можуть мати рухомі границі, положення яких обумовлюватиметься розкладом занять з даної навчальної дисципліни.

Із рівняння (3.17) знайдемо, що

$$\sigma_{x_1(\tau_7)} = \sigma_{x_1(7)} = \frac{18}{3} = 6 \quad (3.18)$$

А далі, застосовуючи той же алгоритм, що і в роботі [23], але з використанням значення середньоквадратичного відхилення, визначеного виразом (3.18), знайдемо, що в точці з абсцисою $\tau_7 = 7$ ординати верхньої та нижньої граничних точок набувають значень:

для «смуги забування» (3.6) -

$$\begin{cases} x_{1(\%)}^v(7) = x_{1(\%)}^E(7) + \sigma_{x_1(7)} = 18 + 6 = 24, \\ x_{1(\%)}^n(7) = x_{1(\%)}^E(7) - \sigma_{x_1(7)} = 18 - 6 = 12; \end{cases} \quad (3.19)$$

для «смуги забування» (3.7) -

$$\begin{cases} x_{1(\%)}^v(7) = x_{1(\%)}^E(7) + 2\sigma_{x_1(7)} = 18 + 12 = 30, \\ x_{1(\%)}^n(7) = x_{1(\%)}^E(7) - 2\sigma_{x_1(7)} = 18 - 12 = 6; \end{cases} \quad (3.20)$$

для «смуги забування» (3.8) -

$$\begin{cases} x_{1(\%)}^v(7) = x_{1(\%)}^E(7) + 3\sigma_{x_1(7)} = 18 + 18 = 36, \\ x_{1(\%)}^n(7) = x_{1(\%)}^E(7) - 3\sigma_{x_1(7)} = 18 - 18 = 0; \end{cases} \quad (3.21)$$

Зауважимо, що у виразах (3.19), (3.20), (3.21) $x_{1(\%)}^E(7)$ - це значення ординати з «кривої Г. Еббінгауза» в точці з абсцисою $\tau_7 = 7$.

А в точці з абсцисою $\tau_2 = 2$ ординати верхньої та нижньої граничних точок набувають значень:

для «смуги забування» (3.6) -

$$\begin{cases} x_{1(\%)}^v(2) = x_{1(\%)}^E(2) + \sigma_{x_1(7)} = 25,5 + 6 = 31,5, \\ x_{1(\%)}^n(2) = x_{1(\%)}^E(2) - \sigma_{x_1(7)} = 25,5 - 6 = 19,5; \end{cases} \quad (3.22)$$

для «смуги забування» (3.7) -

$$\begin{cases} x_{1(\%)}^v(2) = x_{1(\%)}^E(2) + 2\sigma_{x_1(7)} = 25,5 + 12 = 37,5, \\ x_{1(\%)}^n(2) = x_{1(\%)}^E(2) - 2\sigma_{x_1(7)} = 25,5 - 12 = 13,5; \end{cases} \quad (3.23)$$

для «смуги забування» (3.8) -

$$\begin{cases} x_{1(\%)}^v(2) = x_{1(\%)}^E(2) + 3\sigma_{x_1(7)} = 25,5 + 18 = 43,5, \\ x_{1(\%)}^n(2) = x_{1(\%)}^E(2) - 3\sigma_{x_1(7)} = 25,5 - 18 = 7,5; \end{cases} \quad (3.24)$$

Між цими граничними точками з абсцисами $\tau_2 = 2$ та $\tau_7 = 7$ границі «смуги забування» проводимо паралельно осьовій «кривій Г. Еббінгауза», а між граничними точками з абсцисою $\tau_2 = 2$ та точкою з абсцисою $\tau_0 = 0$ і ординатою $x_{1(\%)} = 100$ усю множину граничних ліній стягуємо у пучок з вершиною у точці $(0;100)$ та

збереженням пропорційності у співвідношеннях граничних ординат в точці з абсцисою $\tau_1 = 1$.

Визначені за таким алгоритмом «смуги забування» графічно представлені на рис. 3.3.

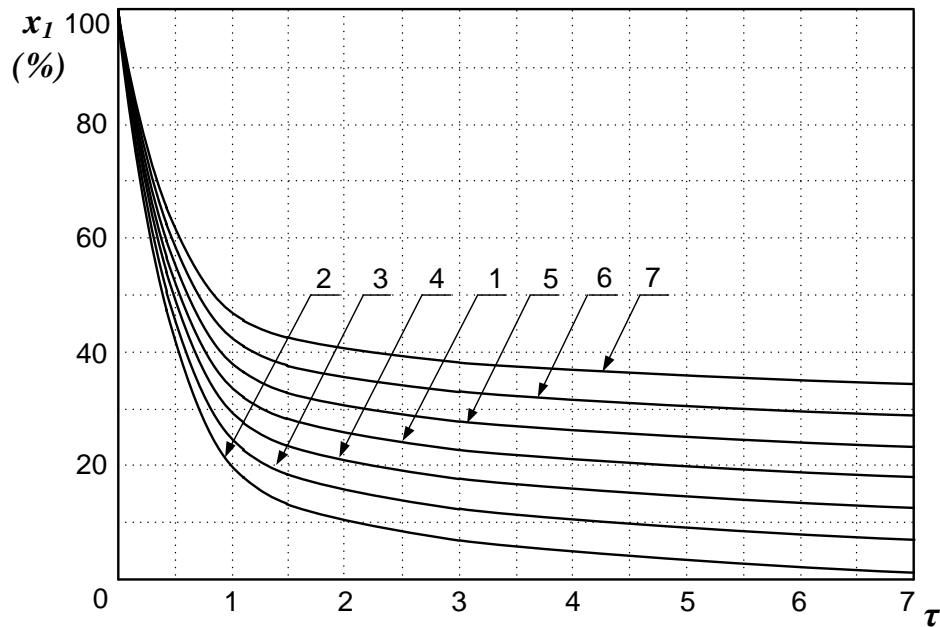


Рисунок 3.3 – Тижневі графіки кривої забування за Г. Еббінгаузом (лінія 1), та смуг забування, обмежених лініями 2 і 7, лініями 3 і 6, та лініями 4 і 5, визначених за удосконаленою методикою

Як показано в роботі [23] стосовно кваліфікаційних ознак рівня пам'яті, очевидно, що чим менше індивідуум забуває, тим вищим є рівень його пам'яті. Отже, граничні лінії, визначені в «смугах забування», можуть виступати в якості класифікаційних ознак наявності у цього індивідуума того чи іншого рівня пам'яті, а саме:

- у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідуумом, лежить на осевій лінії 1 «смуги забування», тобто, на «кривій забування» за Г. Еббінгаузом, то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він має «середній рівень» пам'яті;

- у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідумом, лежить вище лінії 1, але нижче лінії 5 «смуги забування», то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він має рівень пам'яті, «вищий середнього», причому сама лінія 5 може бути класифікаційною ознакою «доброї» пам'яті;
- у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідумом, лежить вище лінії 5, але нижче лінії 6 «смуги забування», то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він має рівень пам'яті, «вищий доброго», причому сама лінія 6 може бути класифікаційною ознакою «високого рівня» пам'яті;
- у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідумом, лежить вище лінії 6, але нижче лінії 7 «смуги забування», то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він має «дуже високий рівень» пам'яті, причому сама лінія 7 може бути класифікаційною ознакою «надзвичайно високого рівня» пам'яті;
- у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідумом, лежить нижче лінії 1, але вище лінії 4 «смуги забування», то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він має рівень пам'яті, «нижчий середнього», причому сама лінія 4 може бути класифікаційною ознакою «низького рівня» пам'яті;
- у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідумом, лежить нижче лінії 4, але вище лінії 3 «смуги забування», то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він має «дуже низький рівень» пам'яті, причому сама лінія 3 може бути класифікаційною ознакою «надзвичайно низького рівня» пам'яті;
- у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідумом, лежить нижче лінії 3, але вище лінії 2 «смуги забування», то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він «майже немає пам'яті», причому сама лінія 2 може бути класифікаційною ознакою «відсутності» пам'яті.

Зону нижчу лінії 2 «смуги забування», тобто зону дебільності, не розглядаємо, оскільки індивідуми, що до неї належать, бути студентами не можуть в принципі.

А щодо зони над лінією 7 «смуги забування», то там знаходяться ординати трьох індивідуумів із кожної тисячі, які згідно з центральною граничною теоремою теорії ймовірностей не попадають в «смугу» (3.11) – це особи, що володіють геніальною пам'яттю, а тому можуть, отримавши на лекції від викладача певну суму знань, протягом тижня усі ці знання пам'ятати у повному чи майже повному обсязі.

3.3 Постановка задачі системної трансформації математичної моделі процесу забування знань, отриманих студентом на лекції, та спосіб її ідентифікації

У підрозділі 3.2 встановлено, що математичну модель процесу забування знань, отриманих студентом на лекції, потрібно використовувати не у вигляді, запропонованому у роботах [21] і [25], а у вигляді виразу (3.11).

Також у підрозділі 3.2 обґрунтовано, що перехід від «кривої забування» Г. Еббінгауза до «смуг забування» Б. І. Мокіна та О. Б. Мокіна потрібно здійснювати не по запропонованих в роботі [23] границях, а у відповідності з границями, нанесеними на рисунку 3.3.

Отже далі, використовуючи ці «смуги забування», здійснимо системну трансформацію математичної моделі (3.11) процесу забування знань, отриманих на лекції, «відмінниками» (з високим рівнем пам'яті), для яких характерною є «смуга забування», що обмежена кривими 7-6; отриманих «хорошистами» (з добрим рівнем пам'яті), для яких характерною є «смуга забування», що обмежена кривими 6-5; студентами з посередньою успішністю (з таким же посереднім рівнем пам'яті), для яких характерною є «смуга забування», що обмежена кривими 5-4; студентами з успішністю, нижчою посередньої, але здатними отримати задовільну оцінку в процесі не більше двох перескладань іспиту, для яких характерною є «смуга забування», що обмежена кривими 4-3, та студентами з незадовільною успішністю, які повинні бути або відрахованими або залишеними на повторний курс, для яких характерною є

«смуга забування», що обмежена кривими 3-2, а також запропонувати спосіб ідентифікації трансформованої моделі.

3.4 Системна трансформація та ідентифікація моделі забування знань

Приступаючи до системної трансформації математичної моделі (3.11), звертаємо увагу на те, що, як показано у підрозділі 3.1, в ній використано відносний час

$$\tau = \frac{t}{T} = \frac{t}{24}, \quad (3.25)$$

де у Г. Еббінгауза параметр T – це час (в годинах), за який піддослідний забував дві третини того, що йому пропонували запам'ятати, а тому, як видно з графіка, приведеного на рисунку 3.3, для кривої Г. Еббінгауза значення параметру α_{11} , який характеризує «чисте забування» в момент відносного часу $\tau = 1$ за відсутності впливу синергетичної складової, теж прийнято рівним одиниці, яка має місце в показнику експоненти в моделі (3.11). Очевидно, що для усіх інших «смуг забування», значення цього параметру буде відрізнятися від одиниці, будучи більшим за одиницю для «смуг», які мають місце під кривою Г. Еббінгауза, та меншим за одиницю для «смуг», які мають місце над цією кривою, тобто, в загальному вигляді його можна записати, як $\alpha_{11}(\bullet)$, пам'ятаючи однак, що для кожної «смуги забування» (\bullet) він є константою.

Враховуючи, приведені вище зауваження, перепишемо математичну модель (3.11) для кожної із «смуг забування» у більш узагальненому вигляді –

$$x_{1(\%) }(\tau) = \varphi_{(\%) } + (100 - \varphi_{(\%) })e^{-(\alpha_{11} - \alpha_{12}x_2)\tau}, \quad (3.26)$$

де

$$x_{1(\%) } = 100\bar{I}_1, \quad \bar{I}_1 = \frac{I_1}{I_0}, \quad x_2 = \frac{I_2}{I_0}, \quad \varphi_{(\%) } = 100\bar{\varphi}, \quad \bar{\varphi} = \frac{I_c}{I_0}, \quad \tau = \frac{t}{T}, \quad (3.27)$$

I_1 - поточне значення інформації, що залишається в пам'яті студента з плином часу t після отримання її ним у кількості I_0 на лекції; I_c - та частка від початкової інформації

I_0 , отриманої на лекції, що залишається в пам'яті студента назавжди; T - відрізок часу, за який забувається $\frac{2}{3}$ від початкової кількості інформації, тобто, від I_0 , який, як витікає ще з графіка, отриманого Г. Еббінгаузом і підтвердженого в подальших дослідженнях психологів, дорівнює 24 години; $\alpha_{12}x_2$ - синергетична складова, в якій x_2 - відносна інформація, що генерується мозком студента самостійно за тематикою, пов'язаною з початковою інформацією у той період часу, в який уже від викладача ця інформація не надходить і йде процес її забування, а тому ця складова уповільнює цей процес.

Для того, щоб розпочати процес ідентифікації моделі (3.26), зробимо припущення, що уже знаємо, до якої «смуги забування» (●) відноситься пам'ять студента, тобто уже знаємо, що він є «відмінником», який отримує оцінки «А» за міжнародною шкалою; «хорошистом», який отримує оцінки «В-С»; «посередніх здібностей», який отримує оцінки «D-E»; «здібностей нижчих посередніх, але здатним шляхом додаткових перескладань іспиту завершити екзаменаційну сесію у складі студентів з посередніми здібностями», тобто, що при першому складанні іспиту він отримує оцінку «FX»; або ж він має «здібності настільки нижчі посередніх, що для отримання посередньої оцінки йому потрібно повторно вивчати усю програму навчальної дисципліни», тобто, що він навіть не допускається до першого складання іспиту, маючи за роботу протягом семестру лише оцінку «F». В подальшому будемо позначати параметри і значення змінних, які вони набувають у відповідних «смугах забування», з використанням літер – А, В-С, D-E, FX, F, проставлених у вигляді аргументів, записаних в круглих дужках.

Як уже було відмічено у підрозділі 3.1, для коректної ідентифікації моделі (3.11), а тим більше моделі (3.26) потрібно застосовувати метод найменших квадратів (МНК), критерієм для якого у даному випадку служитиме трансцендентна квадратична форма

$$\sum = \sum_{i=1}^N \left(x_{1(\%)}^{(ei)}(\bullet) - x_{1(\%)}^{(Ti)}(\bullet) \right)^2 = \sum_{i=1}^N \left(x_{1(\%)}^{(ei)}(\bullet) - \varphi_{(\%)}(\bullet) - (100 - \varphi_{(\%)}(\bullet)) e^{-(\alpha_{11}(\bullet) - \alpha_{12}x_2(\bullet))\tau_i} \right)^2, \quad (3.28)$$

в якій $x_{1(\%)}^{(ei)}(\bullet)$ – експериментально визначене в i -му вимірі і виражене в процентах значення інформації, що залишається в пам'яті студента з плином часу t після отримання її ним у кількості I_0 на лекції, а $x_{1(\%)}^{(Ti)}(\bullet)$ – теоретично визначене з використанням моделі (3.26) і віднесене до i -го виміру значення цієї ж інформації. З врахуванням висловленого вище стосовно позначень маємо –

$$\begin{cases} x_{1(\%)}^{(ei)}(\bullet) \in [x_{1(\%)}^{(ei)}(A), x_{1(\%)}^{(ei)}(B - C), x_{1(\%)}^{(ei)}(D - E), x_{1(\%)}^{(ei)}(FX), x_{1(\%)}^{(ei)}(F)] \\ x_{1(\%)}^{(Ti)}(\bullet) \in [x_{1(\%)}^{(Ti)}(A), x_{1(\%)}^{(Ti)}(B - C), x_{1(\%)}^{(Ti)}(D - E), x_{1(\%)}^{(Ti)}(FX), x_{1(\%)}^{(Ti)}(F)] \end{cases} \quad (3.29)$$

Оскільки для ідентифікації моделі (3.11) необхідно чисельно визначити її параметри $\varphi_{(\%)}(\bullet), \alpha_{11}(\bullet)$ та параметр $\alpha_{12}x_2(\bullet)$, який для зручності позначимо $\lambda(\bullet)$, тобто вважатимемо, що $\lambda(\bullet) = \alpha_{12}x_2(\bullet)$, де

$$\begin{cases} \varphi_{(\%)}(\bullet) \in [\varphi_{(\%)}(A), \varphi_{(\%)}(B - C), \varphi_{(\%)}(D - E), \varphi_{(\%)}(FX), \varphi_{(\%)}(F)] \\ \alpha_{11}(\bullet) \in [\alpha_{11}(A), \alpha_{11}(B - C), \alpha_{11}(D - E), \alpha_{11}(FX), \alpha_{11}(F)] \\ \lambda(\bullet) \in [\lambda(A), \lambda(B - C), \lambda(D - E), \lambda(FX), \lambda(F)], \end{cases} \quad (3.30)$$

то згідно з ідеологією МНК [3], необхідно, взявши частинні похідні $\frac{\partial \Sigma}{\partial \varphi_{(\%)}}$, $\frac{\partial \Sigma}{\partial \alpha_{11}}$, $\frac{\partial \Sigma}{\partial \lambda}$ та прирівнявши їх нулю, синтезувати систему трьох рівнянь для кожної «смуги забування» -

$$\begin{cases} \frac{\partial \Sigma}{\partial \varphi_{(\%)}} = 0, \\ \frac{\partial \Sigma}{\partial \alpha_{11}} = 0, \\ \frac{\partial \Sigma}{\partial \lambda} = 0, \end{cases} \quad (3.31)$$

і розв'язати цю систему рівнянь відносно $\varphi_{(\%)}(\bullet), \alpha_{11}(\bullet)$ та $\lambda(\bullet)$, взятих із множин (3.30), які у ці рівняння входять тріадами в якості змінних величин.

Але, перш ніж конкретизувати систему рівнянь (3.31), здійснимо ще одну трансформацію моделі (3.11), враховуючи уже її модифікацію у вигляді (3.26).

Параметри $\varphi_{(\%) }(\bullet), \alpha_{11}(\bullet)$ цієї моделі, які характеризують структуру пам'яті, є константами для кожної особи, а параметр $\lambda(\bullet)$, який характеризує синергетичну складову, з плином часу міняється у бік зменшення, оскільки згадки про отриману студентом на лекції інформацію з плином часу зменшуються. Отже, можна допустити, що

$$\lambda(\bullet) = \frac{\lambda_0}{1 + \tau} \quad (3.32)$$

З врахуванням виразу (3.32) математична модель (3.26) для кожної «смуги забування» (\bullet) набуває вигляду –

$$x_{1(\%)}(\tau) = \varphi_{(\%)}(\bullet) + (100 - \varphi_{(\%)}(\bullet)) e^{-\left(\alpha_{11}(\bullet) - \frac{\lambda_0(\bullet)}{1 + \tau}\right)\tau}, \quad (3.33)$$

або –

$$x_{1(\%)}(\tau) = \varphi_{(\%)}(\bullet) + (100 - \varphi_{(\%)}(\bullet)) e^{\frac{\lambda_0(\bullet)}{1 + \tau}\tau} e^{-\alpha_{11}(\bullet)\tau}, \quad (3.34)$$

Враховуючи той факт, що навчальна дисципліна вивчається протягом семестру, який має 18 тижнів, а модель (3.34) синтезуємо для того, щоб спрогнозувати скільки інформації у студента залишиться в пам'яті від прослуханої в аудиторії лекції через тиждень до початку наступної лекції, якщо лекція читається за розкладом лише раз на тиждень, то тиждень являє собою лише одну вісімнадцяту частку часу, протягом якого в семестрі викладається ця навчальна дисципліна. А це дозволяє відрізок часу в тиждень вважати таким, що є околom точки $\tau = 0$. Тож, експоненту $e^{\frac{\lambda_0}{1 + \tau}\tau}$ розкладемо в степеневий ряд в околi точки $\tau = 0$, то із цього степеневого ряду залишимо лише перші два члени і запишемо цю експоненту у вигляді –

$$e^{\frac{\lambda_0}{1 + \tau}\tau} \approx 1 + \lambda_0\tau \quad (3.35)$$

Підставляючи вираз (3.35) у рівняння (3.34), отримаємо –

$$x_{1(\%) }(\tau) = \varphi_{(\%) }(\bullet) + (100 - \varphi_{(\%) }(\bullet))(1 + \lambda_0 \tau) e^{-\alpha_{11}(\bullet) \tau}, \quad (3.36)$$

З врахуванням рівняння (3.36) критеріальний вираз (3.28) набуває вигляду –

$$\Sigma = \sum_{i=1}^N \left(x_{1(\%) }^{(ei)} - \varphi_{(\%) }(\bullet) - (100 - \varphi_{(\%) }(\bullet))(1 + \lambda_0(\bullet) \tau_i) e^{-\alpha_{11}(\bullet) \tau_i} \right)^2 \quad (3.37)$$

А тому, підставляючи вираз (3.37) у систему рівнянь (3.31), маємо –

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \Sigma}{\partial \varphi_{(\%) }} = \psi_{\varphi}(\varphi_{(\%) }(\bullet), \alpha_{11}(\bullet), \lambda_0(\bullet)) = \\ = \sum_{i=1}^N \left\{ x_{1(\%) }^{(ei)}(\bullet) - \varphi_{(\%) }(\bullet) - [100 - \varphi_{(\%) }(\bullet)](1 + \lambda_0(\bullet) \tau_i) e^{-\alpha_{11}(\bullet) \tau_i} \right\} \{-1 + (1 + \lambda_0(\bullet) \tau_i) e^{-\alpha_{11}(\bullet) \tau_i}\} = 0, \\ \frac{\partial \Sigma}{\partial \alpha_{11}} = \psi_{\alpha}(\varphi_{(\%) }(\bullet), \alpha_{11}(\bullet), \lambda_0(\bullet)) = \\ = \sum_{i=1}^N \left\{ x_{1(\%) }^{(ei)}(\bullet) - \varphi_{(\%) }(\bullet) - [100 - \varphi_{(\%) }(\bullet)](1 + \lambda_0(\bullet) \tau_i) e^{-\alpha_{11}(\bullet) \tau_i} \right\} * \\ * (\varphi_{(\%) }(\bullet) - 100) (1 + \lambda_0(\bullet) \tau_i) \tau_i e^{-\alpha_{11}(\bullet) \tau_i} = 0 \\ \frac{\partial \Sigma}{\partial \lambda_0} = \psi_{\lambda}(\varphi_{(\%) }(\bullet), \alpha_{11}(\bullet), \lambda_0(\bullet)) = \\ = \sum_{i=1}^N \left\{ x_{1(\%) }^{(ei)}(\bullet) - \varphi_{(\%) }(\bullet) - [100 - \varphi_{(\%) }(\bullet)](1 + \lambda_0(\bullet) \tau_i) e^{-\alpha_{11}(\bullet) \tau_i} \right\} \{100 - \varphi_{(\%) }(\bullet)\} \tau_i e^{-\alpha_{11}(\bullet) \tau_i} = 0 \end{array} \right. \quad (3.38)$$

В систему рівнянь (3.38), яку у більш компактному вигляді можна записати і так –

$$\begin{cases} \psi_{\varphi}(\varphi_{(\%) }(\bullet), \alpha_{11}(\bullet), \lambda_0(\bullet)) = 0, \\ \psi_{\alpha}(\varphi_{(\%) }(\bullet), \alpha_{11}(\bullet), \lambda_0(\bullet)) = 0, \\ \psi_{\lambda}(\varphi_{(\%) }(\bullet), \alpha_{11}(\bullet), \lambda_0(\bullet)) = 0, \end{cases} \quad (3.39)$$

для її розв'язання внесемо експериментально отримані в кожному i -му вимірі значення змінних $x_{1(\%) }^{(ei)}(\bullet)$, де $i = 1, 2, \dots, N$, а N – кількість вимірів. Для ідентифікації математичної моделі (3.36), придатної для прогнозування в середньоквадратичному сенсі ступеню забування студентом, пам'ять якого належить до певної «смуги забування», інформації, отриманої на лекції, що читається лише один раз на тиждень, доцільно використати значення цих змінних на границях кожної «смуги забування» у

послідовності, приведеної у таблиці 3.1 для кожної із цих «смуг» з використанням графіків, приведених на рис.3.3.

Таблиця 3.1 – Значення змінних на границях кожної «смуги забування»

i	1	2	3	4	5	6	7
τ_i	1	2	3	4	5	6	7
$x_{1(\%)}^{(ei)}(A)$	46,5	36,1	38,8	31,1	35,6	30	35
$x_{1(\%)}^{(ei)}(B - C)$	41,1	31	33	30	31	25,5	24,9
$x_{1(\%)}^{(ei)}(D - E)$	37,5	21	27,5	15,5	25	13,5	22,5
$x_{1(\%)}^{(ei)}(FX)$	30	15	17	11	14	9	12
$x_{1(\%)}^{(ei)}(F)$	23	10	12	5	9	2,5	6

Цілком очевидно, що розв'язувати систему трансцендентних рівнянь (3.39) з використанням даних, приведених у таблиці 3.1, потрібно одним із методів послідовних наближень, які використовують ітераційні алгоритми. Використаємо метод послідовних наближень з ітераційним алгоритмом [191]. Отже, в даному випадку цей ітераційний алгоритм матиме вигляд:

$$\begin{cases} \varphi_{(\%)}(n) = \varphi_{(\%)}(n-1) - \gamma(n) \psi_{\varphi}(\varphi_{(\%)}(n-1), \alpha_{11}(n-1), \lambda_0(n-1)), & n = 1, 2, 3, \dots \\ \alpha_{11}(n) = \alpha_{11}(n-1) - \gamma(n) \psi_{\alpha}(\varphi_{(\%)}(n-1), \alpha_{11}(n-1), \lambda_0(n-1)), & n = 1, 2, 3, \dots \\ \lambda_0(n) = \lambda_0(n-1) - \gamma(n) \psi_{\lambda}(\varphi_{(\%)}(n-1), \alpha_{11}(n-1), \lambda_0(n-1)), & n = 1, 2, 3, \dots \end{cases} \quad (3.40)$$

з початковими умовами –

$$\begin{cases} \varphi_{(\%)}(0) = \varphi_0, \\ \alpha_{11}(0) = \alpha_{110}, \\ \lambda_0(0) = \lambda_{00}, \end{cases} \quad (3.41)$$

які потрібно задавати для кожної «смуги забування» свої.

Потрібно також задавати і похибки розрахунку $\varepsilon_\varphi, \varepsilon_\alpha, \varepsilon_\lambda$, виходячи з числових значень яких необхідно зупиняти ітераційний процес і приймати в якості числових значень $\varphi_{(\%)}^*, \alpha_{11}^*, \lambda^*$ параметрів $\varphi_{(\%)}, \alpha_{11}, \lambda_0$ моделі (3.37) ті їх значення $\varphi_{(\%)}(n), \lambda(n)$, які задовольняють вимогам:

$$\begin{cases} |\varphi_{(\%)}(n) - \varphi_{(\%)}(n-1)| \leq \varepsilon_\varphi, \\ |\alpha_{11}(n) - \alpha_{11}(n-1)| \leq \varepsilon_\alpha, \\ |\lambda(n) - \lambda(n-1)| \leq \varepsilon_\lambda \end{cases} \quad (3.42)$$

Параметр $\gamma(n)$ ітераційного алгоритму (3.40), як показано в роботі [191], потрібно задавати або у вигляді

$$\gamma(n) = \text{Const}, \quad (3.43)$$

у цьому випадку швидкість збіжності оцінок (3.40) до числових значень $\varphi_{(\%)}^*, \alpha_{11}^*, \lambda^*$ параметрів $\varphi_{(\%)}, \alpha_{11}, \lambda_0$, що задовольняють умовам (3.42), буде визначатись показниковим законом, або у вигляді

$$\gamma(n) = \frac{\text{Const}}{n}, \quad (3.44)$$

у цьому випадку швидкість збіжності оцінок (3.40) до числових значень $\varphi_{(\%)}^*, \alpha_{11}^*, \lambda^*$ параметрів $\varphi_{(\%)}, \alpha_{11}, \lambda_0$, що задовольняють умовам (3.42), буде визначатись степеневим законом.

Цілком очевидно, що в разі, якщо потрібно оцінки параметрів знайти швидко, але не надто точно, то слід застосовувати умову (3.43), а в разі, якщо потрібно оцінки знайти якомога точніше, але час на їх ітераційне знаходження не лімітується, то слід застосовувати умову (3.44).

3.5 Системний аналіз впливу повторення ключових понять матеріалу, викладеного лектором студентам на попередніх лекціях, на ступінь засвоєння ними нового матеріалу, який лектор доносить їм на лекції поточній

В якості вихідних передумов використаємо, по-перше, сходинкову модель відновлення на початку поточної лекції матеріалу $v^{pl}(t)$, прочитаного на i попередніх лекціях, де $i = 1, 2, \dots, m$, у вигляді:

$$v^{pl}(t) = I_c + \sum_{i=1}^m v_i^{pl} \cdot 1\left(t - \sum_{k=1}^i t_k\right), \quad (3.45)$$

$$v_m^{pl} = \sum_{i=1}^m v_i^{pl}, \quad (3.46)$$

де v_i^{pl} - доза матеріалу з i -тої попередньої лекції, на згадування якої витрачається частка часу t_i лекції поточної, $1(t - t_i)$ - одинична функція, а I_c - об'єм матеріалу з попередніх лекцій, який закарбувався в пам'яті студента так, що не вимагає згадувань про нього на початку поточної лекції.

По-друге, використаємо лінійну модель завантаження у мозок студента протягом поточної лекції за час Δt , що залишився до її кінця після процедури згадування матеріалу попередніх лекцій, нового матеріалу $v(t)$ у вигляді:

$$v(t) = (v_m^{pl} + I_c) + q \cdot \left\{ \left(t - \sum_{k=1}^m t_k \right) \cdot 1\left(t - \sum_{k=1}^m t_k \right) - \left(t - \sum_{k=1}^m t_k - t_\Delta \right) \cdot 1\left(t - \sum_{k=1}^m t_k - t_\Delta \right) \right\}, \quad (3.47)$$

$$t_\Delta = t_z - \sum_{k=1}^m t_k, \quad t \in [0, t_z], \quad (3.48)$$

$$v(t_z) = (v_m^{pl} + I_c) + q \cdot t_\Delta = I_0, \quad (3.49)$$

де t_z - тривалість лекції, а q - коефіцієнт сприйняття нового матеріалу студентом.

По-третє, використаємо розроблену у підрозділі 3.1 математичну модель процесу забування студентом інформації $I(t)$, отриманої на лекції, у міжлекційний період, у вигляді виразу (3.11).

А по-четверте, використаємо здійснене вперше в роботі [23] з використанням робіт [192], [193] ймовірності розширення відомої «кривої забування» Г. Еббінгауза [194] до розчленованої на смуги «полоси забування», яка уточнена у підрозділі 3.1 і має вигляд, приведений на рисунку 3.3.

Суть запропонованого алгоритму полягає в послідовному припасуванні результатів моделювання на різних часових відрізках з використанням приведених вище математичних моделей при різних значеннях їх параметрів, прив'язаних до зображених на рисунку 3.3 «смуг забування». При цьому для реалізації обчислювальних процедур застосуємо оптимізаційні методи [191].

Отже, розглянемо лекційний курс, який складається з десяти одноденних лекцій, які викладаються студентам лектором один раз в тиждень протягом десяти тижнів – такі лекційні курси мають місце у другому семестрі на 4-му курсі бакалаврату, оскільки цей семестр для студентів 4-го курсу є скороченим до десяти тижнів у зв'язку з необхідністю проведення переддипломної практики та дипломного проектування ще до закінчення навчального року. Цілком очевидно що в разі, якщо ці десять лекцій будуть не одноденними, а дводенними (парами), то викладки і графіки будуть ідентичними і відрізнятимуться від приведених лише масштабом по осі часу.

Зробимо ще одне зауваження, суть якого полягає в тому, що розглядатимемо сприйняття лекційного матеріалу лише представником когорти «трієчників», тобто тих студентів, пам'ять яких характеризується якоюсь точкою в «смугі забування» (рис. 3.3), що розташована між кривими 4 і 5.

Отже, нехай лектор на своїх 10 лекціях викладав матеріал, лінійно нарощуючи кількість інформації протягом часу, витраченого на кожну лекцію, в межах однієї десятої (тобто, в межах 10%) від того 100-процентного обсягу, який потрібно викласти лектору згідно з програмою навчальної дисципліни, розрахованої на 10 лекцій (рис. 3.4).

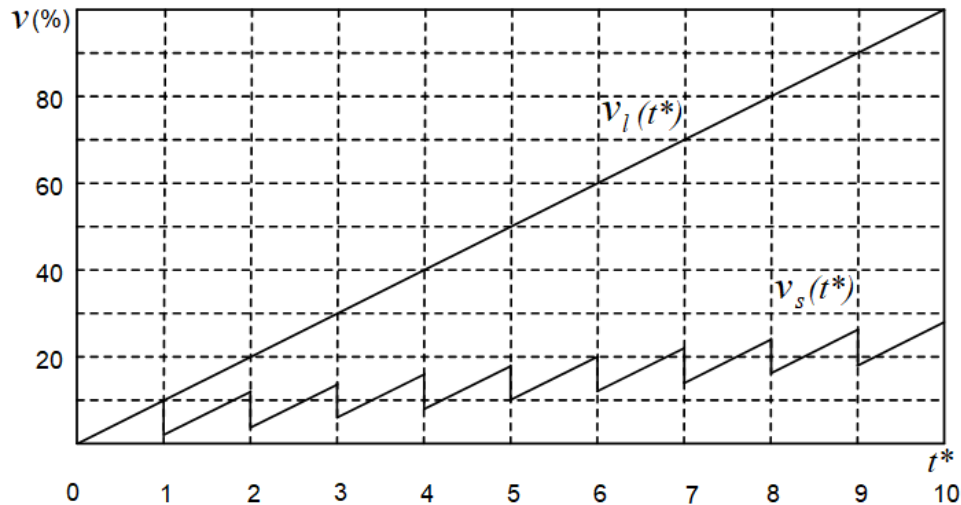


Рисунок 3.4 – Графік подачі матеріалу викладачем на 10 лекціях (неперервна пряма лінія з точки (0;0) до точки (10;100) та графік сприйняття студентом з категорії «трієчників» цього матеріалу (зигзагоподібна лінія з точки (0;0) до точки (10;28)).

На рисунку 3.4, на якому усі 10 лекцій припасовані в часі одна до одної, цей процес показано у вигляді прямої лінії $v_l(t^*)$, що проходить від точки з координатами (0;0) до точки з координатами (10;100). Нехай через тиждень після прослуховування студентом першої лекції в його пам'яті залишилось лише 2% від почутого на лекції, що вкладається в результат моделювання з використанням математичної моделі (3.11) і відповідає точці з координатами (7;20) на рисунку 3.4. Тоді засвоєння матеріалу другої лекції викладача цей студент почне з точки з координатами (1; 2) на графіку (ломана лінія на рис. 3.4), і в разі повного розуміння викладеного лектором на другій лекції матеріалу, студент завершить процес засвоєння цього матеріалу в точці з координатами (2;1,2). В цілому цей графік відображає лому лінію, яка описується математичною моделлю $v_s(t^*)$ у відносному часі, трансформованою з моделей (3.47), (3.11) до вигляду

$$v_s(t^*) = \sum_{m=0}^{N-1} v_{m+1}(t^*), \quad (3.50)$$

$$v_{m+1}(t^*) = m \cdot v^* + q \cdot \{(t^* - m) \cdot (1(t^* - m) - 1(t^* - (m+1)))\}, \quad (3.51)$$

$$m = 0, 1, \dots, N - 1; \quad v^* = x_{1(\%)}(\tau)_{\tau=7}; \quad t^* = \frac{t}{t_z}, \quad (3.52)$$

де N – число лекцій навчальної дисципліни, протяжністю t_z кожна.

Із графіка функції $v_s(t^*)$, приведеного на рисунку 3.4, легко бачити, що студент із категорії «трієчників», прослухавши повний цикл лекцій, напередодні екзамену зберігатиме у своїй пам'яті менше 30% від загального обсягу, викладеного лектором на 10 лекціях, чого буде недостатньо навіть для отримання допуску до іспиту.

У цьому нескладно переконатись, якщо врахувати, що обсяг інформації I_l , яку надає лектор, вичитавши 10 лекцій, – це

$$I_l = \int_0^{10} v_l(t^*) dt^* = 500, \quad (3.53)$$

а обсяг інформації I_s , який утримуватиметься в пам'яті студента із категорії «трієчників» після того, як він прослухає ці 10 лекцій, – це

$$I_s = \int_0^{10} v_s(t^*) dt^* = 130, \quad (3.54)$$

тобто, напередодні іспиту студент утримуватиме у своїй пам'яті лише

$$\frac{I_s}{I_l} 100 = \frac{130}{500} 100 = 26\% \quad (3.55)$$

від того обсягу, який він зобов'язаний знати згідно з вимогами освітньої програми з даної навчальної дисципліни і який йому донесений викладачем на лекціях.

Далі проаналізуємо, яку кількість інформації, із викладеної лектором на 10 лекціях, пам'ятатиме напередодні іспиту той же студент із когорти «трієчників», якщо кожну поточну лекцію викладач починатиме з приведення основних положень попередніх лекцій. Очевидно, що, якщо на викладення основних положень попередньої лекції викладач витратить на початку наступної лекції 2 хвилини, то на викладення нового матеріалу на другій лекції часу у нього стане менше на 2 хвилини, на третій лекції часу стане менше на 4 хвилини, на четвертій лекції – на 6

хвилин, на п'ятій лекції – на 8 хвилин, на шостій лекції – на 10 хвилин, на сьомій лекції – на 12 хвилин, на восьмій лекції на 14 хвилин, на дев'ятій лекції – на 16 хвилин і на десятій лекції – на 18 хвилин. Але за рахунок цього матиме місце більш глибоке осмислення і розуміння студентом того нового матеріалу, який викладач доносить до студентів на поточній лекції, оскільки приведення викладачем на початку кожної поточної лекції ключових понять попередніх лекцій буде сприяти перенесенню з глибинної пам'яті студента в його оперативну пам'ять усього того матеріалу, який був прослуханий цим студентом на попередніх лекціях. І завдяки повному розумінню студентами того, що викладає лектор, він може збільшити швидкість подачі нового матеріалу після викладення на початку лекції ключових понять матеріалу, викладеного на попередніх лекціях, і у такий спосіб донести студентам увесь той обсяг знань, який визначений освітньою програмою цієї навчальної дисципліни.

Для можливості моделювання вище викладеного процесу і отримання чисельних характеристик створимо відповідну математичну модель. Легко бачити, що у цьому випадку, будучи синтезованою з використанням виразів (3.45)-(3.49), математична модель процесу засвоєння матеріалу, викладеного лектором на 10 лекціях, студентом із когорти «трієчників» буде мати вигляд

$$v_s^*(t^*) = \sum_{m=1}^N \left\{ \begin{aligned} & (m-1)I_c + \sum_{i=1}^{m-1} v_i^{pm} \cdot 1 \left(t^* - \sum_{k=1}^i t_k^* - i \right) + \\ & + q_m \left(t^* - \sum_{k=1}^{m-1} t_k^* - (m-1) \right) \left\{ 1 \left(t^* - \sum_{k=1}^{m-1} t_k^* - (m-1) \right) - 1 \left(t^* - \sum_{k=1}^{m-1} t_k^* - m \right) \right\} \end{aligned} \right\}, \quad (3.56)$$

де N – число лекцій (у нашому випадку $N = 10$), m – номер поточної лекції, i – номер попередньої лекції, v_i^{pm} – обсяг матеріалу із попередньої лекції за номером i , який необхідно компенсувати на початку поточної лекції за номером m шляхом короткого концентрованого повторення основних понять попередньої лекції, q_m – коефіцієнт нахилу прямолінійного відрізка графіка функції $v_s^*(t^*)$, який характеризує швидкість подачі матеріалу лектором на лекції за номером m і який можна визначити за співвідношенням

$$q_m = \frac{10}{1 - \sum_{k=1}^{m-1} t_k^*}, \quad (3.57)$$

а при $m = 1$, приймаємо, що

$$\sum_{i=1}^{m-1} v_i^{pm} = \sum_{i=1}^0 v_i^{p0} = 0, \quad \sum_{k=1}^{m-1} t_k^* = \sum_{k=1}^0 t_k^* = 0 \quad (3.58)$$

Графік функції, представленої виразом (3.56), зображено на рис.3.5.

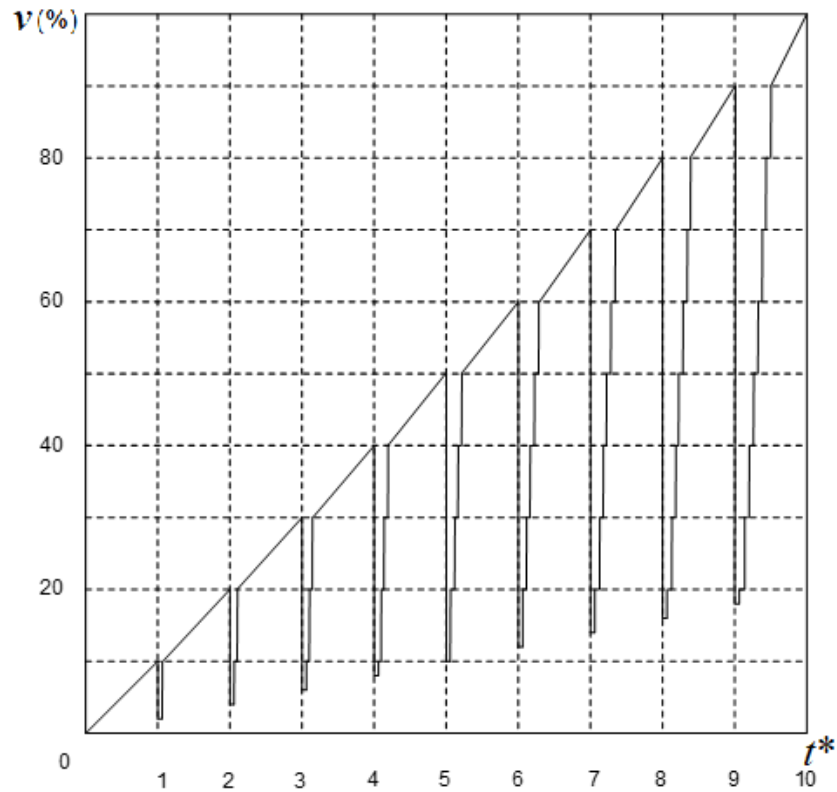


Рисунок 3.5 – Графік функції, яка відображає процес сприйняття інформації студентом із категорії «трієчників» протягом десяти лекцій викладача, який починає кожну поточну лекцію з короткого концентрованого повторення основних положень попередніх лекцій

Цілком очевидно, що у цьому випадку обсяг інформації I_s^* який утримуватиметься в пам'яті студента із категорії «трієчників» після того, як він прослухає ці 10 лекцій, може бути знайдено за виразом

$$I_s^* = \int_0^{10} v_s^*(t^*) dt^* = 437, \quad (3.59)$$

порівнюючи числове значення, отримане із якого напередодні іспиту, можна стверджувати цей студент утримуватиме у своїй пам'яті

$$\frac{I_s}{I_l} 100 = \frac{437}{500} 100 = 87,4\% \quad (3.60)$$

від того обсягу, який йому донесений викладачем на лекціях.

Порівнюючи числові характеристики, отримані за виразами (3.55) і (3.60), можна стверджувати, що методика викладення матеріалу на лекціях з повторенням на початку поточної лекції у короткому концентрованому вигляді основних положень, що були викладені на попередніх лекціях, є набагато ефективнішою за методику лінійного нарощування матеріалу від лекції до лекції, яка нині є домінуючою.

3.6 Висновки до третього розділу

1. Удосконалено математичну модель «кривої забування», створеної Г. Еббінгаузом, за рахунок врахування в ній і синергетичної складової, що уповільнює процес забування за рахунок внутрішньої роботи мозку у той відрізок часу, в який нова інформація до цього мозку не надходить, і складової, що задає значення тієї долі початкової інформації, яка ніколи з пам'яті індивідуума не стирається.

2. При аналізі процесів забування початкової інформації, отриманої студентом від викладача на лекції, розширено базу обґрунтування необхідності переходу від «кривої забування», породженої Г. Еббінгаузом, до «смуг забування» породжених Б. І. Мокіним та О. Б. Мокіним.

3. Побудовано нові границі «смуг забування», які більш адекватно відображають ці «смуги» і вивільняють їх від ділянок, на яких забування інформації набуває знаку «мінус», не властивого для цього процесу.

4. З прив'язкою до «смуг забування» з метою зробити придатною для розв'язання задачі ідентифікації здійснено системну трансформацію математичної моделі процесу забування знань, отриманих на лекції, «відмінниками» (з високим рівнем пам'яті); отриманих «хорошистами» (з добрим рівнем пам'яті); отриманих студентами з посередньою успішністю (з таким же посереднім рівнем пам'яті); отриманих студентами з успішністю, нижчою посередньої, але здатними отримати задовільну оцінку в процесі не більше двох перескладань іспиту; та отриманих студентами з незадовільною успішністю, які повинні бути або відрахованими або залишеними на повторний курс.

5. Запропоновано спосіб ідентифікації системно трансформованої математичної моделі процесу забування знань, отриманих студентами на лекції, в якому використано критерій найменших квадратів для визначення оптимальних оцінок параметрів моделі та обчислювальні структури, за допомогою яких реалізується ітераційний спосіб отримання цих оптимальних оцінок.

6. На основі системного підходу математично обґрунтовано, що викладення на початку кожної поточної лекції ключових понять матеріалу, донесеного лектором студентам на попередніх лекціях, суттєво підвищує ступінь засвоєння ними нового матеріалу, який лектор доносить їм на цій поточній лекції.

7. Синтезовано нову математичну модель, що описує процес засвоєння студентом знань, отриманих на лекції, на початку якої лектор відновлює в пам'яті студентів в концентрованому вигляді основні положення попередніх лекцій.

8. З використанням синтезованої математичної моделі процесу засвоєння студентом знань розроблено методику викладення матеріалу викладачем на лекціях, яка враховує основні положення попередніх лекцій при донесенні до студентів нового матеріалу на кожній із наступних лекцій.

9. З використанням числових характеристик показано, на скільки більшим буде обсяг матеріалу, який матиме у своїй пам'яті студент напередодні іспиту у разі, якщо, читаючи кожну поточну лекцію, лектор згадував і деталізував основні поняття лекційного курсу, викладені ним в попередніх лекціях.

Текст третього розділу дисертації складено з використанням авторських наукових публікацій [32], [36], [42] та тез наукових конференцій [35], [37].

РОЗДІЛ 4.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ОЦІНКИ СТАНУ ТА РЕФОРМУВАННЯ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАПРОПОНОВАНИХ КРИТЕРІЇВ І СИНТЕЗОВАНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

4.1 Критичний аналіз математичної моделі інтелектуального стану суспільства та постановка задачі по визначенню умов інтеграції цієї моделі до множини моделей, що характеризують навчальний процес в університеті

Моделювання суспільних процесів з використанням математичних моделей для їх аналізу і оцінювання визначальних параметрів поступово, але невідворотно з кожним роком охоплює усе більшу кількість проблем.

Оскільки такі синтезовані математичні моделі не завжди витримують перевірку на адекватність процесам, що моделюються, проаналізуємо одну із таких моделей і покажемо, по-перше, що вона синтезована з використанням хибного використання математичної передумови, покладеної в основу, а по-друге, покажемо, як її можна привести у відповідність вимогам математики та адекватності процесу, що моделюється.

Аналізуючи математичну модель інтелектуального стану суспільства, запропоновану Л. М. Присняковою в роботі [25], для синтезу якої використані роботи [195-198], будемо використовувати ті ж трактування змінних та ту ж систему позначень, які використані у цій роботі, згідно з якими ця модель має вигляд –

$$(\bar{E}_l + \alpha \bar{N}_{st}^2) \left(\frac{1}{N_{st}} - 1 \right) = q, \quad (4.1)$$

в якому усі змінні $\bar{E}_l, \bar{N}_{st}, q$ є безрозмірними згідно з виразами:

$$\bar{E}_l = \frac{E_l}{E_l^*}, \quad \bar{N}_{st} = \frac{N_{st}}{N_\Sigma}, \quad q = R \frac{k_{pr} W_{th}}{q_{th} k_{cr}}, \quad (4.2)$$

де E_I – потенціал інтелекту суспільства, який являє собою сумарну інформацію про досягнення науки, культури і технологій, що припадає на душу населення країни, E_I^* – стандарт (базова величина) інтелекту суспільства, за який можна взяти потенціал інтелекту суспільства найбільш розвиненої країни світу, N_Σ – кількість населення країни, N_{st} – кількість населення країни, яка навчається в навчальних закладах або підвищує свій запас знань за рахунок самоосвіти, α, R – коефіцієнти пропорційності, що виражені в долях від стандарту E_I^* за співвідношеннями –

$$\alpha = \frac{\alpha^*}{E_I^*}, \quad R = \frac{R^*}{E_I^*}, \quad (4.3)$$

а інші параметри - $k_{pr}, W_{th}, q_{th}, k_{cr}$, що входять у вираз для змінної q , якою характеризується добротність освіти та самоосвіти, у свою чергу задаються виразами:

$$k_{pr} = \frac{E_{kn}^*}{E_{pl}}, \quad W_{th} = \frac{E_{kn}^*}{E_{kn}}, \quad q_{th} = \frac{N_{st}}{N_{th}}, \quad k_{cr} = \frac{d^*}{d}, \quad (4.4)$$

де k_{pr} – коефіцієнт наукового професіоналізму викладача, E_{kn}^* - кількість знань з навчальної дисципліни, які дає викладач на заняттях, E_{pl} – кількість знань з навчальної дисципліни, набуття яких обумовлене її навчальним планом; W_{th} – коефіцієнт передачі знань, E_{kn} – усереднена кількість знань з навчальної дисципліни, які дає на заняттях «усереднений» викладач; q_{th} – коефіцієнт забезпечення якості викладання навчальної дисципліни, N_{th} – кількість викладачів в країні, задіяних в процесі передачі знань; k_{cr} – коефіцієнт криміналізації освіти, d – кількість відрахованих з навчальних закладів в цілому по країні, d^* – кількість відрахованих з навчальних закладів в найбільш розвиненій країні, з якої взято стандарт (базову величину) E_I^* інтелекту суспільства.

Якщо переписати рівняння (4.1) у вигляді параметричної функціональної залежності $\bar{E}_I = f_I(\bar{N}_{st})$ і побудувати графік цієї функції, то він матиме вигляд, приведений в роботі [25] і відтворений на рис.4.1, на якому крива 1 вказує на наявність

у цієї функції екстремумів, крива 2 вказує на наявність точки перегину, а крива 3 вказує на стабільний підйом інтелекту суспільства

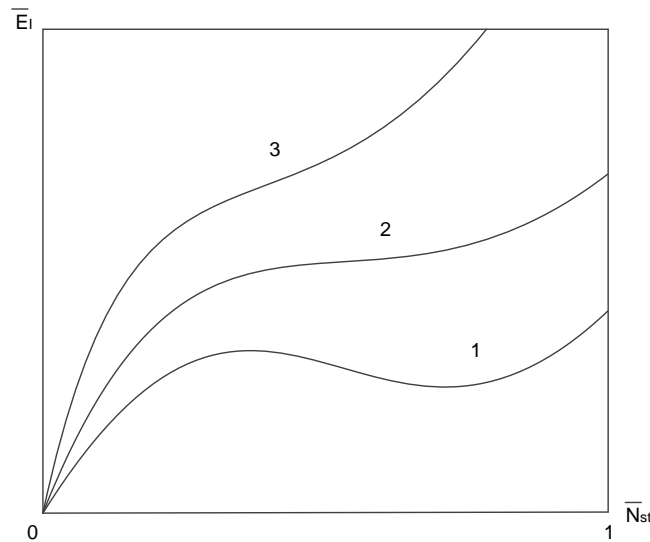


Рисунок 4.1– Орієнтовний графік залежності відносного інтелекту суспільства \bar{E}_I від відносної кількості \bar{N}_{st} членів, що його створюють, породженої моделлю (4.1)

Як видно з рис.4.1 при певних значеннях параметрів функція $\bar{E}_I = f_I(\bar{N}_{st})$ може мати екстремуми і при зростанні відносної кількості \bar{N}_{st} членів суспільства, причетних до формування відносного інтелекту цього суспільства, може навіть зменшуватись, що суперечить логіці.

Ця логічна суперечливість виникла у першу чергу тому, що для синтезу математичної моделі (4.1) в роботі [25] складено і використано наступне рівняння балансу для інтелекту суспільства:

$$E_I + E_{se} = \frac{R^* Q N_{st}}{N_{\Sigma} - N_{st}}, \quad (4.5)$$

в якому R^* – коефіцієнт пропорціональності, E_{se} – приріст інтелекту суспільства за рахунок освіти і самоосвіти населення, який задається у вигляді –

$$E_{se} = \alpha^* \bar{N}_{st}^2, \quad (4.6)$$

де α^* – коефіцієнт пропорційності, а Q – функція якості освіти, що задається виразом:

$$Q = \frac{k_{pr} W_{th}}{q_{th} k_{cr}} \quad (4.7)$$

Використовуючи співвідношення (4.2)-(4.7), здійснимо оцінку коректності математичної моделі (4.1), синтезованої в роботі [25].

Розпочнемо аналіз з розгляду балансного рівняння (4.5). В чисельнику правої частини виразу (4.5) задано приріст знань, створених населенням N_{st} країни, яка навчається в навчальних закладах або підвищує свій запас знань за рахунок самоосвіти.

Перша передумовна похибка полягає у відсутності у чисельнику правої частини множника виразу (4.5)

$$\Delta t = t - t_0, \quad (4.8)$$

яким потрібно визначати приріст часу, протягом якого створюється приріст знань.

Друга передумовна похибка полягає в тому, що у лівій частині виразу (4.5) цьому приросту знань, створеному населенням у кількості N_{st} , відповідає лише складова E_{se} , бо складова E_l створена попередниками, яких невідомо скільки було в усі попередні роки існування країни, тож прирівнювати суму $E_l + E_{se}$ до чисельника правої частини виразу (4.5), навіть помноживши його на Δt , задане виразом (4.8), є дією некоректною і такою, що суперечить рівнянню балансу.

А третя передумовна похибка при складенні балансу в рівнянні (4.5) полягає в тому, що в лівій частині цього рівняння визначені кількості знань на душу населення країни, тобто, віднесені до N_Σ , причому, як показано в співвідношенні (4.6), приріст знань створюється лише тією частиною населення, яка навчається або займається самоосвітою, а в правій частині рівняння (4.5) в знаменнику стоїть різниця $N_\Sigma - N_{st}$, яка дорівнює кількості населення країни, яка не вносить в приріст знань жодного нового біту інформації, тобто ліва частина рівняння балансу задає знання, створені

розумними, в перерахунку на кожную душу населення, а права частина цього рівняння задає знання, створені розумними, в перерахунку на душу нерозумних. А це вже ніякий не баланс.

Далі побудуємо кубічне рівняння, не порушуючи балансних передумов.

4.2 Синтез адекватної математичної моделі інтелектуального стану суспільства в класі катастроф

Нехай $\bar{E}_I(t_0) = \bar{E}_{I0}$ – відносний потенціал інтелекту суспільства, який являє собою сумарну інформацію про досягнення науки, культури і технологій, що припадає на душу населення країни, визначений в початковий момент часу t_0 відрізка Δt , заданого виразом (4.8), з використанням E_I^* – стандарту (базової величини) інтелекту суспільства, за який візьмемо потенціал інтелекту суспільства найбільш розвинутої країни світу, згідно з формулою (4.2), а $\bar{E}_I(t) = \bar{E}_I$ – той же відносний потенціал інтелекту суспільства, але визначений в момент часу t цього ж відрізка Δt .

Тоді для приросту

$$\Delta \bar{E}_I = \bar{E}_I - \bar{E}_{I0} \quad (4.9)$$

відносного потенціалу інтелекту суспільства за відрізок часу Δt буде справедливим наступне рівняння балансу –

$$\bar{E}_I - \bar{E}_{I0} = R Q \left(\bar{N}_{st} + \alpha_2 \bar{N}_{st}^2 + \alpha_3 \bar{N}_{st}^3 \right) \Delta t, \quad (4.10)$$

в якому параметр \bar{N}_{st} задається виразом (4.2), параметр R - виразом (4.3), параметр Q - виразом (4.7), а параметр Δt - виразом (4.8).

Звертаємо увагу на те, що членом $R Q \bar{N}_{st} \Delta t$ враховуємо приріст відносного інтелекту суспільства за рахунок внеску членів суспільства з середнім рівнем інтелекту, членом $R Q \alpha_2 \bar{N}_{st}^2 \Delta t$ враховуємо приріст відносного інтелекту суспільства за рахунок талановитих членів суспільства, а членом $R Q \alpha_3 \bar{N}_{st}^3 \Delta t$ враховуємо приріст

відносного інтелекту суспільства за рахунок надзвичайно талановитих членів суспільства, яких прийнято називати геніями.

З використанням співвідношення (4.7) вираз (4.10) можна подати у вигляді –

$$\bar{E}_{It} = \bar{E}_{I0} + R \frac{k_{pr} W_{th}}{q_{th} k_{cr}} \left(\bar{N}_{st} + \alpha_2 \bar{N}_{st}^2 + \alpha_3 \bar{N}_{st}^3 \right) \Delta t, \quad (4.11)$$

в якому параметри $k_{pr}, W_{th}, q_{th}, k_{cr}$ визначаються виразами (4.4) і який являє собою

параметричну функцію $\bar{E}_{It} = f(\bar{N}_{st})$, похідна якої $\frac{d\bar{E}_{It}}{d\bar{N}_{st}}$ має вигляд –

$$\frac{d\bar{E}_{It}}{d\bar{N}_{st}} = R \frac{k_{pr} W_{th}}{q_{th} k_{cr}} \left(1 + 2\alpha_2 \bar{N}_{st} + 3\alpha_3 \bar{N}_{st}^2 \right) \Delta t, \quad (4.12)$$

а, як відомо з роботи [199], екстремум функції може мати місце лише у тій точці, в якій її похідна дорівнює нулю. Тож прирівнюючи нулю вираз (4.12), маємо квадратне рівняння

$$1 + 2\alpha_2 \bar{N}_{st} + 3\alpha_3 \bar{N}_{st}^2 = 0, \quad (4.13)$$

яке, маючи додатні коефіцієнти, згідно з теоремою Вієтта, не може мати дійсних додатних коренів, які могли б стати абсцисами точок екстремуму функції (4.11) на множині $[0,1]$, до якої відносяться значення \bar{N}_{st} , адже $\bar{N}_{st} \in [0,1]$.

Перевіримо, чи має функція (4.11) точку перегину на відрізку значень $\bar{N}_{st} \in [0,1]$. Як відомо з роботи [199], у точці перегину нулеві повинна дорівнювати друга похідна цієї функції, яка має вигляд -

$$\frac{d^2 \bar{E}_{It}}{d(\bar{N}_{st})^2} = R \frac{k_{pr} W_{th}}{q_{th} k_{cr}} \left(2\alpha_2 + 6\alpha_3 \bar{N}_{st} \right) \Delta t, \quad (4.14)$$

тож рівняння для знаходження цієї точки, як витікає із виразу (4.14), має вигляд –

$$2\alpha_2 + 6\alpha_3 \bar{N}_{st} = 0. \quad (4.15)$$

Корінь цього рівняння є від'ємним числом, яке не належить до множини $[0,1]$ тож можна констатувати, що на множині значень $\bar{N}_{st} \in [0,1]$ функція, що задається виразом (4.11) не має і точки перегину, тобто вона на цій множині значень аргументу

лише зростає, наближаючись до прямої (1) на рис. 4.2 в разі, якщо в суспільстві практично відсутні талановиті члени та генії, набуваючи вигляд наростаючої квадратичної параболи (2) на рис. 4.2 в разі, якщо серед членів суспільства є помітна кількість талановитих людей, або набуваючи вигляд кубічної параболи (3) на рис. 4.2 в разі, якщо серед членів суспільства, приріст інтелекту якого оцінюється на відрізок часу Δt , є певна кількість геніїв.

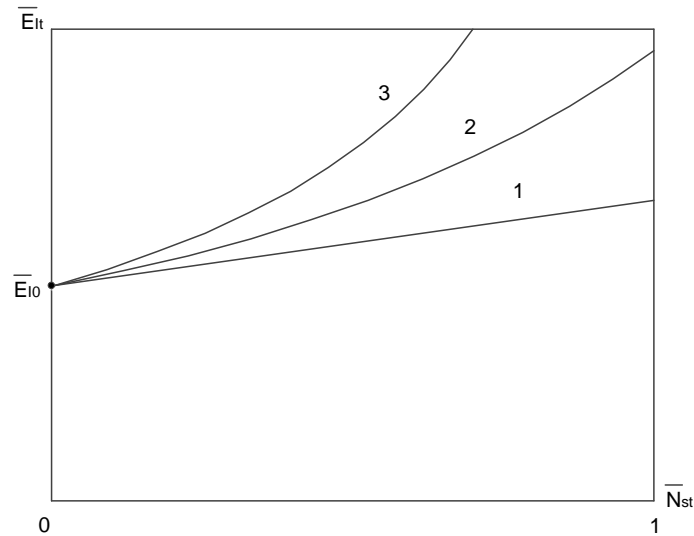


Рисунок 4.2 – Орієнтовний графік залежності приросту відносного інтелекту суспільства \bar{E}_t від відносної кількості \bar{N}_{st} членів, що його створюють, породженої синтезованою моделлю

Із виразу (4.11) легко бачити, що підйом цих графіків буде більш крутим для суспільства з меншим рівнем корупції, який характеризується параметром k_{cr} , та більшою кількістю викладачів і наставників, яка характеризується параметром q_{th} , а також з більшим науковим професіоналізмом викладачів і наставників, який характеризується параметром k_{pr} , та більшою майстерністю передачі знань, яка характеризується параметром W_{th} . І цей підйом буде менш крутим, якщо вище вказані параметри змінюються у протилежному напрямку.

Як бачимо, графіки, що приведені на рис. 4.2, не суперечать логіці процесу наростання відносного інтелекту суспільства навіть у випадку зростання в ньому корупційної складової і зменшення кількості викладачів та наставників.

4.3 Постановка задачі адаптації нечіткої математичної моделі для чіткого оцінювання якості навчального процесу в онлайн-режимі

В роботах [8], [9] для чіткого оцінювання якості процесу засвоєння знань студентами вищих технічних навчальних закладів і набуття ними відповідних компетентностей за ідеологією інтеграції навчання з виробництвом синтезовано нечітку математичну модель у вигляді бази знань Мамдані, лінгвістичні змінні $y, x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}, x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}$ в якій зв'язують між собою оцінку рівня якості засвоєння студентами знань (y) з різними параметрами цього процесу, такими як: x_{111} – рівень засвоєння теоретичних основ професії студентом на лекції; x_{112} – рівень доступу студента до електронних і друкованих джерел інформації, в яких наведено теоретичні основи професії; x_{121} – рівень внутрішньої мотивації студента до вивчення теоретичних основ професії; x_{122} – рівень здатності студента до вивчення теоретичних основ професії; x_{211} – рівень відповідності навчального обладнання завданням набуття студентом практичних навичок професії; x_{212} – рівень доступу студента під час практичних занять до навчального обладнання, виділеного для набуття практичних навичок професії; x_{221} – рівень внутрішньої мотивації студента до набуття практичних навичок професії; x_{222} – рівень здатності студента до набуття практичних навичок професії.

І, як показано в роботах [8], [9] для побудови узагальненої математичної моделі

$$y = f(x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}, x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}). \quad (4.16)$$

у вигляді бази знань Мамдані ці лінгвістичні змінні доцільно поєднати між собою за допомогою ієрархічної структури у вигляді трирівневого дерева нечіткого виведення зображеного на рис. 4.3.

На рис. 4.3 бачимо, що між вихідною лінгвістичною змінною у та входними лінгвістичними змінними $x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}, x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}$ з'явився ряд проміжних лінгвістичних змінних, а саме: x_1 – рівень засвоєння студентом теоретичних основ професії, x_2 – рівень набуття студентом практичних навичок професії, x_{11} – рівень позитивного впливу зовнішніх факторів на засвоєння студентом теоретичних основ професії, x_{12} – рівень позитивного впливу внутрішніх факторів на засвоєння студентом теоретичних основ професії, x_{21} – рівень позитивного впливу зовнішніх факторів на набуття студентом практичних навичок професії, x_{22} – рівень позитивного впливу внутрішніх факторів на набуття студентом практичних навичок професії.

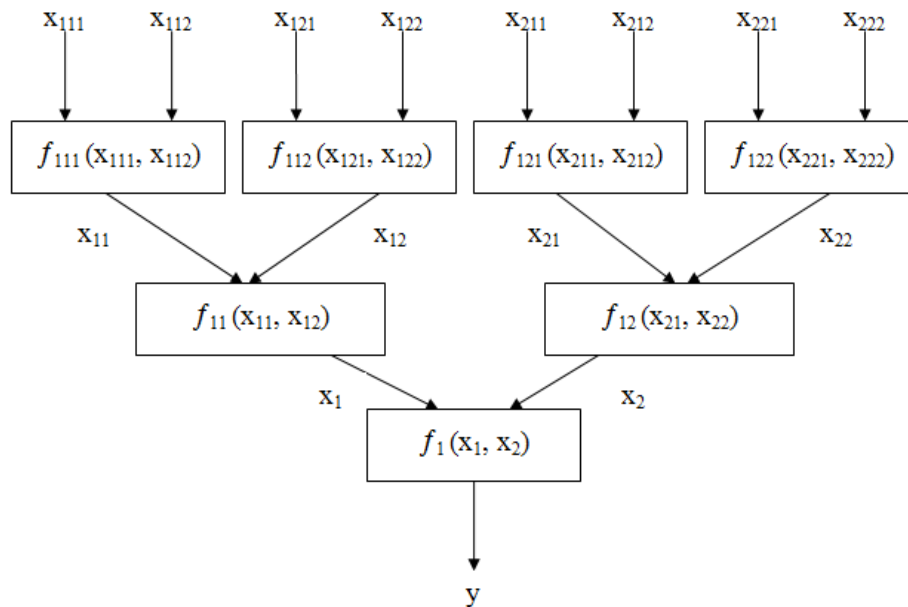


Рисунок 4.3 – Дерево нечіткого логічного виведення для залежності (4.16)

А тому, як показано в роботах [8], [9], використовуючи це дерево нечіткого логічного виведення, узагальнену математичну модель (4.16) можна представити і так:

$$\begin{aligned} y &= f_1(x_1, x_2), \\ x_1 &= f_{11}(x_{11}, x_{12}), & x_2 &= f_{12}(x_{21}, x_{22}), \\ x_{11} &= f_{111}(x_{111}, x_{112}), & x_{12} &= f_{112}(x_{121}, x_{122}), & x_{21} &= f_{121}(x_{211}, x_{212}), & x_{22} &= f_{122}(x_{221}, x_{222}) \end{aligned} \quad (4.17)$$

В роботі [10] на основі синтезованої математичної моделі розроблена методика оцінювання якості процесу засвоєння знань за критеріями ефективності, побудованими з використанням нормалізованих функцій належності значень лінгвістичних змінних та нормального закону розподілу дефазифікованих значень кожної лінгвістичної змінної. При цьому враховано, що оскільки в узагальненій моделі усі лінгвістичні змінні належать до одного типу – «рівень чогось», то структурувати їх можна однією і тією ж множиною термів, а саме:

$$\text{«високий (В)»}, \text{«достатній (Д)»}, \text{«середній (С)»}, \text{«низький (Н)»}, \quad (4.18)$$

що відповідає оцінкам: «відмінно (5)», «добре (4)», «задовільно (3)», «незадовільно» в 5-бальній системі оцінок.

В роботі [145] результати, отримані в роботах [8-10] узагальнені і здійснена апробація запропонованих і математичної моделі і методики її реалізації у Вінницькому національному технічному університеті, результати якої підтвердили їх ефективність.

Але після того, як у світі було оголошена пандемія Covid-19 і навчальний процес в усіх навчальних закладах в усьому світі переведений з очного в онлайн-режим, і математична модель для оцінювання якості процесу засвоєння знань, що синтезована в роботах [8], [9] і методика її реалізації, що запропонована в роботі [10], і їх узагальнення та реалізація на практиці, що викладені в роботах [145], [200], уже не можуть гарантувати отримання прийнятних результатів, оскільки очний режим реалізації навчального процесу і онлайн-режим суттєво відрізняються.

Тому постала необхідність адаптувати і математичну модель, синтезовану для оцінювання якості навчального процесу в технічних закладах вищої освіти, і методику її реалізації, до умов, що склалися у зв'язку з переведенням навчального процесу в університетах в онлайн-режим.

4.4 Адаптація нечіткої математичної моделі для чіткого оцінювання якості навчального процесу в онлайн-режимі

Почнемо процес адаптації нечіткої математичної моделі для чіткого оцінювання якості навчального процесу в онлайн-режимі зі встановлення відповідності уже введених в роботах [8-10], [145], [200] лінгвістичних змінних $y, x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}, x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}$ поставленій задачі.

Цілком очевидно, що лінгвістичні змінні $y, x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}$ нестимуть той же зміст, що і в роботах [8-10], [145], [200], і який охарактеризовано вище, з тією лише різницею, що в даному випадку вони прив'язаними будуть уже не до професії, а до конкретної навчальної дисципліни. Але лінгвістичні змінні $x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}$ у сформульованій задачі набувають дещо іншого змісту – вони прив'язуються уже не до процесу набуття студентами робітничої професії, яким досягається реалізація ідеології дуальності, а до процесу практичного засвоєння отриманих на лекціях теоретичних основ навчальної дисципліни під час виконання традиційних для інженерних дисциплін лабораторних робіт. Тобто, x_{211} – рівень насиченості університетської навчальної лабораторії обладнанням, що відповідає останнім досягненням в напрямку використання знань, які отримує студент, вивчаючи дану навчальну дисципліну; x_{212} – рівень доступу студента під час лабораторних занять до навчального обладнання, що відповідає останнім досягненням в напрямку використання знань, які отримує студент, вивчаючи дану навчальну дисципліну; x_{221} – рівень внутрішньої мотивації студента до засвоєння останніх інженерних рішень в

напрямку практичного втілення в інженерію теоретичних досягнень навчальної дисципліни, що вивчається з використанням наявного в навчальній лабораторії обладнання; x_{222} – рівень здатності студента до засвоєння останніх інженерних рішень в напрямку практичного втілення в інженерію теоретичних досягнень навчальної дисципліни, що вивчається з використанням наявного в навчальній лабораторії обладнання.

Для того, наприклад, щоб рельєфно показати різницю в змісті останньої лінгвістичної змінної у даній задачі та в її прототипі в задачі отримання робітничої професії, наведемо приклад з робітничим обслуговуванням системи автоматизованого електроприводу та з інженерним обслуговуванням цієї системи, теоретичні основи якої вивчаються в однойменній навчальній дисципліні. Робітник, який обслуговує цю систему, повинен уміти демонтувати пошкоджені і поставити нові реле чи електронні або електромеханічні блоки та уміти почистити контакти і припаяти об'єднуючі провідники, тобто він повинен працювати в основному руками. А студент, який вивчає цю дисципліну і який, ставши інженером, буде її обслуговувати, повинен уміти діагностувати стан цієї системи, уміти запрограмувати мікроконтролер, який реалізує програму функціонування системи, та уміти здійснювати наладку взаємодії усіх її блоків, що реалізують задану програму, тобто він повинен працювати в основному головою.

Цілком очевидно, що нового змісту набувають і проміжні лінгвістичні змінні: тепер x_1 – рівень засвоєння студентом теоретичних основ конкретної навчальної дисципліни, що вивчається в онлайн-режимі; x_2 – рівень набуття студентом практичних умінь за програмою конкретної навчальної дисципліни, набутих в онлайн-режимі, x_{11} – рівень позитивного впливу зовнішніх факторів на засвоєння студентом теоретичних основ конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі, x_{12} – рівень позитивного впливу внутрішніх факторів на засвоєння студентом теоретичних основ конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі, x_{21} – рівень позитивного впливу

зовнішніх факторів на набуття студентом практичних умінь за програмою конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі, x_{22} – рівень позитивного впливу внутрішніх факторів на набуття студентом практичних умінь за програмою конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі.

Очевидним стає і те, що, оскільки усі вищеперераховані лінгвістичні змінні $x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}$, як і лінгвістичні змінні $x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}$, стали прив'язаними до онлайн-режиму, то усі вони стають залежними ще й від умов практичного забезпечення цього режиму, тобто, вони теж стають проміжними, а в якості базових у цьому випадку потрібно розглядати уже не їх, а лінгвістичні змінні x_{0111}, x_{1111} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{111} ; лінгвістичні змінні x_{0112}, x_{1112} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{112} ; лінгвістичні змінні x_{0121}, x_{1121} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{121} ; лінгвістичні змінні x_{0122}, x_{1122} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{122} ; лінгвістичні змінні x_{0211}, x_{1211} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{211} ; лінгвістичні змінні x_{0212}, x_{1212} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{212} ; лінгвістичні змінні x_{0221}, x_{1221} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{221} ; лінгвістичні змінні x_{0222}, x_{1222} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{222} .

А зміст цих нових базових лінгвістичних змінних задамо таким чином: для x_{0111}, x_{1111} - це, відповідно, рівень лекторської майстерності викладача навчальної дисципліни та рівень інформаційної насиченості його презентацій; для x_{0112}, x_{1112} , це, відповідно, рівень наявності в бібліотечному та кафедральному фондах матеріалів, що забезпечують можливість якісного вивчення конкретної навчальної дисципліни, та рівень створених бібліотекою та кафедрою можливостей електронного доступу до цих матеріалів; для x_{0121}, x_{1121} - це, відповідно, рівень обізнаності студента зі ступенем важливості даної навчальної дисципліни для засвоєння основ вибраної ним

спеціальності та рівень його електронного доступу до матеріалів, що забезпечують можливість якісного вивчення теоретичних основ конкретної навчальної дисципліни; для x_{0122}, x_{1122} - це, відповідно, рівень підгрунтя, отриманого в школі і під час вивчення попередніх навчальних дисциплін уже у вищому навчальному закладі, необхідного для якісного засвоєння теоретичних основ даної навчальної дисципліни, та рівень інтелекту студента, що вивчає дану навчальну дисципліну; для x_{0211}, x_{1211} - це, відповідно, рівень оснащення навчальної лабораторії з даної навчальної дисципліни лабораторним обладнанням за всіма важливими розділами цієї дисципліни та рівень створених в лабораторії можливостей електронного доступу в онлайн-режимі до цього лабораторного обладнання; для x_{0212}, x_{1212} - це рівень, відповідно, кафедральної організації електронного доступу до лабораторного обладнання під час виконання лабораторних робіт в онлайн-режимі та рівень інтернет-можливостей студента електронно вбудуватись в створений в навчальній лабораторії режим електронного доступу до лабораторного обладнання; для x_{0221}, x_{1221} - це рівень, відповідно, обізнаності студента зі ступенем важливості конкретного лабораторного практикуму для засвоєння основ даної навчальної дисципліни та рівень відповідності характеристик його електронних засобів умовам електронного доступу до лабораторного обладнання в онлайн-режимі; для x_{0222}, x_{1222} - це рівень розуміння принципів функціонування і конструктивного виконання лабораторного обладнання, що використовується під час проведення лабораторних робіт з даної навчальної дисципліни, та рівень інтелектуальної здатності студента до прогнозування наслідків від його втручання в роботу лабораторного обладнання.

Ввівши новий перелік базових лінгвістичних змінних, для онлайн-режиму в якості узагальненої моделі маємо уже не залежність (4.16), а залежність

$$y = f(x_{0111}, x_{1111}, x_{0112}, x_{1112}, x_{0121}, x_{1121}, x_{0122}, x_{1122}, x_{0211}, x_{1211}, x_{0212}, x_{1212}, x_{0221}, x_{1221}, x_{0222}, x_{1222}), \quad (4.19)$$

для структуризації у вигляді бази знань Мамдані якої, ці лінгвістичні змінні доцільно поєднати між собою за допомогою ієрархічної структури тепер уже у вигляді

чотирирівневого дерева нечіткого виведення, яке, окрім зображених на рис.4.3 трьох рівнів, матиме ще й четвертий рівень (рис.4.4).

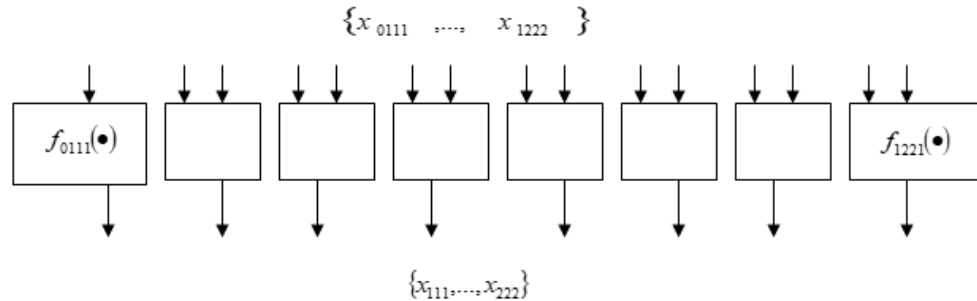


Рисунок 4.4 – Базовий рівень дерева нечіткого логічного виведення для узагальненої моделі (4.18), яким трирівневе дерево, що представлено на рис.4.3, доповнюється до чотирирівневого

Для еквівалентного представлення узагальненої моделі (4.19) замість співвідношень (4.17) матимемо сукупність співвідношень:

$$\begin{aligned}
 y &= f_1(x_1, x_2), \\
 x_1 &= f_{11}(x_{11}, x_{12}), & x_2 &= f_{12}(x_{21}, x_{22}), \\
 x_{11} &= f_{111}(x_{111}, x_{112}), & x_{12} &= f_{112}(x_{121}, x_{122}), & x_{21} &= f_{121}(x_{211}, x_{212}), & x_{22} &= f_{122}(x_{221}, x_{222}), \\
 x_{111} &= f_{0111}(x_{0111}, x_{1111}), & x_{112} &= f_{1111}(x_{0112}, x_{1112}), & x_{121} &= f_{0121}(x_{0121}, x_{1121}), & x_{122} &= f_{1121}(x_{0122}, x_{1122}), \\
 x_{211} &= f_{0211}(x_{0211}, x_{1211}), & x_{212} &= f_{1211}(x_{0212}, x_{1212}), & x_{221} &= f_{0221}(x_{0221}, x_{1221}), & x_{222} &= f_{1221}(x_{0222}, x_{1222})
 \end{aligned} \quad (4.20)$$

Цілком очевидно, що після введення і для нових базових лінгвістичних змінних

$$x_{0111}, x_{1111}, x_{0112}, x_{1112}, x_{0121}, x_{1121}, x_{0122}, x_{1122}, x_{0211}, x_{1211}, x_{0212}, x_{1212}, x_{0221}, x_{1221}, x_{0222}, x_{1222} \quad (4.21)$$

в якості оцінки їх лінгвістичних значень категорії «рівень», для них теж можна в якості термів використати множину (4.18), запропоновану в роботах [8-10], [145], [200], що в свою чергу приводить на кожному рівні до тієї ж структури бази знань Мамдані, лише для залежності $x_{11} = f_{111}(x_{111}, x_{112})$ має вигляд:

ЯКЩО $(x_{111} = H) \text{ I } (x_{112} = H) \text{ АБО } (x_{111} = H) \text{ I } (x_{112} = C) \text{ АБО } (x_{111} = C) \text{ I } (x_{112} = H),$

ТО $(x_{11} = H)$ (4.22)

ЯКЩО $(x_{111} = C) \text{ I } (x_{112} = C) \text{ АБО } (x_{111} = D) \text{ I } (x_{112} = C) \text{ АБО } (x_{111} = C) \text{ I } (x_{112} = D) \text{ АБО}$

$(x_{111} = H) \text{ I } (x_{112} = B) \text{ АБО } (x_{111} = B) \text{ I } (x_{112} = H), \text{ТО } (x_{11} = C)$ (4.23)

ЯКЩО $(x_{111} = D) \text{ I } (x_{112} = D) \text{ АБО } (x_{111} = B) \text{ I } (x_{112} = C) \text{ АБО } (x_{111} = C) \text{ I } (x_{112} = B) \text{ АБО}$

$(x_{111} = D) \text{ I } (x_{112} = B), \text{ТО } (x_{11} = D)$ (4.24)

ЯКЩО $(x_{111} = B) \text{ I } (x_{112} = B) \text{ АБО } (x_{111} = B) \text{ I } (x_{112} = D), \text{ТО } (x_{11} = B)$ (4.25)

з приведенням її до системи рівнянь нечіткої логіки відносно функцій належності термів у вигляді:

$$\mu_{11}^H(X^*) = \max_{j \rightarrow 1,2,3} \left\{ \left[\min(\mu_{111}^H(x_{111}^*), \mu_{112}^H(x_{112}^*)) \right]_{j=1}, \min \left[(\mu_{111}^H(x_{111}^*), \mu_{112}^C(x_{112}^*)) \right]_{j=2}, \right. \\ \left. \min \left[(\mu_{111}^C(x_{111}^*), \mu_{112}^H(x_{112}^*)) \right]_{j=3} \right\}, \quad (4.26)$$

$$\mu_{11}^C(X^*) = \max_{j \rightarrow 1,2,3,4,5} \left\{ \left[\min(\mu_{111}^C(x_{111}^*), \mu_{112}^C(x_{112}^*)) \right]_{j=1}, \min \left[(\mu_{111}^D(x_{111}^*), \mu_{112}^C(x_{112}^*)) \right]_{j=2}, \right. \\ \left. \min \left[(\mu_{111}^C(x_{111}^*), \mu_{112}^D(x_{112}^*)) \right]_{j=3}, \left[\min(\mu_{111}^H(x_{111}^*), \mu_{112}^B(x_{112}^*)) \right]_{j=4}, \right. \\ \left. \min \left[(\mu_{111}^B(x_{111}^*), \mu_{112}^H(x_{112}^*)) \right]_{j=5} \right\}, \quad (4.27)$$

$$\mu_{11}^D(X^*) = \max_{j \rightarrow 1,2,3,4} \left\{ \left[\min(\mu_{111}^D(x_{111}^*), \mu_{112}^D(x_{112}^*)) \right]_{j=1}, \min \left[(\mu_{111}^B(x_{111}^*), \mu_{112}^C(x_{112}^*)) \right]_{j=2}, \right. \\ \left. \min \left[(\mu_{111}^C(x_{111}^*), \mu_{112}^B(x_{112}^*)) \right]_{j=3}, \left[\min(\mu_{111}^D(x_{111}^*), \mu_{112}^B(x_{112}^*)) \right]_{j=4} \right\}, \quad (4.28)$$

$$\mu_{11}^B(X^*) = \max_{j \rightarrow 1,2} \left\{ \left[\min(\mu_{111}^B(x_{111}^*), \mu_{112}^B(x_{112}^*)) \right]_{j=1}, \min \left[(\mu_{111}^B(x_{111}^*), \mu_{112}^D(x_{112}^*)) \right]_{j=2} \right\}. \quad (4.29)$$

Тож, як і у роботах [8-10], [145], [200], в результаті нечіткого логічного виведення на основі рівнянь (4.26)–(4.29) отримаємо нечітку вихідну змінну x_{11} у вигляді

$$x_{11} = \left(\frac{\mu_{11}^H(X^*)}{H}, \frac{\mu_{11}^C(X^*)}{C}, \frac{\mu_{11}^D(X^*)}{D}, \frac{\mu_{11}^B(X^*)}{B} \right), \quad (4.30)$$

на носіїв [H, C, D, B], для переведення якої на носій $U = \overline{[0,100]}$, користуючись методикою, приведеною в роботі [182], знайдемо імпліковані функції належності $\mu_H(x_{11}), \mu_C(x_{11}), \mu_D(x_{11}), \mu_B(x_{11})$ термів H, C, D, B вихідної лінгвістичної змінної x_{11} , «зрізані» значеннями $\mu_{11}^H(X^*), \mu_{11}^C(X^*), \mu_{11}^D(X^*), \mu_{11}^B(X^*)$, як показано на рис. 2 в роботі [200] для одного із варіантів. Далі, користуючись методикою, приведеною в роботі [182], знайдемо агреговану функцію належності цієї лінгвістичної змінної на носіїв $U = \overline{[0,100]}$ у вигляді $\mu_{11}^{[1,100]}(x_{11}) = \text{agg}(\mu_H(x_{11}), \mu_C(x_{11}), \mu_D(x_{11}), \mu_B(x_{11}))$, графік якої на рис. 2 в роботі [200] показано обвідною напівжирною лінією. А для знаходження чіткого значення x_{11}^* змінної x_{11} , як і в роботі [200], виконаємо операцію дефазифікації за методом центра ваги [182], [201] у вигляді –

$$x_{11}^* = \frac{\sum_{i=1}^{100} i \cdot \mu_{11i}^{[1,100]}(x_{11})}{\sum_{i=1}^{100} \mu_{11i}^{[1,100]}(x_{11})}. \quad (4.31)$$

Що до функцій належності, які фігурують у формулах (4.26)-(4.31), то їх можна використовувати як у вигляді –

$$\mu(u) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{u-m}{\sigma}\right)^2\right), \quad (4.32)$$

де m є координатою максимуму, а σ є коефіцієнтом концентрації, тобто, у вигляді, запропонованому в роботах [8-10], [145], [200], так і у будь-якому іншому вигляді, придатному за умовами практичної реалізації запропонованої моделі.

Як показано в роботі [200], цілком очевидно, що уся вищенаведена процедура буде справедливою і для ідентифікації нечіткою базою знань (4.22)–(4.31) другого нижнього рівняння системи (4.17), для якого компонентами вхідного вектора є лінгвістичні змінні x_{121}, x_{122} , а вихідною лінгвістичною змінною є x_{12} , з тією лише різницею, що у формулах (4.22)–(4.31) індекс 111 замінимо на 121, індекс 112 – на 122, а індекс 11 замінимо на 12. Аналогічно ідентифікуючи і третє та четверте нижні рівняння системи (4.18) та усі три верхні рівняння цієї системи, отримаємо усі

необхідні дані для того, щоб записати алгоритм ідентифікації нечіткою базою знань усіх рівнянь системи (4.18).

І цілком очевидно, що аналогічно ця процедура буде справедливою і для системи рівнянь (4.20) з тією лише різницею, що кількість ланок у її алгоритмі ідентифікації суттєво зросте із-за необхідності реалізації ще й усіх рівнянь, записаних в 4-му та 5-му рядках.

4.5 Адаптація методики чіткого оцінювання на нечітких моделях

Як показано в роботах [10], [145], [200], ідеологія, закладена в методику чіткого оцінювання на нечітких моделях полягає у тому, що на етапі оцінювання якості практичної підготовки студентів за ідеологією освоєння робітничої професії емпіричні закони розподілу дефазифікованих значень лінгвістичних змінних будуються в напрямку від верхнього рівня ієрархії до нижнього і виявляються ті з них, що мають відхилення від нормального; а на етапі підвищення якості практичної підготовки ті емпіричні закони розподілу, що мають відхилення від нормального, нормалізуються шляхом створення додаткових контрольованих впливів на відповідні лінгвістичні змінні базового рівня, що є вхідними для нижнього рівня ієрархії запропонованої структури (рис. 4.5).

Для чіткого оцінювання якості процесу засвоєння знань студентами вищих технічних навчальних закладів і набуття ними відповідних компетентностей за наведеною вище ідеологією інтеграції навчання з виробництвом запропоновано використовувати нечітку математичну модель, доповнену процедурою ймовірнісного оброблення дефазифікованих значень величин, які характеризують якість процесу і являють собою множини випадкових чисел.

Нечітка математична модель, що реалізує наведену вище ідеологію, синтезована у вигляді бази знань Мамдані. В роботах [10], [145], [200] також обґрунтоване критеріальне забезпечення процесу оцінювання з використанням

нормалізованих функцій належності значень лінгвістичних змінних до відповідних термів та нормального закону розподілу випадкової величини, якою є дефазифіковане значення кожної лінгвістичної змінної.

Запропонована в роботах [10], [145], [200] і алгоритмізована методика чіткого оцінювання якості процесу засвоєння знань з використанням нечіткої моделі цього процесу, а також здійснена апробація запропонованих і моделі і методики на трьох факультетах Вінницького національного технічного університету.

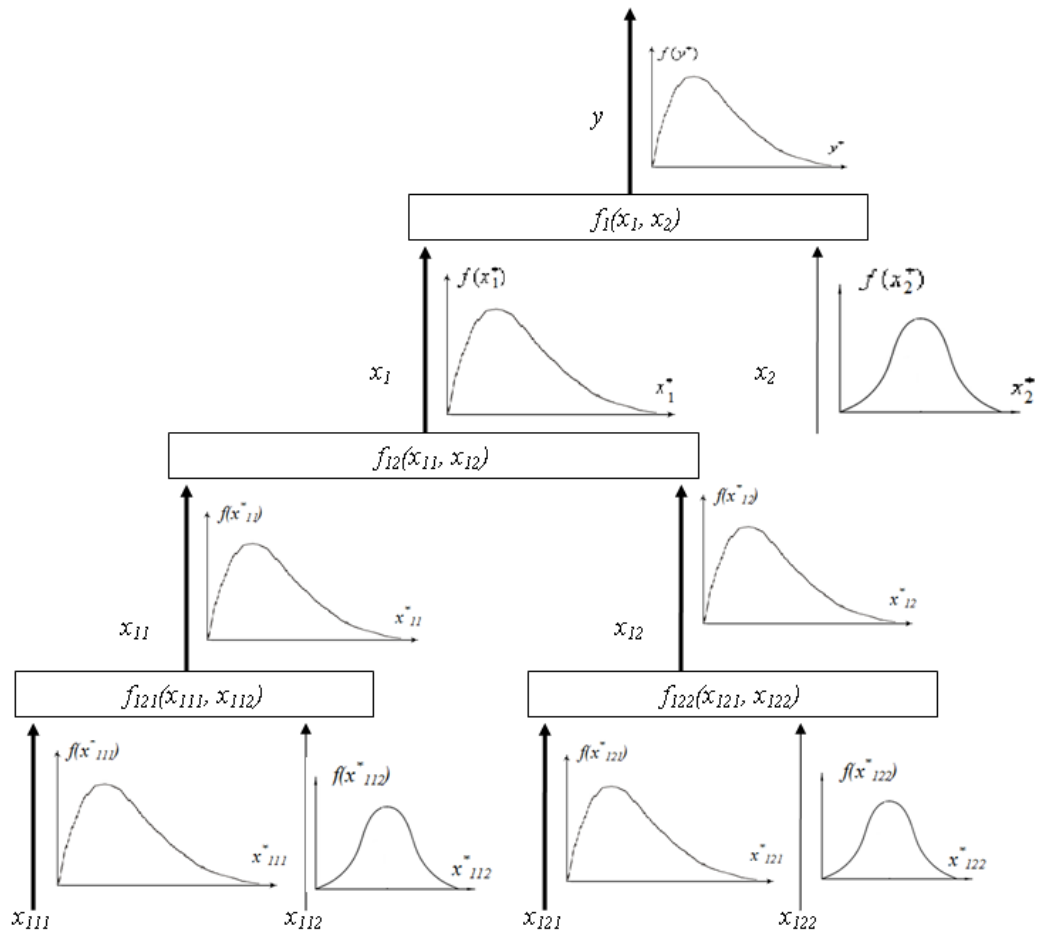


Рисунок 4.5 – Графічна інтерпретація механізму виявлення відхилень від норми на різних етапах ієрархії при формуванні прогностичної оцінки якості професійної підготовки студентів експериментальних груп ФБТЕГП за ідеологією освоєння робітничої професії

Оскільки запропонована «п'ятирядкова» нечітка модель (4.20) відрізняється від «трирядкової» нечіткої моделі (4.17), запропонованої в роботах [10], [145], [200], лише кількістю співвідношень між «трійками» лінгвістичних змінних, одна з яких є вихідною, а дві інші є вхідними, і в обох випадках усі лінгвістичні змінні задані на одній і тій же множині термів (4.18), то, цілком очевидно, що як ідеологію чіткого оцінювання на нечітких моделях, що запропонована в роботах [10], [145], [200], так і основні етапи методики, що реалізує цю ідеологію, можна використати і для чіткого оцінювання за допомогою запропонованої нечіткої моделі (4.20) з застосуванням до неї попередньо усіх тих процедур, що визначені у співвідношеннях (4.21)-(4.32).

Але варто звернути увагу на те, що ідеологія, запропонована в роботах [10], [145], [200], є ідеологією «постфактум», оскільки вона на першому етапі методики її втілення в життя пропонує розглядати множину заключних (екзаменаційних) оцінок, отриманих на верхньому рівні ієрархічної структури, а на наступних етапах крок за кроком спускатись до базового рівня, на якому уже появляється можливість внесення додаткових контрольованих впливів. Тобто, фактично, вносити ці додаткові контрольовані впливи зможемо лише в навчальний процес тих потоків студентів, що отримуватимуть робітничу професію роком пізніше. В той час, як при вивченні конкретної навчальної дисципліни нас цікавить у першу чергу можливість внесення цих впливів на студентів упродовж вивчення саме цієї навчальної дисципліни. А тому першим нашим кроком в напрямку адаптації методики, запропонованої в роботах [10], [145], [200], до задач оцінки якості процесу засвоєння змісту конкретної навчальної дисципліни буде зміна послідовності виконання її етапів, тобто уже на першому етапі адаптованого варіанту методики чіткого оцінювання якості на нечітких моделях будемо будувати закони розподілу базових лінгвістичних змінних, від яких крок за кроком підніматись потім по рівнях ієрархічної структури аж до побудови закону розподілу заключних (екзаменаційних) оцінок, який уже відіграватиме роль не породжуючого для підпорядкованих лінгвістичних змінних, як у методиці-прототипі,

а роль критерію ефективності дії наших додаткових впливів, створених на попередніх етапах.

Резюмуючи висловлене вище, можна стверджувати, що, якщо в методиці, розробленій в роботах [10], [145], [200], пропонується здійснювати аналіз в послідовності

$$y^* \Rightarrow \begin{cases} x_1 \\ x_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{11} \\ x_{12} \\ x_{21} \\ x_{22} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{111} \\ x_{112} \\ x_{121} \\ x_{122} \\ x_{211} \\ x_{212} \\ x_{221} \\ x_{222} \end{cases} \quad (4.33)$$

то у адаптованій методиці чіткого оцінювання на нечітких моделях послідовність аналізу пропонуємо зворотною, а саме -

$$\begin{cases} x_{0111} \\ x_{1111} \\ x_{0112} \\ x_{1112} \\ x_{0121} \\ x_{1121} \\ x_{0122} \\ x_{1122} \\ x_{0211} \\ x_{1211} \\ x_{0212} \\ x_{1212} \\ x_{0221} \\ x_{1221} \\ x_{0222} \\ x_{1222} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{111} \\ x_{112} \\ x_{121} \\ x_{122} \\ x_{211} \\ x_{212} \\ x_{221} \\ x_{222} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{11} \\ x_{12} \\ x_{21} \\ x_{22} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_1 \\ x_2 \end{cases} \Rightarrow y^* \quad (4.34)$$

Розпочинається викладення методики чіткого оцінювання на нечітких моделях в роботах [10], [145], [200], з твердження, що для того, щоб прогнозним оцінкам $y_i^*, i = 1, 2, \dots, N$ рівня робітничої кваліфікації студентів, що являють собою дефазифіковані розв'язки нечіткої моделі –

$$\{y_i^*\} = \{y_1^*, y_2^*, y_3^*, \dots, y_i^*, \dots, y_N^*\} \quad (4.35)$$

можна було довіряти, необхідно визначати їх одразу для потоку, в який входить не менше двох академічних груп, тобто визначати їх для сукупності N студентів, яка містить не менше 50 однорідних елементів.

Тож і тут уже необхідна адаптація, оскільки це при отриманні однієї і тієї ж робітничої кваліфікації, якої набувають одразу усі студенти факультету, множина (4.35) може мати 50 і більше однорідних елементів, а при викладанні конкретної навчальної дисципліни в окремій групі, багато із яких нині є неповнокомплектними і не містять навіть 25 студентів, число елементів у множині (4.35) теж може бути суттєво меншим 50, тобто, суттєво меншим постульованого в методиці, запропонованій в роботах [10], [145], [200], що вимагає внесення коректив в подальші її процедури.

І адаптація у цьому випадку полягає у тому, що нарощуємо кількість елементів у множині оцінок (4.35) за рахунок врахування результатів кожного колоквиуму, що згідно з навчальними планами проводяться не менше двох за час вивчення конкретної дисципліни, і кожної контрольної роботи, що згідно з навчальними планами проводяться теж не менше двох за час вивчення конкретної навчальної дисципліни, та захисту кожної лабораторної роботи, яких по кожній дисципліні має бути не менше чотирьох. Але, як відомо, і верхня межа оцінки за кожний колоквиум, і верхня межа оцінки за кожну контрольну роботу, і верхня межа оцінки за захист кожної лабораторної роботи, як правило, є різними, тож для приведення їх до можливості використання в якості елементів множини (4.35) їх потрібно попередньо нормалізувати шляхом ділення на верхню межу для кожної – тоді кожна із цих оцінок

стане числом із відрізка $[0,1]$ і може бути використана в якості елемента множини (4.35).

З другим визначальним твердженням методики, викладеної в роботах [10], [145], [200], що дефазифіковані оцінки із множини (4.35) є випадковими числами, до яких можна застосовувати методи теорії ймовірностей та математичної статистики, погоджуємось і яке будемо також використовувати. А завдяки попередньому кроку адаптації уже не виникатиме кількісних проблем як при побудові гістограми на множині (4.35) та її «вирівнювання» статистичною оцінкою густини (або щільності) розподілу $f(y^*)$ ймовірностей випадкової величини y^* з використанням χ^2 -розподілу Пірсона [190], [201] так і при побудові гістограм та їх «вирівнюванні» для усіх інших випадкових величин, що будуть використані при застосуванні цієї методики. Нагадаємо, кількісні проблеми при побудові гістограми та її «вирівнювання» за Пірсоном обумовлені тим, що для реалізації цих процесів потрібно набагато більше членів у множині (4.35) ніж їх можна мати, виходячи з неповнокомплектності студентських груп, які вивчають конкретні навчальні дисципліни не загальноосвітнього чи загальноінженерного характеру, особливо, якщо використовується для характеристики якості навчання кожного студента лише одна (екзаменаційна) його оцінка.

Погоджуємось і з третім визначальним твердженням, закладеним у методику, що побудована в роботах [10], [145], [200], яке носить характер критеріального і звучить так: якщо експертами встановлено, що теорію робітничої професії викладають нормальні викладачі, лабораторія робітничої професії обладнана нормальним обладнанням, бібліотека і лабораторія забезпечена нормально навчальними посібниками у паперовому чи електронному вигляді, мотивація студентів до освоєння робітничої професії є нормальною і здібності до освоєння робітничої професії у кожного із студентів теж є нормальними, то і густина розподілу $f(y^*)$ ймовірностей оцінок із множини (4.35) згідно з центральною граничною

теоремою теорії ймовірностей буде підпорядковуватись нормальному закону, густина розподілу ймовірностей за яким має вигляд (4.32), до якої додається нормувальний множник $\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$, а параметри m, σ тепер уже є оцінками математичного очікування (сподівання) та середньоквадратичного відхилення випадкової величини y^* , підстановкою яких в унормовану формулу (4.32) отримаємо емпіричний нормальний закон густини розподілу ймовірностей випадкової величини. І якщо це так, то практична підготовка студентів за ідеологією набуття робітничої професії, корельованої з майбутньою інженерною, в університеті здійснюється на нормальному рівні і не потребує розробки додаткових заходів для її поліпшення. Але якщо це не так, тобто якщо побудована для випадкової величин y^* , заданої множиною значень (4.35), гістограма має нахил вліво чи вправо і не «вирівнюється» нормальним законом розподілу, про що свідчитиме низький рівень довірчої ймовірності, розрахованої з використанням χ^2 – розподілу, то це свідчитиме, що або теорію робітничої професії викладають погані викладачі, або лабораторія робітничої професії обладнана застарілим обладнанням чи його недостатньо, або бібліотека і лабораторія не забезпечена навчальними посібниками у достатній кількості, або мотивація студентів до освоєння робітничої професії є недостатньою, або здібності до освоєння робітничої професії у більшості із студентів є не розвиненими.

Отже, якщо побудовану гістограму, наприклад, для випадкової величини y^* із сукупності (4.35), заданої на множині оцінок із діапазону $[0,100]$ балів, вдалося з високою ймовірністю, не нижчою 0,80, «вирівняти» нормальним законом, який для густини розподілу має вигляд

$$f(y^*) = \frac{1}{\sigma^* \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y^* - m^*}{\sigma^*} \right)^2},$$

(4.36)

де –

$$m^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^*, \quad (4.37)$$

$$\sigma^* = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i^* - m^*)^2}, \quad (4.38)$$

то жодних додаткових впливів на формування цієї випадкової величини здійснювати не потрібно, бо з нею усе «нормально».

Якщо ж, наприклад, емпіричний закон густини розподілу $f(x_{1111}^*)$ дефазифікованих значень x_{1111}^* лінгвістичної змінної x_{1111} виявиться відмінним від нормального, то це свідчить про те, що презентації лектора при викладанні змісту онлайн-лекції є або занадто складними, або занадто спрощеними, причому, «ненормальність» цього емпіричного закону може бути як у вигляді несиметрії, коли початкова гілка кривої графіка цього розподілу є крутою і коротшою за «нормальну», а спадна заключна є більш пологою і довгою, так і у вигляді несиметрії, коли початкова гілка кривої графіка цього розподілу є більш похилою і довшою за «нормальну», а спадна заключна є короткою і крутою.

У першу випадку, який свідчить, що презентації лектора є занадто складними, «вирівнювати» емпіричний закон густини розподілу $f(x_{1111}^*)$ пропонуємо за допомогою γ -розподілу, який описується моделлю [190] -

$$f(x_{1111}^*) = \begin{cases} (x_{1111}^*)^{k-1} \frac{e^{-\frac{x_{1111}^*}{g}}}{g^k \Gamma(k)}, & \forall x_{1111}^* \geq 0, \\ 0, & \forall x_{1111}^* < 0, \end{cases} \quad (4.39)$$

параметри g, k якої знаходяться із співвідношень -

$$\begin{cases} m_{1111}^* = k g, \\ \sigma_{1111}^* = k g^2, \end{cases} \quad (4.40)$$

а для гамма-функції $\Gamma(k)$ є справедливими співвідношення -

$$\begin{cases} \Gamma(k+1) = k! \\ \Gamma(k+1) = k \Gamma(k) \end{cases} \quad (4.41)$$

А у другому випадку, який свідчить, що презентації лектора є занадто спрощеними, «вирівнювати» емпіричний закон густини розподілу $f(x_{1111}^*)$ пропонуємо за допомогою β -розподілу, який описується моделлю [190] –

$$f(x_{1111}^*) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} (x_{1111}^*)^{\alpha-1} (1 - x_{1111}^*)^{\beta-1}, \quad (4.42)$$

параметри α, β якої знаходяться із співвідношень -

$$\begin{cases} m_{1111}^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}, \\ \sigma_{1111}^* = \frac{1}{\alpha + \beta} \sqrt{\frac{\alpha\beta}{\alpha + \beta + 1}}, \end{cases} \quad (4.43)$$

а для бета-функції $B(\alpha, \beta)$ є справедливим співвідношення –

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 (x_{1111}^*)^{\alpha-1} (1 - x_{1111}^*)^{\beta-1} dx_{1111}^* \quad (4.44)$$

Цілком очевидно, що для «нормалізації» емпіричного закону густини розподілу $f(x_{1111}^*)$ у першому випадку лекторські презентації необхідно спрощувати, а у другому випадку, навпаки, ускладнювати.

Аналогічні висновки витікатимуть і при аналізі емпіричних законів густини розподілу інших лінгвістичних змінних із множин (4.20), (4.21) після їх фазифікації у базі знань (4.22)-(4.25), приведення цієї бази до системи рівнянь нечіткої логіки (4.26)-(4.29), перенесення результатів розв'язання цих рівнянь шляхом імплікації та агрегування на носій $U = \overline{[0,100]}$ та дефазифікації за методом центру ваги (4.31).

4.6 Висновки до четвертого розділу

1. В результаті критичного аналізу математичної моделі інтелектуального стану суспільства, запропонованої в роботі [25] з'ясовано, що ця математична модель є хибною, оскільки вона створена з використанням хибної початкової передумови, а

тому її використання приводить до невірної оцінки інтелекту суспільства, яка до того ж не прив'язана до відрізка часу, протягом якого визначається приріст інтелекту.

2. З використанням правильно виписаного рівняння балансу, в якому враховано і відрізок часу, протягом якого зберігається цей баланс, синтезовано нову математичну модель інтелектуального стану суспільства з прив'язкою до введених в роботі [25] змінних і параметрів, аби була можливість співставляти між собою результати, отримані з використанням обох моделей.

3. Доведено, що функція приросту відносного інтелекту суспільства, аргументом якої є відносна кількість членів суспільства, що вносять вклад в цей приріст, не може мати екстремумів в області значень, допустимої для цього аргументу, наявність яких має місце при використанні математичної моделі, створеної Л. М. Присняковою в роботі [25], але існування яких входить в протиріччя з логікою приросту інтелекту суспільства, в якому спостерігається приріст кількості його членів, що вносять свій вклад в цей приріст.

4. Для оцінювання якості процесу засвоєння знань студентами вищих технічних навчальних закладів з конкретної навчальної дисципліни, отриманих в онлайн-режимі, запропоновано використовувати в адаптованому вигляді відому ідеологію чіткого оцінювання якості інтеграції навчання з виробництвом на нечітких математичних моделях, методика втілення якої містить процедуру ймовірнісного оброблення дефазифікованих значень величин, що характеризують якість процесу і являють собою множини випадкових чисел. Необхідність адаптації цієї ідеології обумовлена, по-перше, тим, що лінгвістичні змінні, які характеризують різні стадії навчального процесу, отримують новий зміст, оскільки процес отримання студентами робітничої професії не є адекватним процесу засвоєння студентами конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі, по-друге, тим, що у зв'язку з необхідністю враховувати умови засвоєння конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі кількість цих лінгвістичних змінних суттєво зростає, а по-третє, тим, що у зв'язку з необхідністю визначення ще до заключного етапу у вигляді екзамену тих додаткових

впливів, за допомогою яких здійснюватиметься «нормалізація» тих лінгвістичних змінних, що мають відмінності від «нормальних», процес направленості аналізу «з кінця в початок», характерний для ідеології-прототипу, змінюється на протилежний процес «з початку в кінець».

5. Методика, що реалізує запропонований варіант втілення ідеології чіткого оцінювання на нечітких моделях, відрізняється окрім того, що враховує приведені вище відмінності в самій ідеології, по-перше, ще й тим, що знімає проблему створення достатньої потужності множини дефазифікованих значень лінгвістичних змінних, що характеризують процес вивчення конкретних навчальних дисциплін в малокомплектних групах, по-друге, множину екзаменаційних оцінок використовує не як стартову для початку процесу оцінювання, як це має місце в ідеології-прототипі, а як критеріальну, за допомогою якої оцінюється якість самого процесу, а по-третє, пропонує варіанти синтезу математичних моделей для законів густини розподілу дефазифікованих лінгвістичних змінних у разі, якщо гіпотеза «нормальності» для них не виконується.

Текст четвертого розділу дисертації складено з використанням авторських наукових публікацій [34], [38] та тез наукових конференцій [33], [39], [202].

ВИСНОВКИ

В результаті дисертаційного дослідження отримані такі результати.

1. Здійснено аналіз наукових праць, опублікованих за темою дисертації, і показано, що автори наукових праць в своїх роботах приділяли увагу або дослідженню шляхів фінансового забезпечення ЗВО, або стимулюванню професорсько-викладацького складу ЗВО до підвищення свого наукового рівня, або моделюванню процедур організації навчального процесу та процедур засвоєння студентами знань, отриманих як підчас спілкування з викладачем так і самостійно. Із цього витікає, що дослідження процесу функціонування ЗВО проводились за окремими темами, метою яких було вивчення тих чи інших характеристик цього процесу, і, як правило, без з'ясування ступеню їх взаємного впливу.

Запропоновано для дослідження процесів функціонування закладів вищої освіти використовувати системний підхід як ідеологію і системний аналіз як метод та визначено усі складові цих процесів на перших двох етапах застосування методу. Показано, що для того, щоб математичні моделі процесів функціонування закладів вищої освіти представляли ці процеси в просторі автоматів Мілі, їх необхідно синтезувати з використанням і диференціальних рівнянь, і інтегральних рівнянь, і різницевих рівнянь, і операторних перетворень Лапласа, Фур'є та дискретного перетворення решітчастих функцій, і регресійних моделей стохастичних різницевих рядів, і наближених методів розв'язання нелінійних рівнянь різних класів, і ймовірнісної інтерпретації кривих забування інформації, і синергетичного підсилення процесів засвоєння знань, і теорії лінгвістичної змінної та нечітких баз знань, і теорії катастроф, і нейронних та нейронечітких мереж, і теорії секвенцій.

3. Вперше запропоновано варіант пріоритетності вибраних критеріїв та на нечіткій множині їх оптимальних значень визначено найкращий варіант плану розвитку університету, який сприятиме стабільному нарощенню його іміджу з року в рік.

4. Вперше модифіковано математичну модель процесу забування знань, отриманих на лекції. Системно трансформована математична модель реалізована у відносному часі та містить три основні параметри, один із яких характеризує швидкість забування студентом отриманої на лекції інформації, другий характеризує синергетичну складову, яка сповільнює процес забування, а третій характеризує ту складову отриманої інформації, яка залишається в пам'яті студента назавжди.

5. Вперше синтезовано нову математичну модель, що описує процес засвоєння студентом знань, отриманих на лекції, на початку якої лектор відновлює в пам'яті студентів в концентрованому вигляді основні положення попередніх лекцій.

6. Вперше синтезовано нову математичну модель інтелектуального стану суспільства в класі катастроф з використанням правильно виписаного рівняння балансу, в якому враховано і відрізок часу, протягом якого зберігається цей баланс та доведено, що функція приросту відносного інтелекту суспільства, аргументом якої є відносна кількість членів суспільства, що вносять вклад в цей приріст, не може мати екстремумів в області значень, допустимої для цього аргументу.

7. Удосконалено методику для оцінювання якості знань, отриманих студентами в онлайн-режимі. Методика розроблена з використанням ідеології чіткого оцінювання якості інтеграції навчання з виробництвом на нечітких математичних моделях, доповнених лінгвістичними змінними, що є характерними саме для онлайн режиму. Особливістю запропонованої методики є те, що в ній множина екзаменаційних оцінок використовується не як стартова, як це має місце в ідеології-прототипі, а як критеріальна, що дозволяє об'єктивно оцінювати якість знань не лише в повноформатних, але і в недоукомплектованих групах.

8. Удосконалено математичну модель «кривої забування», створеної Г.Еббінгаузом, в якій враховано і синергетичну складову, що уповільнює процес забування за рахунок внутрішньої роботи мозку у той відрізок часу, в який нова інформація до цього мозку не надходить, і складову, що задає значення тієї долі початкової інформації, яка ніколи з пам'яті індивідуума не стирається.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Б. І. Мокін, Ю. В. Мокіна, та Н. С. Гончарук, “Структури моделей, придатних для управління процесом надходження до університету коштів за надання платних освітніх послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №6, с. 60-69, 2012.

[2] Б. І. Мокін, та О. Б. Мокін, *Методологія та організація наукових досліджень: навчальний посібник, 2-е видання, змін. та доп.* Вінниця: ВНТУ, 2015. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://mokin.com.ua/pedagogical/posibn/6504.html#WODckWe_4fU.

[3] Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, та О. Б. Мокін, *Математичні методи ідентифікації динамічних систем.* Вінниця: ВНТУ, 2010.

[4] Н. С. Гончарук, Ю. В. Мокіна, та Б. І. Мокін, *Математичні моделі для прогнозування та управління процесами надходження грошових коштів від платних послуг вищих навчальних закладів.* Вінниця: ВНТУ, 2015.

[5] Ю. В. Мокіна, та Б. І. Мокін, *Математичні моделі в системах управління ефективністю діяльності професорсько-викладацького складу вищих навчальних закладів.* Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008.

[6] Б. І. Мокін, та А. В. Писклярова, “Прийняття управлінських рішень в університеті з урахуванням синергетичного ефекту взаємодії його складових”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 1, с. 147-151, 2011.

[7] Б. І. Мокін, та Н. В. Ляховченко, “До питання про зовнішнє незалежне оцінювання якості знань”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. №2, с. 119-125, 2009.

[8] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, О. М. Мензул, та В. М. Мізерний, “Математична модель прогнозу рівня кваліфікації, яку отримає кожний студент в результаті освоєння робітничої професії. Частина 1: формалізація, структуризація і

параметризація задачі”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №5, с. 125-129, 2012.

[9] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, О. М. Мензул, та В. М. Мізерний, “Математична модель прогнозу рівня кваліфікації, яку отримає кожний студент в результаті освоєння робітничої професії. Частина 2: побудова нечіткої бази знань та її алгоритмізація”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №6, с. 152-156, 2012.

[10] О. Б. Мокін, О. М. Косарук, О. В. Слободянюк, В. М. Мізерний, та Б. І. Мокін, “Методика оцінювання і підвищення якості практичної підготовки студентів за технологією освоєння робітничої професії”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №1, с. 177-186, 2015.

[11] О. В. Слободянюк, В. Б. Мокін, та Б. І. Мокін, *Формування вмінь студентів з інженерної і комп’ютерної графіки в умовах дистанційного навчання*. Вінниця: ВНТУ, 2016.

[12] Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, та О. Б. Мокін, *Практикум для самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень». Частина 1: від постановки задачі до синтезу та ідентифікації математичної моделі*. ВНТУ, Вінниця, 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://mokin.com.ua/files/articles/65/46/Mokin_SRS_MOND.pdf.

[13] Б. І. Мокін, Ю. В. Мокіна, та А. В. Писклярова, “Структура синергетичної взаємодії викладачів і студентів університету на рівні кафедр і академічних груп”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №4, с. 102-109, 2009.

[14] Б. І. Мокін, Ю. В. Мокіна, та А. В. Писклярова, “Узагальнені математичні моделі та внутрішні структури факультетів і інститутів як блоків третього і четвертого рівнів ієрархії університетської синергетичної системи”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №5, с. 147-156, 2009.

[15] Б. І. Мокін, Ю. В. Мокіна, та А. В. Писклярова, “Узагальнені математичні моделі блоків 5-го рівня ієрархії, які замикають університетську синергетичну систему”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 6, с. 101-113, 2009.

[16] Б. І. Мокін, А. В. Писклярова, та Ю. В. Мокіна, “Математичні моделі процесу засвоєння студентом навчальної дисципліни на фазовій площині”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 5, с. 109-112, 2010.

[17] Б. І. Мокін, Ю. В. Мокіна, та А. В. Писклярова, “Дослідження характеру особливих точок на фазовій площині процесу засвоєння студентом програми навчальної дисципліни”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 6, с. 108-113, 2010.

[18] Б. І. Мокін, Ю. В. Мокіна, та А. В. Писклярова, “Дослідження на фазовій площині процесу засвоєння програми навчальної дисципліни студентом середніх здібностей”, *Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія*, № 3, с. 40-49, 2010.

[19] Б. І. Мокін, Ю. В. Мокіна, та А. В. Писклярова, “Дослідження на фазовій площині процесу засвоєння програми навчальної дисципліни здібним студентом”, *Наукові праці ВНТУ*, №1, 2011.

[20] Б. І. Мокін, *Фазова площина в якості простору моделювання процесу засвоєння навчальної дисципліни та її особливі точки*. В кн. «Педагогічна і психологічна науки в Україні. Том5 (до 20-річчя НАПН України)». Київ: Педагогічна думка, 2012.

[21] Б. І. Мокін, А. В. Писклярова, та О. Б. Мокін, “Дослідження впливу синергетичної складової у математичній моделі процесу засвоєння студентом навчальної дисципліни”, *Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія*, №2, с. 9-14, 2013.

[22] Б. І. Мокін, та А. В. Писклярова, “Синергетичний ефект у процесі засвоєння студентом навчальної дисципліни”, *Вища освіта України: теоретичний та науково-методичний часопис*, № 2, с. 144-149, 2013.

[23] Б. І. Мокін, та О. Б. Мокін, “Підвищення ступеня адекватності моделі процесу забування знань”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №4, с. 116-121, 2013.

[24] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, та А. В. Писклярова, “Математична модель процесу самостійного засвоєння студентом навчальної дисципліни у міжлекційний період”, *Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія*, № 1, с. 64 -71, 2014.

[25] Л. М. Приснякова, *Системный анализ поведения личности*. Днепропетровск: Издатель Овсянников Ю.С., 2007.

[26] В. И. Арнольд, *Теория катастроф*. Москва: Наука, 1990.

[27] Дж. Касти, *Большие системы. Связность, сложность и катастрофы*. Пер. с англ. Москва: Мир, 1982.

[28] В. Н. Волкова, В. А. Воронков, и А. А. Денисов и др, *Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи*. Москва: Радио и связь, 1983.

[29] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, та О. В. Слободянюк, “Системний підхід до аналізу процесу функціонування закладу вищої освіти”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №1, с. 31-40, 2019, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-142-1-31-40>.

[30] Б. І. Мокін, О. В. Слободянюк, та О. О. Войцеховська, “Адаптація методу системного аналізу до проблем вищої школи”, на *XLVIII науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2019)*, Вінниця, 2019, с.1355-1360. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2019>.

[31] Б. І. Мокін, О. В. Слободянюк, та О. О. Войцеховська, “Системний підхід до оцінювання стану закладу вищої освіти”, на *Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та комп’ютерне моделювання (ІТСМ-2019)»*, Івано-Франківськ, 2019, с. 293–296. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://itcm.comp-sc.if.ua/2019/zbirnyk2019.pdf>.

[32] Б. І. Мокін, та О. О. Войцеховська, “Удосконалення ймовірнісної математичної моделі процесу забування інформації, отриманої студентом на лекції”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №4, с. 49–57, 2019, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-145-4-49-57>.

[33] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, та Д. О. Шалагай, “Моделювання процесу оцінювання інтелектуального стану суспільства”, на п'ятій Міжнародній науковій конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2019)», Вінниця, 2019, с. 78-79. [Електронний ресурс]. Режим доступу:https://mpa.vntu.edu.ua/fdb/740/main/Abstracts_2019.pdf.

[34] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, та Д.О. Шалагай, “Моделювання процесу оцінювання інтелектуального стану суспільства”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №5, с.35-41, 2019, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-146-5-35-41>.

[35] Б. І. Мокін, О. О. Войцеховська, та А. І. Лебухорський, “Ідентифікація математичної моделі процесу забування знань, отриманих студентом на лекції”, на *XLIX науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2020)*, Вінниця, 2020, с.1781-1783. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2020>.

[36] Б. І. Мокін, та О. О. Войцеховська, “Системна трансформація математичної моделі процесу забування знань, отриманих студентом на лекції, та спосіб її ідентифікації”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №2, с. 50-57, 2020, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-149-2-50-57>.

[37] Б. І. Мокін, та О. О. Войцеховська, “Математичне обґрунтування необхідності і змістовної деталізації матеріалу, викладеного студентам на попередніх лекціях, на початку лекції, присвяченій викладенню нового матеріалу”, на *XII Міжнародній науково-практичній конференції «ІНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА-2020 (ІОН-2020)»*, Вінниця, 2020, с. 110-112. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ies.vntu.edu.ua/reports/program/WORK-IES-2020.pdf>.

[38] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, та О. Б. Мокін, “Адаптація методики чіткого оцінювання якості знань в галузі інформаційних технологій, отриманих в онлайн-режимі, на нечітких моделях процесів їх засвоєння”, *Вісник Вінницького*

політехнічного інституту, №1, с. 57-69, 2021, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-154-1-57-69>.

[39] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, О. Б. Мокін,, та Б. В. Пасєка, “Методика оцінювання якості знань, отриманих в онлайн-режимі”, на *L науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2021)*, Вінниця, 2021, с.1436-1439. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2021>.

[40] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, та О. О. Войцеховська, “Про один із підходів до системного планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту багатокритеріальної оптимізації”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №5, с.108-116, 2021, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-158-5-108-116>.

[41] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін,, та О. О. Войцеховська, “Нечіткий варіант багатокритеріальної оптимізації в умовах критеріального антагонізму”, на *V Міжнародній науково-технічній конференції «Оптимальне керування електроустановками (ОКЕУ 2021)»*, Вінниця, 2021, с.177-178. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/okeu/okeu2021_publ.pdf.

[42] B.I. Mokin, and O.O. Voitsekhovska, “System analysis of the impact of material repetition, set out earlier, on the assimilation of the new”, *SWorldJournal*, no. 10(1), pp. 43-51, nov. 2021, <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2021-10-01-012>.

[43] О. Л. Голубченко, та А. О. Андрющук, “Підготовка державних службовців у Східноукраїнському національному університеті імені Володимира Даля”, *Вісник державної служби України*, № 2, с. 58-62, 2003.

[44] Н. В. Ляховченко, та Б. І. Мокін, *Педагогічні умови формування якісного контингенту студентів у вищих технічних навчальних закладах: монографія*. Вінниця : ВНТУ, 2010.

[45] В. Г. Вікторов, “Основні критерії та показники якості освіти”, *Вища освіта України*, № 1, с. 54-59, 2006.

- [46] Ю. К. Бабанский, *Избранные педагогические труды*. Москва: Педагогика, 1989.
- [47] Ю. К. Бабанский, *Оптимизация процесса обучения*. Москва: Педагогика, 1977.
- [48] Ю. К. Бабанский. *Проблемы повышения эффективности педагогических исследований*. Москва: Педагогика, 1982.
- [49] Ю. К. Бабанский, “Личностный фактор оптимизации обучения”, *Вопросы психологии*, № 1, с. 51-57, 1984.
- [50] Ю. К. Бабанский, “Система оптимизации обучения”, *Вопросы психологии*, № 5, с.12-22, 1982.
- [51] А. П. Беляева, “Развитие системы профессионального образования”, *Педагогика*, № 8, с. 3-5, 2001.
- [52] В. В. Корнешчук, “Теорія і методика визначення ефективності та якості професійної підготовки фахівців”, *Наука і освіта*, № 8–9, с. 195-198, 2004.
- [53] В. В. Корнешчук, “Надійність як характеристика якості підготовки спеціаліста до професійної діяльності”, *Нові технології навчання*, вип. 49, с. 56-61. 2007.
- [54] V. V. Korneshchik, “The nature and essence of the professional specialist reliability”, *Nauka i stadia*, №2(2), pp. 42-47, 2007.
- [55] В. В. Корнешчук, “Сучасна професійна освіта в Україні і надійність спеціалістів”, *Наука і освіта*, № 1-2, с. 147-150, 2007.
- [56] Б. И. Мокин, “Итоги восьмилетнего эксперимента по внедрению трехуровневой системы обучения «бакалавр – инженер – магистр» в ВГТУ”, *Вестник МАН ВШ*, № 3, с. 80-92, 1999.
- [57] Н. Г. Ничкало, “Неперервна професійна освіта як філософська педагогічна категорія”, *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*, вип. 1, с. 9-22, 2001.

[58] Н. Г. Ничкало, “Наукові дослідження на початку ХХІ століття: погляд у майбутнє”, *Проблеми та перспективи формування національної гуманітарно-технічної еліти: Збірник наукових праць НТУ «ХПІ»*, вип. 3, с. 35–44, 2002.

[59] Н. Г. Ничкало, *Розвиток професійної освіти в умовах глобалізаційних та інтеграційних процесів: монографія*. Київ.: Видавництво НПУ імені М.П. Драгоманова, 2014.

[60] Н. Г. Ничкало, “Теоретико-методологічні проблеми і перспективи розвитку досліджень з неперервної освіти”, *Неперервна професійна освіта: теорія і практика: Збірник наукових праць*, Ч.1, с. 35-41, 2001.

[61] В. В. Рибалка, “Психологічні засади особистісно-орієнтованої підготовки учнівської молоді в системі неперервної професійної освіти”, *Неперервна професійна освіта: теорія і практика: Збірник наукових праць*, Ч.1, с. 268–275, 2001.

[62] Л. М. Романишина, “Види контролю і їх роль у навчальному процесі”, *на всеукраїнській науково-практичній конференції «Освітньо-наукове забезпечення діяльності правоохоронних органів України»*, Хмельницький, 2008, с. 211-212.

[63] Л. М. Романишина, “Профільна школа в системі неперервної професійної підготовки фахівців з прикладної математики”, *Педагогічний дискурс: Збірник наукових праць ХГПА*, вип.4, с. 134-138, 2008.

[64] Л. М. Романишина, Н. Д. Островська, та С. М. Марчишин “Теоретичні основи неперервної професійної підготовки фахівців у вищих навчальних закладах”, *Вісник Національної академії Державної прикордонної служби*, вип. 5, 2010.

[65] М. М. Фіцула, *Педагогіка*. Київ: Академія, 2002.

[66] М. М. Фіцула, *Педагогіка*. Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2003.

[67] А. В. Брушлинский, *Психология мышления и проблемное обучение*. Москва: Знание, 1983.

[68] А. В. Брушлинский, *Субъект: мышление, учение, воображение. Избранные психологические труды*. Москва: Изд-во Московского психолого-социального института; Воронеж: НПО «МОДЭК», 2003.

[69] Т. В. Кудрявцев, *Психология технического мышления (Процесс и способы решения технических задач)*. Москва: Педагогика, 1975.

[70] Б. Ф. Ломов, *Методологические и теоретические проблемы психологии*. Москва: Наука, 1985.

[71] Б. Ф. Ломов, *Системность в психологии: Избранные психологические труды*. Москва: Изд-во Московского психологического института; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2003.

[72] І. О. Петрицин, “Формування у старшокласників техніко-конструкторських знань і вмінь засобами нових інформаційних технологій”, автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук, К., 2002.

[73] К. А. Абульханова-Славская, *Деятельность и психология личности*. Москва: Наука, 1980.

[74] Е. Е. Волкова, “Система формирования готовности выпускников средних учебных заведений к обучению математике в вузе”, автореф. дис. на соискание научной степени канд. пед. наук., Тобольск, 1998.

[75] Б. С. Гершунский, *Философия образования для XXI века (в поисках практико-ориентированных образовательных концепций)*. Москва: Московский психолого-социальный институт, 1998.

[76] А. А. Деркач, и А. А. Исаев, *Акмеологические основы становления психологической и профессиональной зрелости личности*. Москва: РАУ, 1995.

[77] А. В. Петровский, “Развитие личности с позиций социальной психологии”, *Вопросы психологии*, № 4, с. 18-26, 1984.

[78] В. С. Штифурак, “Адаптація студентів-першокурсників в умовах вищого навчального закладу”, автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук., Луганськ, 1998.

[79] О. В. Барановська, “Сучасна модель оцінювання навчальних досягнень учнів: переваги і недоліки”, *Рідна школа*, № 7, с. 48-50, 2000.

- [80] В. П. Беспалько, “Инструменты диагностики качества знаний учащихся”, *Школьные технологии*, № 2, с. 138-151, 2006.
- [81] В. П. Беспалько, *Педагогика и прогрессивные обучения*. Москва: Наука, 1995.
- [82] І. Є. Булах, “Методи контролю та оцінювання рівня знань”, *Сучасні системи вищої освіти: порівняння для України*, с. 169-185, 1997.
- [83] Н. М. Буринська, “До проблеми оцінного контролю”, *Педагогіка і психологія*, № 2, с. 85-93, 2000.
- [84] А. П. Верхола, “Критерии и способы оптимизации процесса обучения вузовским дисциплинам”, автореф. дис. на получение научной степени д-ра пед. наук., Киев, 1986.
- [85] К. Ингенкамп, *Педагогическая диагностика*. Москва: Педагогика, 1991.
- [86] С. М. Калаур, “Підготовка майбутніх учителів до оцінювання навчальних досягнень школярів з предметів природничого циклу”, дис. канд. пед. наук., Тернопіль, 2004.
- [87] Б. І. Мокін, *Перші підсумки. Експеримент з медалістами*, Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2004.
- [88] Ю. А. Романенко, “Технологія моніторингу освіти на регіональному рівні”, *Збірник наукових праць „Педагогіка і психологія формування творчої особистості: проблеми і пошуки”*, вип. 24, 414 с., 2002.
- [89] С. Е. Шишов, и В. А. Кальней, *Мониторинг качества образования в школе*. Москва: Педагогическое общество России, 1999.
- [90] С. І. Бухкало, “Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів”, *Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів*, № 16 (1059), с. 3 – 11, 2014.
- [91] Alaa Eissa Grnaz, “Students' Forgetfulness as a Learning Problem Some Reasons and Solutions”, *Middle East Journal for Scientific Publishing*, vol. 3, issue no.2, pp. 99-181, 2020.

[92] S. K. Carpenter, N. J. Cepeda, D. Rohrer, S. H. K. Kang, and H. Pashler, “Using spacing to enhance diverse forms of learning: Review of recent research and implications for instruction”, *Educational Psychology Review*, №24, pp. 369-378, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10648-012-9205-z>.

[93] I. V. Kapler, T. Weston, and M. Wiseheart, “Spacing in a simulated undergraduate classroom: Long-term benefits for factual and higher-level learning”, *Learning and Instruction*, № 36, pp. 38-45, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.11.001>

[94] Ю. В. Мокіна, та І. М. Штельмах, “Комп’ютерне моделювання процесу визначення ефективності діяльності докторів наук та професорів ВНЗ із підготовки науково-педагогічних кадрів та створення якісної наукової продукції”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №4, с. 42-49, 2004.

[95] Б. І. Мокін, та Ю. В. Мокіна, “Синтез системи управління ефективністю роботи наукових керівників аспірантів та докторантів”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №4, с. 34-39, 2007.

[96] Б. І. Мокін, та Ю. В. Маримончик, “Методологічні основи матеріального стимулювання ефективної діяльності персоналу ВНЗ із підготовки науково-педагогічних кадрів та створення якісної наукової продукції”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №2, с. 26-31, 2004.

[97] Б. І. Мокін, та Ю. В. Мокіна, “Нечіткі математичні моделі в задачах оцінювання ефективності діяльності науково-педагогічного персоналу ВНЗ у напрямку створення навчально-методичної бази для реалізації технології дистанційного навчання”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №2, с. 29-32, 2005.

[98] Б. І. Мокін, та Ю. В. Мокіна, “Посилення стимулюючого впливу методики визначення ефективності діяльності докторів наук та професорів ВНЗ із підготовки науково-педагогічних кадрів та створення якісної наукової продукції”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №5, с. 29-32, 2004.

[99] С. М. Рудченко, “Стимулювання трудової діяльності науково-педагогічних працівників”, *Соціальні технології: актуальні проблеми теорії та практики*, вип. 56, с. 171-176, 2012.

[100] А. В. Мордовець, “Шляхи підвищення ефективності діяльності науково-педагогічних працівників вищих навчальних закладів за рахунок мотивації їх праці”, *Викладання економічних дисциплін в умовах глобалізації та європейської інтеграції України: Збірник матеріалів міжнар. наук.-метод. конф. Х.: ХНАДУ, 2017, с. 112-113.*

[101] І. М. Грищенко, “ Дослідження практики матеріального забезпечення і підвищення суспільного статусу науково-педагогічних працівників вищих навчальних закладів ”, *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія "Економіка і вища освіта"*, № 6 (93), с. 53-64, 2015.

[102] Т. П. Остапчук, С. Ю. Бірюченко, та А. О. Боровська, “Мотивація науково-педагогічних працівників закладів вищої освіти як функція управління персоналом”, *Соціальна економіка*, вип. 60, с. 181-191, 2020, <https://doi.org/10.26565/2524-2547-2020-60-17>.

[103] K. M. Kallio, and T. J. Kallio, “Management-by-results and performance measurement in universities – implications for work motivation”, *Studies in Higher Education*, №39, pp. 574–589, 2014.

[104] J. Kenny, “Efficiency and effectiveness in higher education”, *Australian universities review*, vol. 50, no. 1, pp. 11-19, 2008.

[105] M. Blašková, R. Blaško, I. Figurska, and A. Sokol, “Motivation and Development of the University Teachers’ Motivational Competence”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 182, pp. 116 – 126, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.746>.

[106] M. Blašková, and R. Blaško, “Motivation university teachers through prism of their remuneration”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 110, pp. 595 – 606, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.904>.

[107] H. M. G. Watt, and P. W. Richardson, “Motivation of higher education faculty: (How) it matters”, *International Journal of Educational Research*, vol.100, article 101533, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101533>.

[108] M. Wosnitza, K. Helker, and L. Lohbecka, “Teaching goals of early career university teachers in Germany”, *International Journal of Educational Research*, vol. 65, pp. 90-103, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2013.09.009>.

[109] I. Jonek-Kowalska, A. Musioł-Urbańczyk, M. Podgórska, and M. Wolny, “Does motivation matter in evaluation of research institutions? Evidence from Polish public universities”, *Technology in Society*, vol. 67, article 101782, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101782>.

[110] M. de Lourdes Machado, V. M. Soares, R. Brites, J. B. Ferreira, and O. D. R. Gouveia, “A look to academics job satisfaction and motivation in Portuguese higher education institutions”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 29 , pp. 1715-1724, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.11.417>.

[111] R. Štemberková, K. Kuča, and P. Marešová, “Motivation of academic staff at universities in the Czech republic: qualitative research”, Proceedings of the international scientific conference Hradec Economic Days 2019, part II (2019), p. 9, <https://doi.org/10.36689/uhk/hed/2019-02-045>.

[112] Ю. М. Рашкевич, *Болонський процес та нова парадигма вищої освіти*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014.

[113] Р. О. Голощук, В. В. Литвин, Л. В. Чирун, та В. А. Висоцька, “Математичне моделювання процесів дистанційного навчання”, *Інформаційні системи та мережі: Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”*, № 489, с. 100-109, 2003.

[114] А. Ю. Берко, та В. А. Висоцька, “Intranet архітектура інтелектуальних систем електронного навчання”, *Інформаційні системи та мережі: Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”*, № 438, с. 3-10, 2001.

[115] Р. О. Голощук, та В. А. Висоцька, “Інтерактивна взаємодія та зворотній зв’язок в системі дистанційного навчання”, *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Інформаційні системи та мережі*, № 464, с. 44-53, 2002.

[116] В. А. Висоцька, “Система опрацювання структури електронного підручника”, *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Інформаційні системи та мережі*, № 489, с. 49-63, 2003.

[117] В. А. Андруник, Л. Б. Чирун, та Л. В. Чирун, “Інтелектуальний аналіз матеріально-технічного забезпечення структурної одиниці навчального закладу”, *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Інформаційні системи та мережі*, № 814, с. 364-379, 2015.

[118] Л. В. Жук, “Матеріально-технічне забезпечення наукових досліджень у вищих навчальних закладах”, *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку*, № 858, с. 188-191, 2016.

[119] Л. В. Лисяк., Я. І., Петрова, та П. Р. Цюп’як, “Фінансове забезпечення вищої освіти в Україні: стан та напрями удосконалення”, *Ефективна економіка*, № 12, 2020 – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8446>, doi: 10.32702/2307-2105-2020.12.15.

[120] Л. О. Попович, “Загальні аспекти механізму фінансування вищих навчальних закладів”, *Збірник наукових праць Університету державної фіскальної служби України*, № 1, с. 227-240, 2017.

[121] Г. М. Терещенко, та Л. Г. Олейникова, “Державне фінансування вищої освіти як фактор розвитку економічних знань”, *Схід*, № 4 (150), с. 25-30, 2017.

[122] Т. А. Ящук, “Аналіз сучасного стану фінансового забезпечення вищої освіти в Україні”, *Молодий вчений*, № 1(2), с. 1026-1030, 2018.

[123] С. П. Сас, “Фінансування вищої освіти України: стан, тенденції розвитку та перспективи”, *Світ фінансів*, №2(67), с. 94-105, 2021, <http://doi.org/10.35774/SF2021.02.094>

[124] Т. В. Золотухіна, “Особливості фінансування освітніх послуг у розвинених країнах”, *Тенденції та перспективи розвитку економіки XXI століття очима молоді: Матеріали V Міжвуз. студ. наук. конф.*, Х.: Вид-во нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди. – Харків, 2021, с. 29-32.

[125] М. Ю. Білінець, “Система фінансування вищої освіти: теоретичний аспект”, *Підприємництво та інновації*, вип. 9, с. 136-41, 2019.

[126] Т. М. Боголіб, “Фінансове забезпечення освітньої галузі України: існуючі проблеми та перспективи їх вирішення”, *Економіст*, № 8, с. 1-6, 2015.

[127] З. С. Варналій, “Фінансове забезпечення вищих навчальних закладів України – справа державна (присвячено пам’яті Т.М. Боголіб)”, *Економічний вісник університету. Переяслав-Хмельницький*, вип. 36/1, с. 9–17, 2018.

[128] Ю. М. Коваленко та Л. О. Вітренко, Фінансування закладів вищої освіти в Україні та пошук альтернативних джерел. Збірник наукових праць Університету державної фіскальної служби України. 2020. URL: <http://ojs.nusta.edu.ua/index.php/ojs2/article/view/418/591>.

[129] І. О. Лютий, О. Б. Білявська, Г. А. Поляновський, “Фінансова автономія університетів: історичний огляд та міжнародний досвід”, *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія Економіка*, №18(46), с. 68–78, 2020.

[130] Я. І. Петрова, “Фінансові аспекти розвитку вищої освіти в Україні”, *Науковий погляд: економіка та управління*, № 2, с. 158-163, 2018.

[131] О. І. Тулай, *Сучасна проблематика бюджетного фінансування охорони здоров’я, освіти, соціального захисту і соціального забезпечення. Формування фінансового механізму сталого розвитку України: монографія*. Тернопіль, ТНЕУ, с. 170-177, 2017.

[132] B.I. Mokin, V.B. Mokin and Y.V. Mokina, “Decision Support System for the Use of Funds Received From Higher Education Institution Paid Services”, *Actual Problems in Economics*, vol. 3, no. 177, pp. 372-383, 2016.

[133] І. Я. Чугунов, та Л. В. Козарезенко, “Державне фінансове регулювання розвитку людського потенціалу”, *Вісник КНТЕУ*, №3, с. 116-132, 2017.

[134] Л. В. Лисяк, Я. І. Петрова, та П. Р. Цюп’як, “Фінансове забезпечення вищої освіти в Україні: стан та напрями удосконалення”, *Ефективна економіка*, № 12, 2020. <http://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.12.15> [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=8446> (дата звернення: 01.02.2022).

[135] B. C., Sanyal, and M. Martin, *Financing higher education: International perspectives. In Global University Network for Innovation (GUNI) (Ed.), Higher education in the world: The financing of universities*. Basingstoke and New York: Palgrave Macmillan, 2006.

[136] A. Goksu, and G.G.Goksu, “A Comparative Analysis of Higher Education Financing in Different Countries”, *Procedia Economics and Finance*, vol.26, pp. 1152-1158, 2015. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00945-4](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00945-4).

[137] A. Padlowska, “The strategy of the development of the higher education in Poland on the Warsaw university of technology example”, *Polish Journal of Management Studies. Wydział Zarządzania*. vol. 9, pp. 205–216, 2014.

[138] Li Wenli, and Liu Qiang, “Chinese Higher Education Finance: Changes over Time and Perspectives to the Future”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 77, pp. 388-411, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.095>.

[139] M. Lung (Moladovan), I. Moldovan, and N. Lung Alexandra, “Financing Higher Education in Europe: Issues and Challenges”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 51, pp. 938-942, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.08.266>.

[140] F. Huang, “Higher education financing in Japan: Trends and challenges”, *International Journal of Educational Development*, vol. 58, pp. 106-115, January 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2016.12.010>.

[141] W. J. Jacob, D. Neubauer, and Huiyuan Ye, “Financing trends in Southeast Asia and Oceania: Meeting the demands of regional higher education growth”, *International*

Journal of Educational Development, vol. 58, pp. 47-63, January 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2016.11.001>.

[142] U. Teichler, “Recent changes of financing higher education in Germany and their intended and unintended consequences”, *International Journal of Educational Development*, vol. 58, pp. 37-46, January 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2016.10.008>.

[143] S. Marginson, “Global trends in higher education financing: The United Kingdom”, *International Journal of Educational Development*, vol. 58, pp. 26-36, January 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2017.03.008>.

[144] Розпорядження Кабінету Міністрів України "Про схвалення Концепції підготовки фахівців за дуальною формою здобуття освіти" від 19 вересня 2018 р. № 660-р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/660-2018-p>

[145] Б. І. Мокін, О. Б., Мокін, та О. М. Косарук, *Ідеологія дуальності в вищій технічній освіті на основі інтеграції навчання з виробництвом. Монографія*. Вінниця: ВНТУ, 2019.

[146] Т. Б. Козак, *Професійна підготовка молоді у Німеччині: монографія*. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2016.

[147] І. Д. Глазкова, “Історичні передумови виникнення й розвитку дуальної професійної освіти Німеччини”, *Засоби навчальної та науково-дослідної роботи*, вип. 53, с. 6-22, 2019, <https://doi.org/10.34142/2312-1548.2019.53.01>.

[148] O. L. Kravchenko, I. Y. Borisjuk, Z. M. Vakolia, O. M. Tretyak, and O. M. Mishchenia, “Models of Introduction of Dual Professional Education”, *International Journal of Higher Education*, vol. 9, no. 7, pp. 94-106, 2020.

[149] Л. Ю. Кримчак, “Система дуальної освіти як умова якісної підготовки конкурентоспроможних професіоналів до ринку праці в Україні”, *Інноваційна педагогіка*, вип. 11, том 2, с. 83-86, 2019.

[150] О. Л. Яковчук, “Функціонування моделей дуальної форми здобуття освіти як ефективний спосіб підвищення конкурентоспроможності системи вищої освіти України”, *Молодий вчений*, № 4(68), с. 86-90. 2019, <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-4-68-20>.

[151] К. В. Яковенко, “Реалізація дуальної системи освіти в підготовці майбутніх фахівців з інформаційних технологій”, *Проблеми та перспективи формування національної гуманітарно-технічної еліти: зб. наук. пр. за матеріалами II Міжнар. наук.практ. конф.*, Вип. 45, с. 205-213, 2016.

[152] D. Euler, *Das duale System in Deutschland – Vorbild für einen Transfer ins Ausland? Bertelsmann Stiftung*. Gütersloh: Bertelsmann Foundation, 2013.

[153] K. Klemm, *Das Bildungssystem Deutschlands: Strukturen und Strukturereformen*. In: Reinders H., Ditton H., Gräsel C., Gniewosz B. (eds) *Empirische Bildungsforschung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2011.

[154] N. Wollschläger, and É. F Guggenheim, “A history of vocational education and training in Europe – From divergence to convergence”, *Vocational Training European Journal*, №32, pp. 6-17, 2004.

[155] U. Hippach-Schneider, M. Krause, und Ch. Woll, *Berufsbildung in Deutschland*. Luzemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, 2007.

[156] G. Kutscha, *Bildung und Beruf. Grundprobleme und Paradigmen der Berufs- und Wirtschaftspädagogik*. Universität DuisburgEssen, 2007.

[157] W. D. Greinert, *Geschichte der Berufsausbildung in Deutschland*. In: Arnold R., Lipsmeier A. (reds). *Handbuch der Berufsbildung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2006. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90622-5_31.

[158] G. Bosch, *Zur Zukunft der dualen Berufsausbildung in Deutschland. Das duale Berufsbildungssystem in Deutschland*. Verlag für Sozialwissenschaften, 2010. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92391-8_2.

[159] P. D. Koudahl, “Vocational education and training: dual education and economic crises”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 9, pp. 1900-1905, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.421>.

[160] І. З. Адамова, Т. І. Головачук, “Дистанційне навчання: сучасний погляд на переваги та проблеми”, *Витоки педагогічної майстерності*, вип. 10, с. 3-6, 2012.

[161] О. О. Андрєєв, *Педагогічні аспекти відкритого дистанційного навчання: монографія*. Харків: Міськдрук, 2013.

[162] О.М. Алексєєв, *Дистанційне навчання інженерних спеціальностей*. Суми: Університетська книга, 2006.

[163] В. Ю. Биков, *Дистанційна освіта: актуальність, особливості і принципи побудови, шляхи розвитку та сфера застосування. Інформаційне забезпечення навчально-виховного процесу: інноваційні засоби і технології: Колективна монографія*. Київ: Атіка, 2005.

[164] В. М. Кухаренко, *Дистанційне навчання. Енциклопедичне видання*. Київ: ТОВ Редакція «Комп'ютер», 2007.

[165] Л. В. Ткаченко, та О. С. Хмельницька, “Особливості впровадження дистанційного навчання в освітній процес закладу вищої освіти”, *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*, № 75, Т.3., с. 91-96, 2021.

[166] В. Ю. Биков, *Моделі організаційних систем відкритої системи: монографія*. Київ: Атіка, 2008.

[167] Н. П. Мінько, “Методика викладання технічних дисциплін в умовах дистанційного навчання”, *Педагогічний альманах*, №46, с. 179-185, 2020, [https://doi.org/10.37915/pa.vi46.125\(2020\)](https://doi.org/10.37915/pa.vi46.125(2020)).

[168] С. М. Цирульник, “Підходи до організації лабораторно-практичних занять під час дистанційного навчання”, *Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ: зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф.*, с. 268-272, 2020.

[169] В. М. Кухаренко, та В. В. Бондаренко, *Екстрене дистанційне навчання в Україні: Монографія*. Харків: Вид-во КП «Міська друкарня», 2020.

[170] І. В. Кулага, Д. О. Ільницький, С. О. Стрельник, А. В. Матвійчук, Н. В. Василькова, В. М. Турчанінова, В. С. Єршова, М. П. Тищенко, та Н. Л. Краснопольська, *Світовий досвід організації та розвитку університетської системи дистанційного навчання*. Київ: Інститут вищої освіти КНЕУ імені Вадима Гетьмана, 2013.

[171] D. M. Casey, “The historical development of distance education through technology”, *TechTrends: Linking Research and Practice to Improve Learning*, vol. 52(2), pp. 45-51, 2008.

[172] M. S. Desai, J. Hart, and T. C. Richards, “E-learning: paradigm shift in education”, *Education*, vol. 129, no. 2, pp. 327–334, 2008.

[173] P. Fidaldo, and J. Thormann, “Reaching students in online courses using alternative formats”, *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, vol. 18(2), pp. 139–161, 2017. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v18i2.2601>.

[174] H. Tareen, and M.T. Haand, “A Case Study of UiTM Post-Graduate Students’ Perceptions on Online Learning: Benefits & Challenges”, *International Journal of Advanced Research and Publications*, vol. 4 Issue 6, pp. 86-94, June 2020.

[175] V. Arkorful, and N. Abaidoo, “The role of elearning, the advantages and disadvantages of its adoption in Higher Education”, *International Journal of Education and Research*, vol. 2, no. 12, pp. 397-410, 2014.

[176] L. Watts, “Synchronous and asynchronous communication in distance learning: a review of the literature”, *The Quarterly Review of Distance Education*, vol. 17(1), pp. 23-32, 2016.

[177] W. Al-Mawee, K. M. Kwayu, and T. Gharaibeha, “ Student's perspective on distance learning during COVID-19 pandemic: A case study of Western Michigan University, United States”, *International Journal of Educational Research Open*, vol.2, Article 100080, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2021.100080>.

[178] M. P. Cacault, C. Hildebrand, J. Laurent-Lucchetti, and M. Pellizzari, “Distance Learning in Higher Education: Evidence from a Randomized Experiment”, *Journal of the European Economic Association*, vol. 19, issue 4, pp. 2322–2372, August 2021. <https://doi.org/10.1093/jeea/jvaa060>.

[179] E. C. Boling, M. Hough, H. Krinsky, H. Saleem, and M. Stevens, “Cutting the distance in distance education: perspectives on what promotes positive, online learning experiences”, *The Internet and Higher Education*, vol.15, issue 2, pp. 118–126, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2011.11.006>.

[180] В. Н. Захаров, *Автоматы с распределенной памятью*. Москва: Энергия, 1975.

[181] Ю. И. Митюшкин, Б. И. Мокин, и А. П. Ротштейн, *Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний: монография*. Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002.

[182] С. Д. Штовба, *Проектирование нечетких систем средствами MATLAB*. Москва: Горячая линия-Телеком, 2007.

[183] R. E. Bellman, and L. A. Zadeh, “Decision-Making in Fuzzy Environment”, *Management Science*, vol.17, no.4, pp.141-160, 1970.

[184] Р. Беллман, та Л. Заде, *Принятие решений в расплывчатых условиях, В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений*. Москва: Мир, с.172-215, 1976.

[185] Т. Л. Саати, “Взаимодействие в иерархических системах”, *Техническая кибернетика*, №1, с. 68-84, 1979.

[186] H. J. Zimmermann, *Fuzzy Set Theory and its Applications. 3rd ed.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.

[187] П. Г. Доля, *Введение в научный Python*. Харків: ХНУ ім. Каразіна, 2016.

[188] П. А. М'ясоїд, *Загальна психологія. Навч. посіб.* Київ: Вища школа, 1998.

[189] Ю. Б. Гиппенрейтер, и В. Я. Романова, *Хрестоматия по общей психологии. Психология памяти*. Москва: Издательство Московского университета, 1979.

- [190] В. Н. Тутубалин, *Теория вероятностей*. Москва: Издательство Московского университета, 1972.
- [191] Я. З. Цыпкин, *Адаптация и обучение в автоматических системах*. Москва: изд-во «Наука», 1968.
- [192] A. Grami, *Probability, Random Variables, Statistics, and Random Processes: Fundamentals and Applications*. Hoboken: John Wiley & Sons Inc., 2020.
- [193] D. F. Anderson, T. Seppäläinen, and B. Valkó, *Introduction to Probability (Cambridge Mathematical Textbooks) 1st Edition*. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.
- [194] B. Wagoner, *Learning and Memory*. In: R. Harré, F. Moghaddam (eds) *Psychology for the Third Millennium: Integrating Cultural and Neuroscience Perspectives*, SAGE Publications Ltd, pp. 116-138, 2012.
- [195] В. Ф. Прісняков, *Виклики сучасності. Математичні моделі. Оптимальні вирішення*. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2007.
- [196] T. Poston, and I. Stewart, *Catastrophe Theory and its Applications*. London – San Francisco – Melbourne: PITMAN, 1978.
- [197] Дж. Касти, *Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. Пер. с англ.* Москва: Мир, 1982.
- [198] В. И. Арнольд, *Теория катастроф*. Москва: Наука, 1990.
- [199] И. Н. Бронштейн, и А. К. Семендяев, *Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов*. Москва: Наука, 1967.
- [200] Boris I. MOKIN, Oleksander B. MOKIN, Olena M. KOSARUK, Mashat KALIMOLDAYEV, and Waldemar WÓJCI, “Assessment of the knowledge quality level based on fuzzy models of its acquisition processes”, *Przegląd Elektrotechniczny*, no. 09, pp. 114-119, 2020, <https://doi.org/10.15199/48.2020.09.24>.
- [201] Е. И. Гурский, *Сборник задач по теории вероятностей и математической статистике*. Минск: Вышэйшая школа, 1975.

[202] О. О. Войцеховська, та Б. І. Мокін, “Системний аналіз процесу реформування вищої технічної освіти на університетському рівні”, *на LI науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2022)*, Вінниця, 2022, с.658-661. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2022>.

ДОДАТКИ

Додаток А
Акти впровадження результатів досліджень



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи та організації освітнього процесу
к.т.н., доцент

О.В. Петров

03 2022 р.

А К Т

впровадження в навчальний процес результатів, отриманих О.О. Войцеховською під час навчання в аспірантурі за спеціальністю 124 – системний аналіз в дисертації на здобуття наукового ступеню доктора філософії на тему:

«Системний аналіз процесу реформування вищої технічної освіти за ідеологією дуальності»

Ми, що нижче підписались, підтверджуємо, що при викладанні теоретичних основ навчальної дисципліни: «Основи науково-дослідної роботи», що викладається студентам спеціальності 124, які спеціалізуються в галузі системного аналізу за програмою бакалаврської підготовки, а також при викладанні теоретичних основ навчальної дисципліни: «Методологія та організація наукових досліджень в галузі ІТ», що викладається студентам спеціальності 126, які спеціалізуються в галузі інформаційних технологій за програмою магістерської підготовки, використовується частина результатів, отриманих аспіранткою О.О. Войцеховською в процесі написання нею дисертації на здобуття наукового ступеню доктора філософії, а саме:

- 1) Системне планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту багатокритеріальної оптимізації;
- 2) Нечіткий варіант багатокритеріальної оптимізації в умовах критеріального антагонізму;
- 3) Адаптація методики чіткого оцінювання якості знань в галузі інформаційних технологій, отриманих в онлайн-режимі, на нечітких моделях процесів їх засвоєння;
- 4) Системний підхід до оцінювання стану закладу вищої освіти;
- 5) Системна трансформація математичної моделі процесу забування знань, отриманих студентом на лекції, та спосіб її ідентифікації.

Декан факультету ПТА,
к.т.н., доцент

V.M. Севаст'янов

Завідувач кафедри системного аналізу
та інформаційних технологій,
д.т.н., професор

V.B. Мокін

Викладач навчальних дисциплін: ОНДР та
МОНДІТ, д.т.н., професор

B.I. Мокін



ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор з наукової роботи
та міжнародного співробітництва

д.т.н., професор

В.В. Грабко

«10» 05 2022 р.

А К Т

впровадження в наукові дослідження, що виконувались у 2021 році в Національній академії педагогічних наук України, результатів, отриманих О.О. Войцеховською під час навчання в аспірантурі за спеціальністю 124 – Системний аналіз в дисертації на здобуття наукового ступеню доктора філософії на тему: **«Системний аналіз процесу реформування вищої технічної освіти за ідеологією дуальності»**

Ми, що нижче підписались, аспірантка Войцеховська Ольга Олександрівна та її науковий керівник, академік Національної академії педагогічних наук України, доктор технічних наук, професор Мокін Борис Іванович, підтверджуємо, що під час проведення академіком НАПНУ Мокіним Б.І. наукових досліджень за тематикою, затвердженою Відділенням вищої освіти НАПНУ, використана частина результатів, отриманих аспіранткою О.О.Войцеховською в процесі написання нею дисертації на здобуття наукового ступеню доктора філософії, а саме:

- 1) Системне планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту багатокритеріальної оптимізації;
- 2) Нечіткий варіант багатокритеріальної оптимізації в умовах критеріального антагонізму;
- 3) Адаптація методики чіткого оцінювання якості знань в галузі інформаційних технологій, отриманих в онлайн-режимі, на нечітких моделях процесів їх засвоєння;
- 4) Системний підхід до оцінювання стану закладу вищої освіти;
- 5) Системна трансформація математичної моделі процесу забування знань, отриманих студентом на лекції, та спосіб її ідентифікації.

Аспірантка ВНТУ за спеціальністю 124

О.О. Войцеховська

Науковий керівник
аспірантки О.О. Войцеховської,
професор кафедри системного аналізу
та інформаційних технологій ВНТУ,
академік НАПН України,
докт. техн. наук, професор

Б.І. Мокін

Додаток до акту впровадження наукових результатів в наукові дослідження,
що виконувались у 2021 році
в Національній академії педагогічних наук України



Національна академія педагогічних наук України

ЗВІТ
про діяльність Національної академії
педагогічних наук України
у 2021 році

Київ 2022

Редакційна комісія:

Кремень В.Г. (голова),
Луговий В.І. (заступник голови),
Топузов О.М. (заступник голови),
Сисоєва С.О., Максименко С.Д.,
Ляшенко О.І., Ничкало Н.Г., Саух П.Ю.,
Регейло І.Ю. (секретар)

Звіт про діяльність Національної академії педагогічних наук України у 2021 р. / За заг. ред. В.Г. Кременя. Київ : НАПН України, 2021. 492 с. DOI: <https://doi.org/10.37472/zvit2021>.

Діяльність Національної академії педагогічних наук України у 2021 р. спрямовувалася на теоретико-методологічне й науково-методичне забезпечення функціонування та розвитку національної системи освіти відповідно до пріоритетів державної освітньо-наукової політики, визначених стратегічними і програмними документами. У виданні представлено результати роботи академії, її підвідомчих установ, колективів вчених, дійсних членів і членів-кореспондентів. Охарактеризовано виконання статутних завдань НАПН України та розкрито кадровий потенціал установ. Наведено найвагоміші наукові здобутки вчених академії за результатами виконання фундаментальних і прикладних досліджень із зазначенням соціального ефекту впровадження. Представлено роботу загальних зборів і методологічних семінарів, а також Президії НАПН України. Всебічно висвітлено експериментальну, видавничу, науково-організаційну, науково-експертну, освітню, міжнародну, науково-інформаційну діяльність, співпрацю з органами державної влади і науковими організаціями, представлення наукових періодичних видань та публікацій вчених у світовій системі наукових комунікацій, проведення науково-практичних масових заходів, а також фінансове забезпечення.

Для освітян, науковців, управлінців, усіх, хто забезпечує функціонування і розвиток освіти, її науковий, методичний, експертний і консультативний супровід, здійснює наукові дослідження та експериментальні розробки і галузі освіти, педагогіки і психології.

© НАПН України, 2022

Відділення вищої освіти НАПН України:

- встановлено глобальну тенденцію розвитку рейтингових механізмів оцінювання якості вищої освіти; обґрунтовано пріоритет Шанхайського рейтингу серед інших світових університетських рейтингів в умовах інноваційного високотехнологічного прогресу людства; урахувавши характер критеріїв та індикаторів Шанхайського рейтингу, доцільно використовувати його як мірило інтеграції університетської освітньої й дослідницької діяльності на вищих її рівнях;
- проаналізовано стан конкурентоспроможності вітчизняних університетів та обґрунтовано стратегію реалізації ідеї створення в Україні університетів світового класу (стратегію–2), розроблено концепцію проекту «Президентський університет» та забезпечено його науковий супровід;
- на основі системного аналізу результатів соціологічного дослідження визначено оцінку студентами якості вищої освіти в Україні, рівня залученості їх до наукової роботи, стану викладання та використання цифрової комунікації, умов для навчання;
- уточнено ключові системоутворювальні місійні слова, з'ясовано наявність елементного складу і структурної організації комплексного утворення «відкрита наука», яке доцільно збірно називати «простором відкритої науки»; аргументовано, що частина бенефіціарів не зможе повністю скористатися його можливостями за власної дослідницької недостатності, насамперед через бар'єр некомпетентності та поріг доступності складного, що зумовлено структуруванням цього простору за рівнями складності знань; встановлено прогресуюче дослідницьке розмежування університетів в умовах відкритої науки, проявом чого є їх класифікаційна таксономія та організаційне асоціювання;
- виявлено тенденцію об'єктивного зростання кількості «цифрових університетів» як сукупності цифрових сервісів, що містять ресурси для викладання та навчання;

Сторінка 8

II.5. Відділення вищої освіти

Наприкінці 2021 р. у складі Відділення вищої освіти НАПН України (далі – Відділення) працювали 17 дійсних членів (академіків) та 16 членів-кореспондентів, у тому числі 3 доктори філософських наук, 7 докторів педагогічних наук, 9 докторів технічних наук, 3 доктори фізико-математичних наук, 3 доктори економічних наук, 2 доктори історичних наук, 1 доктор юридичних наук, 1 доктор філологічних наук, 1 доктор соціологічних наук, 1 доктор політичних наук, 1 доктор біологічних наук, 1 кандидат економічних наук. Усі члени Відділення мають членське звання професора. До складу Відділення також входили 12 іноземних членів НАПН України, 11 почесних академіків та 2 почесних доктори НАПН України. До Відділення віднесено Інститут вищої освіти НАПН України та ДЗВО «Університет менеджменту освіти». У складі Відділення функціонували секція фізичного виховання і спорту та Центр інноваційного розвитку вищої освіти НАПН України.

Сторінка 102

17. Наукова і практична цінність низки проведених досліджень ученими Відділення за різними напрямками полягає у:

– доведеній необхідності розв'язувати прикладні задачі в ІТ-галузі з використанням ключових положень «Функціонального аналізу», застосовуючи у більшості випадків еквівалентні математичні моделі процесів, що відбуваються в динамічних об'єктах, а також доведенні того, що програму навчальної дисципліни «Функціональний аналіз», адаптовану до ІТ-спеціальностей, необхідно доповнити розділом, присвяченим синтезу

Сторінка 110

еквівалентних математичних моделей процесів, що протікають в динамічних об'єктах;

Усі виконані дослідження спрямовані на практичну реалізацію пріоритетних напрямів (тематики) наукових досліджень у сфері вищої освіти, обґрунтування методологічної стратегії модернізації вищої освіти, розроблення системної, прозорої і науково обґрунтованої моделі оптимізації мережі закладів вищої освіти для реалізації її в короткостроковій перспективі на основі спеціальної цільової програми, дослідження архітекtonіки сучасних процесів трансформації науки та освіти, їх синергію як головний ресурс суспільства знань; здійснення пошуку ефективних економіко-управлінських детермінант розвитку вищої освіти та розроблення інноваційних підходів до діяльності ЗВО в умовах освітніх змін; дослідження психолого-педагогічних основ удосконалення освітнього процесу у закладах вищої освіти, організаційних особливостей та педагогічних факторів підвищення якості професійної підготовки фахівців; на запровадження нового алгоритму гнучкої системи безперервної освіти; розроблення базових вимог до освітнього та професійного рівня керівників установ і закладів освіти, вибудовування можливих інноваційних моделей управлінського циклу в умовах децентралізаційних процесів і збалансованого розвитку людського капіталу; розширення і поглиблення співробітництва з низкою державних і громадських освітніх організацій та із зарубіжними університетськими центрами з метою подальшого розвитку національної вищої освіти та науки; підготовку наукових експертних висновків і рекомендацій щодо конкретних кроків імплементації низки положень Закону України «Про вищу освіту» та розробленої МОН України за участі вчених Відділення «Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2021-2031 рр.».

Сторінка 111

Статті

1. Аналітичний огляд «Можливості для реалізації соціально-емоційного навчання в рамках реформи «Нова українська школа» (Feasibility Study on Opportunities for SEL within New Ukrainian School Reform) / Л. Гриневич та ін. ; за заг. ред. Л. Гриневич, С. Калашнікової. Київ : «Вид. група «Шкіл. світ», 2021. 312 с.

2. Войцеховська О. О., Мокін Б. І., Мокін О. Б. Адаптація методики чіткого оцінювання якості знань в галузі інформаційних технологій, отриманих в онлайн-режимі, на нечітких моделях їх засвоєння. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2021. № 1. С. 57-69.

3. Воробйова О. П., Луговий В. І., Таланова Ж. В. Забезпечення якості електронного навчання в північноамериканському просторі вищої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2021. № 84 (4). С. 285-301.

Сторінка 393

28. Мокін Б. І., Мокін О. Б., Войцеховська О. О. Про один із підходів до системного планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2021. № 5. С. 108-116.

Сторінка 395



Додаток Б

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:
– матеріали дисертаційної роботи, викладені у виданнях, що внесені до переліку фахових для захисту дисертацій з технічних наук:

[1] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін та О. В. Слободянюк, “Системний підхід до аналізу процесу функціонування закладу вищої освіти”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №1, с. 31-40, 2019, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-142-1-31-40>.

[2] Б. І. Мокін, та О. О. Войцеховська, “Удосконалення ймовірнісної математичної моделі процесу забування інформації, отриманої студентом на лекції”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №4, с. 49-57, 2019, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-145-4-49-57>.

[3] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, та Д.О. Шалагай, “Моделювання процесу оцінювання інтелектуального стану суспільства”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №5, с. 35-41, 2019, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-146-5-35-41>.

[4] Б. І. Мокін, та О. О. Войцеховська, “Системна трансформація математичної моделі процесу забування знань, отриманих студентом на лекції, та спосіб її ідентифікації”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №2, с.50-57, 2020, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-149-2-50-57>.

[5] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, та О. Б. Мокін, “Адаптація методики чіткого оцінювання якості знань в галузі інформаційних технологій, отриманих в онлайн-режимі, на нечітких моделях процесів їх засвоєння”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №1, с. 57-69, 2021, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-154-1-57-69>.

[6] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, та О. О. Войцеховська, “Про один із підходів до системного планування розвитку університету на основі нечіткого варіанту багатокритеріальної оптимізації”, *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №5, с. 108-116, 2021, doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-158-5-108-116>.

– матеріали дисертаційної роботи, викладені у закордонному науковому виданні держави, яка входить до Європейського Союзу:

[7] B. I. Mokin, and O. O. Voitsekhovska, “System analysis of the impact of material repetition, set out earlier, on the assimilation of the new”, *SWorldJournal*, no. 10 (1), pp. 43-51, Nov. 2021, doi: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2021-10-01-012>.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

[8] Б. І. Мокін, О. В. Слободянюк, та О. О. Войцеховська, “Адаптація методу системного аналізу до проблем вищої школи”, на *XLVIII науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2019)*, Вінниця, 2019, с.1355-1360. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2019>.

[9] Б. І. Мокін, О. В. Слободянюк, та О. О. Войцеховська, “Системний підхід до оцінювання стану закладу вищої освіти”, на *Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та комп’ютерне моделювання (ІТСМ-2019)»*, Івано-Франківськ, 2019, с. 293-296. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://itcm.comp-sc.if.ua/2019/zbirnyk2019.pdf>.

[10] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, та Д. О. Шалагай, “Моделювання процесу оцінювання інтелектуального стану суспільства”, на *п’ятій Міжнародній науковій конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2019)»*, Вінниця, 2019, с. 78-79. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://mpa.vntu.edu.ua/fdb/740/main/Abstracts_2019.pdf.

[11] Б. І. Мокін, О. О. Войцеховська, та А. І. Лебухорський, “Ідентифікація математичної моделі процесу забування знань, отриманих студентом на лекції”, *на XLIX науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2020)*, Вінниця, 2020, с.1781-1783. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2020>.

[12] Б. І. Мокін, та О. О. Войцеховська, “Математичне обґрунтування необхідності і змістовної деталізації матеріалу, викладеного студентам на попередніх лекціях, на початку лекції, присвяченій викладенню нового матеріалу”, *на XII Міжнародній науково-практичній конференції «ІНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА-2020 (ІОН-2020)»*, Вінниця, 2020, с. 110-112. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ies.vntu.edu.ua/reports/program/WORK-IES-2020.pdf>.

[13] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін, О. Б. Мокін,, та Б. В. Пасека, “Методика оцінювання якості знань, отриманих в онлайн-режимі”, *на L науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2021)*, Вінниця, 2021, с.1436-1439. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2021>.

[14] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін,, та О. О. Войцеховська, “Нечіткий варіант багатокритеріальної оптимізації в умовах критеріального антагонізму”, *на V Міжнародній науково-технічній конференції «Оптимальне керування електроустановками (ОКЕУ 2021)»*, Вінниця, 2021, с.177-178. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/okeu/okeu2021_publ.pdf.

[15] О. О. Войцеховська, та Б. І. Мокін, “Системний аналіз процесу реформування вищої технічної освіти на університетському рівні”, *на LI науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (2022)*, Вінниця, 2022, с.658-661. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2022>.