

**Методичні вказівки
до виконання самостійної роботи
з дисципліни «Цифрова обробка сигналів в
телекомунікаційних системах»
зі спеціальності «Електроніка, електронні комунікації,
приладобудування та радіотехніка» (освітня програма
«Програмне забезпечення телекомунікаційних систем»)**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки
до виконання самостійної роботи
з дисципліни «Цифрова обробка сигналів в
телекомунікаційних системах»
зі спеціальності «Електроніка, електронні комунікації,
приладобудування та радіотехніка» (освітня програма
«Програмне забезпечення телекомунікаційних систем»)**

Вінниця
ВНТУ
2026

Рекомендовано до видання Радою з якості освіти Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 13 від 18.06.2026 р.)

Рецензенти:

А. О. Семенов, доктор технічних наук, професор

О. В. Карась, доктор філософії, доцент

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах» зі спеціальності «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка» (освітня програма «Програмне забезпечення телекомунікаційних систем») / уклад.: Д. В. Михалевський. Електрон. текст. дані. Вінниця : ВНТУ, 2026. 38 с.

Методичні вказівки містять матеріали для самостійного опрацювання навчальної програми з дисципліни «Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах» для освітньої програми «Програмне забезпечення телекомунікаційних систем». Наведено матеріали для самостійного опрацювання та закріплення теоретичних знань на базі тестів самоконтролю та індивідуальних завдань дослідницького характеру.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
ПЕРЕЛІК ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ.....	6
ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ	21
ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗАЛІКУ	33
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах» мають на меті забезпечити розуміння студентами базових положень та методів, алгоритмів, методик і засобів цифрової обробки сигналів та перетворення мультимедійної інформації, а також теоретичні засади та алгоритми подання сигналів у часо-частотній області. Також передбачається надання допомоги в організації самостійної роботи студентів з вивчення навчального матеріалу та підготовки до складання заліку.

Метою дисципліни «Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах» є формування у майбутнього фахівця системи знань і практичних навиків з принципів та методів подання сигналів у часо-частотній області, побудови пристроїв цифрової обробки сигналів, особливості їх функціонування. Також сумісному використанню технічних і програмних засобів у процесі реалізації різних технологій цифрової обробки мультимедійної інформації.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах» є формування теоретичної бази, практичних навиків і представлення про сигнали та дані; основні операції із даними; поняття сигналу; математичні моделі; дискретизація та квантування сигналів; цифрові фільтри; ортогональні перетворення; цифрову обробку зображень.

Навчальна дисципліна «Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах» базується на використанні набутих результатів навчання під час вивчення компонент: «Вступ до фаху» та «Інформатика».

За результатами вивчення дисципліни студенти набувають компетентностей:

ІК. Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі телекомунікацій та радіотехніки, що характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

СК-1. Здатність розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства.

СК3. Здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.

СК4. Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.

СК16. Уявлення про сучасні електронні компоненти та технічні засоби електрозв'язку (побудова і функціонування мікропроцесорів, пристрої збереження та копіювання, документування інформації тощо).

А також програмні результати навчання:

РН1. Аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні спеціалізованих задач та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов.

РН2. Застосовувати результати особистого пошуку та аналізу інформації для розв'язання якісних і кількісних задач подібного характеру в інформаційно-комунікаційних мережах, телекомунікаційних і радіотехнічних системах.

РН6. Адаптуватись в умовах зміни технологій інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем.

РН7. Грамотно застосовувати термінологію галузі телекомунікацій та радіотехніки.

РН8. Описувати принципи та процедури, що використовуються в телекомунікаційних системах, інформаційно-телекомунікаційних мережах та радіотехніці.

ПЕРЕЛІК ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ

Тема 1. Інформація та інформаційні технології

1. Що з наведеного найточніше визначає інформацію?
 - а) Сукупність даних, що передаються електричними сигналами.
 - б) Дані, отримані з сенсорів.
 - в) Оброблені, інтерпретовані та структуровані дані, які набувають значення.
 - г) Будь-яка форма даних, що зберігається в комп'ютерній пам'яті.

2. Яким процесом визначається перетворення даних у інформацію?
 - а) Шифрування даних.
 - б) Обробка даних.
 - в) Компресія даних.
 - г) Зберігання даних.

3. Що означає цифровізація інформації?
 - а) Передача інформації за допомогою аналогових сигналів.
 - б) Збільшення обсягу даних за рахунок спрощення їхньої структури.
 - в) Генерація інформаційного шуму для захисту даних.
 - г) Перетворення інформації у форму, придатну для обробки електронними пристроями

4. Яке з наступних визначень найбільш точно описує дискретизацію сигналу?
 - а) Процес перетворення аналогового сигналу у дискретну послідовність числових значень за допомогою вибірки.
 - б) Процес фільтрації шумів із аналогового сигналу.
 - в) Процес посилення певних частотних компонентів сигналу.
 - г) Процес зменшення обсягу даних через стиснення.

5. Яке з наступних тверджень відповідає теоремі Найквіста-Шеннона?
 - а) Для точного відновлення аналогового сигналу частота дискретизації має бути щонайменше вдвічі вищою за максимальну частоту сигналу.
 - б) Дискретизація можлива лише при частотах, що менші за максимальну частоту сигналу.
 - в) Частота дискретизації не впливає на можливість точного відновлення сигналу.
 - г) Частота дискретизації має бути в п'ять разів більшою за середню частоту сигналу.

6. Що таке квантування у контексті цифрової обробки сигналів?
- Процес відновлення аналогового сигналу з дискретизованих даних.
 - Метод розкладання сигналу за його частотними компонентами.
 - Процес зменшення частоти сигналу перед обробкою.
 - Перетворення аналогових значень сигналу в обмежену кількість дискретних рівнів.
5. Яке з наступних тверджень є правильним щодо співвідношення сигнал/шум у цифрових системах обробки сигналів?
- Збільшення кількості біт квантування веде до зниження співвідношення сигнал/шум.
 - Зменшення рівня шуму не впливає на співвідношення сигнал/шум.
 - Підвищення співвідношення сигнал/шум сприяє покращенню якості відтворення сигналу.
 - Співвідношення сигнал/шум визначається лише апаратними характеристиками аналогово-цифрового перетворення.
6. Що таке кодування із надлишком у цифровій обробці сигналів?
- Зменшення частоти дискретизації нижче критичної.
 - Збільшення частоти дискретизації для підвищення точності відтворення сигналу.
 - Процес усунення високочастотного шуму через фільтрацію.
 - Застосування додаткового квантування для зменшення розміру даних.
7. Який із наступних методів кодування аналогового сигналу є стандартним у цифрових системах зв'язку?
- амплітудна модуляція.
 - імпульсно-кодова модуляція.
 - частотна модуляція.
 - фазова модуляція.
8. Який параметр визначає ступінь втрат інформації при квантуванні аналогового сигналу?
- Частота дискретизації.
 - Смуга пропускання фільтра.
 - Рівень шуму у вхідному сигналі.
 - Розрядність аналогово-цифрового перетворювача.

Таблиця правильних відповідей

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
в	б	г	а	а	г	в	б	б	г

Тема 2. Основні поняття про сигнали

Що таке сигнал?

- а) Фізична величина, що змінюється у часі та несе інформацію.
- б) Абстрактна математична функція без фізичного застосування.
- в) Сукупність цифрових даних для збереження в комп'ютері.
- г) Постійне значення, яке не змінюється у часі.

2. Як класифікують сигнали за часовими характеристиками?

- а) Аналогові та цифрові.
- б) Періодичні та аперіодичні.
- в) Енергійні та потужні.
- г) Вибіркові та повні.

3. Яка характеристика сигналу описує максимальне відхилення від нульового рівня?

- а) Частота.
- б) Фаза.
- в) Амплітуда.
- г) Часова затримка.

4. Що означає дискретизація сигналу?

- а) Перетворення аналогового сигналу на послідовність дискретних значень.
- б) Збільшення амплітуди сигналу за допомогою підсилювача.
- в) Фільтрацію високочастотних компонент сигналу.
- г) Стиснення сигналу з метою зменшення його розміру.

5. Що таке періодичний сигнал?

- а) Сигнал, що існує лише в окремих часових інтервалах.
- б) Сигнал із випадковими змінами значень.
- в) Сигнал, значення якого повторюються через постійні інтервали часу.
- г) Сигнал, що не містить ніякої регулярності.

6. Що таке цифровий сигнал?

- а) Сигнал, представлений як неперервна функція часу.
- б) Сигнал, який приймає значення з обмеженого набору дискретних рівнів.
- в) Сигнал, який складається лише з логічних "0" та "1".
- г) Сигнал без амплітудних змін.

7. Що таке аналоговий сигнал?

- а) Сигнал, що отримується шляхом дискретизації цифрованих даних.
- б) Сигнал, значення якого змінюються неперервно у часі і можуть приймати будь-які значення в заданому діапазоні.
- в) Сигнал, який може набувати лише кількох дискретних рівнів.
- г) Сигнал без частотної компоненти.

8. Що таке фаза сигналу?

- а) Величина, що визначає амплітуду сигналу.
- б) Величина, що визначає період сигналу.
- в) Величина, що визначає енергію сигналу.
- г) Величина, що характеризує зміщення сигналу в часі відносно опорного циклу.

9. Що таке частота сигналу?

- а) Кількість коливань сигналу, що відбуваються за одиницю часу.
- б) Середнє значення амплітуди сигналу за певний період.
- в) Максимальна амплітуда сигналу.
- г) Час, за який сигнал повторюється.

10. Що таке ширина смуги (bandwidth) сигналу?

- а) Часова тривалість сигналу.
- б) Різниця між максимальною та мінімальною амплітудою сигналу.
- в) Діапазон частот, в якому основна частина енергії сигналу сконцентрована.
- г) Кількість дискретних рівнів у цифровому сигналі.

Таблиця правильних відповідей

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
а	б	в	а	в	б	б	г	а	г

Тема 3. Основи цифрової обробки сигналів

1. Що таке цифрова обробка сигналів?

- а) Обробка аналогових сигналів за допомогою механічних засобів.
- б) Процес перетворення, аналізу та обробки сигналів з використанням числових методів та алгоритмів.
- в) Технологія передачі сигналів у вигляді електромагнітних хвиль.
- г) Процес послідовної акумуляції даних без їх подальшої обробки.

2. Який основний етап першого кроку для цифрової обробки сигналів?

- а) Фільтрація шумів.
- б) Дискретизація аналогового сигналу.

- в) Згортка сигналу з шаблоном.
- г) Інтерполяція цифрових даних.

2. Що передбачає теорема Найквіста у контексті дискретизації?

- а) Частота дискретизації має бути рівною максимальній частоті аналогового сигналу.
- б) Частота дискретизації не впливає на відновлення сигналу.
- в) Частота дискретизації повинна бути тавтологічною до періоду сигналу.
- г) Частота дискретизації має бути щонайменше вдвічі більшою за максимальну частоту аналогового сигналу.

3. Що таке квантування в цифровій обробці сигналів?

- а) Процес вибірки аналогового сигналу з певною частотою.
- б) Процес обробки сигналу шляхом застосування дискретних математичних операцій.
- в) Перетворення аналогових значень у набір дискретних рівнів із заданою розрядністю.
- г) Метод спектрального аналізу сигналу з використанням ШП.

5. Яке перетворення дозволяє перейти від часової області до частотної при аналізі сигналів?

- а) Фільтрація низьких частот.
- б) Ізоляція гармонік.
- в) Дискретне перетворення Фур'є (DFT).
- г) Квантування рівнів.

6. Яка роль віконної функції у спектральному аналізі сигналів?

- а) Зменшення спектрального витоку шляхом згладжування країв сигналу.
- б) Збільшення амплітуди основної гармоніки.
- в) Квантування значень сигналу.
- г) Зміна порядку дискретизації.

7. Що таке інтерполяція в цифровій обробці сигналів?

- а) Процес зменшення роздільної здатності сигналу.
- б) Процедура квантування аналогових значень.
- в) Процес відновлення або інтерполювання значень між дискретними вибірками сигналу.
- г) Фільтрація сигналу для видалення шуму.

8. Яке перетворення є базовим для аналізу частотного змісту дискретних сигналів?

- а) Лапласове перетворення.

- б) Інтерполяція.
- в) Гаусове згладжування.
- г) Дискретне перетворення Фур'є.

9. Що таке згортка сигналів?

- а) Операція, що дозволяє сумувати два сигнали шляхом поелементного додавання їх значень.
- б) Операція, що визначає відгук системи на заданий вхідний сигнал через обчислення інтегралу добутку сигналу на часово-зворотню копію іншого сигналу.
- в) Процес дискретизації аналогового сигналу.
- г) Метод квантування для зменшення похибки.

10. Що таке Z-перетворення?

- а) Метод переходу з часової області в частотну для неперервних сигналів.
- б) Трансформація, що описує дискретні сигнали у комплексній площині, корисна для аналізу стабільності дискретних систем.
- в) Алгоритм квантування аналогового сигналу.
- г) Метод інтерполяції для відновлення міжвибіркових значень.

Таблиця правильних відповідей

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
б	б	г	в	в	а	в	г	б	б

Тема 4. Цифрові пристрої перетворення

1. Що таке аналого-цифровий перетворювач?

- а) Пристрій, що перетворює цифрові дані в аналоговий сигнал.
- б) Пристрій, що перетворює аналоговий сигнал у дискретну цифрову форму.
- в) Пристрій для фільтрації шуму з аналогового сигналу.
- г) Пристрій для обробки цифрових сигналів за допомогою алгоритмів Фур'є.

2. Що таке цифро-аналоговий перетворювач?

- а) Пристрій, що перетворює аналоговий сигнал у цифрову форму.
- б) Пристрій, що зберігає цифрові дані для подальшого аналізу.
- в) Пристрій, що перетворює цифровий сигнал у аналоговий сигнал.
- г) Пристрій для послідовного квантування сигналу.

3. Що таке похибка квантування?
- а) Відхилення між аналоговим сигналом і його дискретним представленням через обмежену розрядність.
 - б) Втрата інформації під час передачі сигналу по кабелю.
 - в) Збільшення амплітуди сигналу внаслідок підсилення.
 - г) Затримка сигналу при дискретизації.
4. Який параметр описує точність аналого-цифрового перетворення, враховуючи вплив похибки квантування та інших факторів?
- а) Частота дискретизації.
 - б) Розрядність пристрою.
 - в) Рівень сигнал/шум.
 - г) Швидкість конверсії.
5. Що таке цифрові пристрої перетворення в контексті телекомунікаційних систем?
- а) Пристрої, що забезпечують безпосередню передачу даних по мережі.
 - б) Пристрої зберігання цифрових даних.
 - в) Пристрої для підсилення сигналу перед передачею.
 - г) Пристрої, які виконують перетворення сигналів між аналоговою та цифровою формою для подальшої обробки чи передачі.
6. У цифрово-аналогових перетворювачах для згладжування вихідного сигналу часто застосовують:
- а) Фільтрацію низьких частот.
 - б) Фільтрацію високих частот.
 - в) Квантування.
 - г) Дискретизацію.
7. Що означає термін «розрядність» пристрою перетворення?
- а) Максимальна частота, з якою може працювати пристрій.
 - б) Кількість біт, що визначає кількість рівнів квантування або точність аналогового відтворення.
 - в) Обсяг пам'яті пристрою.
 - г) Швидкість обробки цифрових даних.
8. Яка з наступних характеристик є ключовою для визначення швидкодії пристрою перетворення?
- а) Розрядність.
 - б) Частота дискретизації або оновлення.
 - в) Габаритні розміри пристрою.
 - г) Тип використовуваних компонентів.

9. Що з наведеного найточніше описує цифровий фільтр?
- Систему, що обробляє дискретні часові сигнали за допомогою арифметичних операцій.
 - Пристрій, який перетворює аналоговий сигнал у цифрову форму.
 - Елемент, що забезпечує амплітудну модуляцію сигналів.
 - Алгоритм для обчислення швидкого перетворення Фур'є.

10. Що визначає пропускну здатність цифрового фільтра?
- Різницю між верхньою та нижньою критичними частотами, у яких сигнал проходить з мінімальними втратами.
 - Максимальну амплітуду сигналу на виході фільтрації.
 - Обсяг обчислювальних ресурсів, необхідних для роботи фільтра.
 - Розрядність фільтра.

Таблиця правильних відповідей

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
б	в	а	в	г	а	б	б	а	а

Тема 5. Ортогональні тригонометричні перетворення

- Що таке ортогональне тригонометричне перетворення?
 - Метод розкладання сигналу за базисом поліноміальних функцій.
 - Процес представлення функції у вигляді суми ортогональних тригонометричних функцій.
 - Метод дискретизації аналогового сигналу.
 - Процес, що застосовується для видалення шуму із сигналу.
- Яка властивість є ключовою для базисних функцій, що використовуються в ортогональних тригонометричних перетвореннях?
 - Лінійна залежність між собою.
 - Неперервність для всіх значень аргументу.
 - Ортогональність, тобто внутрішній добуток між різними базисними функціями дорівнює нулю.
 - Рівномірна амплітуда.
- Яке з наступних перетворень є найчастіше використовуваним прикладом ортогонального тригонометричного перетворення у стисненні зображень?
 - Дискретне перетворення Фур'є.
 - Дискретне синусне перетворення.
 - Дискретне косинусне перетворення.
 - Вейвлет-перетворення.

4. Який з наступних методів використовується для отримання спектрального представлення сигналу з використанням ортогональних тригонометричних функцій?

- а) Дискретне перетворення Фур'є.
- б) Фільтрація низьких частот.
- в) Інтерполяція.
- г) Квантування.

5. Яке з наступних перетворень часто використовується у стисненні аудіо- та відеосигналів завдяки високій енергетичній концентрації в декількох коефіцієнтах?

- а) Дискретне синусне перетворення.
- б) Дискретне косинусне перетворення.
- в) Дискретне перетворення Фур'є.
- г) Вейвлет-перетворення.

6. Яка основна властивість ортогонального тригонометричного перетворення забезпечує можливість розрахунку коефіцієнтів за допомогою внутрішнього добутку вхідного сигналу з базисом?

- а) Лінійність.
- б) Рекурсивність.
- в) Ортогональність базису.
- г) Нестабільність.

7. Що таке розкладання сигналу за базовими функціями в контексті ортогональних перетворень?

- а) Представлення сигналу у вигляді суми незалежних компонент, де кожна компонента є проекцією на ортогональну базисну функцію.
- б) Аналіз сигналу шляхом розбиття його на частоти нижче критичної.
- в) Дискретизація аналогового сигналу з подальшим квантуванням.
- г) Пряме посилення сигналу для підвищення його яскравості.

8. Який із процесів перетворення дозволяє відновити початковий сигнал із його коефіцієнтів, розрахованих за допомогою ортогонального тригонометричного перетворення?

- а) Фільтрація сигналу.
- б) Квантування.
- в) Модуляція.
- г) Обернене тригонометричне перетворення.

9. Який принцип лежить в основі властивості суперпозиції для ортогональних тригонометричних перетворень?

- а) Обчислення коефіцієнта як добутку вхідного сигналу на відповідну базисну функцію.

- б) Сумування всіх гармонік без врахування їх фази.
- в) Відновлення сигналу шляхом інтегрування його амплітуд.
- г) Розбиття сигналу на незалежні частотні компоненти, що потім сумуються для відновлення початкової форми.

10. Яке з наведених застосувань демонструє використання ортогональних тригонометричних перетворень?

- а) Моделювання нелінійних систем управління.
- б) Стиснення зображень, зокрема у стандартах JPEG.
- в) Підсилення сигналів у передавачах.
- с) Розрахунок внутрішньої енергії механічних систем.

Таблиця правильних відповідей

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
б	в	в	а	б	в	а	г	а	б

Тема 6. Ортогональні несинусоїдальні перетворення

1. Що відрізняє ортогональні несинусоїдальні перетворення від синусоїдальних (наприклад, перетворення Фур'є)?

- а) Використання базисних функцій, відмінних від синусоїд та косинусоїд.
- б) Завжди вища обчислювальна складність.
- в) Неможливість застосування до дискретних сигналів.
- г) Базисні функції не є ортогональними.

2. Яке з перетворень є прикладом ортогонального несинусоїдального перетворення?

- а) Перетворення Фур'є.
- б) Z-перетворення.
- в) Перетворення Волша-Адамара.
- г) Перетворення Лапласа.

3. Де можуть застосовуватися ортогональні несинусоїдальні перетворення в телекомунікаційних системах?

- а) Стиснення даних.
- б) Шумозаглушення.
- в) Модуляція та множинний доступ.
- г) Фільтрація низьких частот.

4. Перетворення Хаара належить до класу ортогональних несинусоїдальних перетворень. Його базисні функції характеризуються:

- а) Неперервністю та гладкістю.

- б) Локалізацією як у часовій, так і в масштабній областях.
- в) Виключно глобальною підтримкою у часовій області.
- г) Синусоїдальною формою.

5. Ортогональні несинусоїдальні перетворення розкладають сигнал за базисом функцій, які, на відміну від синусоїдального базису, можуть бути:

- а) Тільки неперервними.
- б) Кусково-постійними або мати іншу несинусоїдальну форму.
- в) Виключно періодичними з гармонічними частотами.
- г) Неортогональними.

6. Яке перетворення часто використовується в алгоритмах стиснення зображень завдяки своїм властивостям?

- а) Перетворення Лапласа.
- б) Перетворення Хаара.
- в) Z-перетворення.
- г) Перетворення Мелліна.

7. Дискретне перетворення Хаара (ДПХ) часто використовується як основа для:

- а) Побудови синусоїдальних осциляторів.
- б) Частотної модуляції.
- в) Амплітудної демодуляції.
- г) Вейвлет-аналізу сигналів.

8. У контексті телекомунікацій перетворення Волша-Адамара може використовуватися в технологіях множинного доступу, таких як CDMA завдяки властивості:

- а) Створення ортогональних кодів для розділення користувачів.
- б) Виділення окремих частотних смуг для кожного користувача.
- в) Збільшення пікової потужності сигналу.
- г) Синхронізації передачі даних.

9. Яке з наступних перетворень розкладає сигнал на компоненти, що є комбінаціями масштабованих та зсунутих версій однієї базової функції (материнського вейвлету) та масштабувальної функції?

- а) Перетворення Фур'є.
- б) Перетворення Волша-Адамара.
- в) Вейвлет-перетворення.
- г) Дискретне косинусне перетворення.

10. Перетворення Хаара ефективно для аналізу сигналів з:

- а) Постійною амплітудою та частотою.
- б) Плавними змінами.

- в) Стрибкоподібними змінами та перехідними процесами.
- г) Виключно періодичною структурою.

Таблиця правильних відповідей

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
а	б	в	в	б	б	г	а	в	в

Тема 7. Представлення сигналів у часо-частотній області

1. Яка основна причина використання часо-частотних представлень сигналів у цифровій обробці сигналів?
 - а) Для спрощення обчислення перетворення Фур'є.
 - б) Для аналізу стаціонарних сигналів з постійним спектром.
 - в) Для аналізу нестаціонарних сигналів, частотний склад яких змінюється з часом.
 - г) Виключно для стиснення аудіоданих.
2. Який з методів часо-частотного аналізу передбачає розбиття сигналу на короткі сегменти та обчислення перетворення Фур'є для кожного сегмента?
 - а) Вейвлет-перетворення.
 - б) Розподіл Вігнера-Вілля.
 - в) Короткочасне перетворення Фур'є.
 - г) Гільбертове перетворення.
3. Вейвлет-перетворення забезпечує:
 - а) Високу роздільну здатність за частотою на високих частотах і низьку за часом.
 - б) Фіксовану роздільну здатність за часом та частотою.
 - в) Високу роздільну здатність за часом на високих частотах і високу за частотою на низьких частотах
 - г) Виключно представлення сигналу в частотній області.
4. Розподіл Вігнера-Вілля може бути корисним для аналізу сигналів, що містять:
 - а) Лише одну гармонічну складову.
 - б) Кілька одночасно існуючих гармонічних складових.
 - в) Виключно білий шум.
 - г) Сигнали з постійною фазою.
5. Яке перетворення є особливо корисним для аналізу сигналів з імпульсним характером або різкими змінами?
 - а) Перетворення Фур'є.

- б) Вейвлет-перетворення.
- в) Дискретне косинусне перетворення.
- г) Z-перетворення.

6. Спектрограма сигналу – це, по суті:
- а) Фазовий спектр сигналу.
 - б) Результат вейвлет-перетворення.
 - в) Амплітуда короткочасного перетворення Фур'є сигналу, відображена у часо-частотній площині.
 - г) Автокореляційна функція сигналу.

7. Яке з представлень забезпечує найвищу теоретичну роздільну здатність у часо-частотній площині, але його практичне використання може бути ускладнене через інтерференційні члени?

- а) Спектрограма.
- б) Вейвлет-спектрограма.
- в) Звичайний спектр потужності.
- г) Розподіл Вігнера-Вілля.

8. Якщо сигнал є стаціонарним, то його часо-частотне представлення буде:

- а) Зосереджено в одній точці на часо-частотній площині.
- б) Існувати лише вздовж осі частот, будучи незалежним від часу.
- в) Мати випадковий вигляд.
- г) Мати однаковий розподіл частот вздовж осі часу.

9. При виборі розміру вікна для вейвлет-перетворення існує компроміс між:

- а) Часовою та частотною роздільною здатністю.
- б) Амплітудою та фазою сигналу.
- в) Обчислювальною складністю та обсягом даних.
- г) Дійсною та уявною частинами сигналу.

10. Вейвлет-перетворення добре підходить для аналізу сигналів, що містять:

- а) Короткочасні сплески, перехідні процеси, зміни масштабу.
- б) Тривалі синусоїдальні сигнали з постійною частотою.
- в) Виключно постійну складову.
- г) Вузькосмуговий шум.

Таблиця правильних відповідей

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
в	в	в	б	б	в	г	г	а	а

Тема 8. Цифрова обробка зображень

1. Що являє собою цифрове зображення?
 - а) Неперервний аналоговий сигнал.
 - б) Графічне представлення математичної функції.
 - в) Послідовність аудіосемплів.
 - г) Матриця дискретних елементів, кожен з яких має певне значення яскравості або кольору.

2. Які основні етапи включає процес отримання цифрового зображення з реального світу?
 - а) Модуляція та демодуляція.
 - б) Дискретизація та квантування.
 - в) Фільтрація та посилення.
 - г) Стиснення та розпакування.

3. Основна мета стиснення зображень у телекомунікаційних системах це:
 - а) Зменшення обсягу даних для ефективної передачі та зберігання.
 - б) Покращення якості зображення.
 - в) Додавання спеціальних ефектів до зображення.
 - г) Перетворення зображення у звуковий формат.

4. Який метод обробки зображень спрямований на покращення візуального сприйняття або виділення певних деталей?
 - а) Стиснення зображень.
 - б) Реставрація зображень.
 - в) Покращення зображень.
 - г) Сегментація зображень.

5. Яке перетворення часто використовується в алгоритмах стиснення зображень з втратами (наприклад, JPEG) для переходу у частотну область?
 - а) Перетворення Фур'є.
 - б) Перетворення Хаара.
 - в) Z-перетворення.
 - б) Дискретне косинусне перетворення.

6. Операції просторової фільтрації (наприклад, згладжування, виділення контурів) застосовуються безпосередньо до:
 - а) Окремих пікселів та їх сусідів.
 - б) Спектру зображення.
 - в) Гістограми зображення.
 - г) Стисненого представлення зображення.

7. Гістограма зображення показує:

- а) Розподіл колірних компонентів у зображенні.
- б) Розмір зображення у пікселях.
- в) Кількість об'єктів на зображенні.
- г) Частоту появи кожного значення яскравості (або кольору) в зображенні.

8. Який тип стиснення зображень дозволяє повністю відновити оригінальне зображення без будь-яких втрат інформації?

- а) Стиснення з втратами.
- б) Стиснення без втрат.
- в) Гібридне стиснення.
- г) Жоден з перерахованих.

9. Виділення ознак у цифровій обробці зображень використовується для:

- а) Збільшення роздільної здатності зображення.
- б) Виявлення та опису характерних рис або структур на зображенні для подальшого аналізу або розпізнавання.
- в) Зменшення контрастності зображення.
- г) Додавання водяних знаків.

10. Який фільтр просторової обробки часто використовується для згладжування зображення та зменшення високочастотного шуму ціною невеликого розмиття?

- а) Фільтр Собеля.
- б) Медіанний фільтр.
- в) Фільтр Гауса.
- г) Фільтр Лапласа.

Таблиця правильних відповідей

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
г	б	а	в	г	а	г	б	б	в

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

Приклад реалізації аналого-цифрового перетворення на мові програмування Python

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

def signal_parameters(signal):
    """
    Обчислення основних параметрів сигналу:
    - Середнє значення
    - Стандартне відхилення
      - Максимальне значення
      - Мінімальне значення
    - Peak-to-Peak (розмах сигналу)
      - RMS (середньоквадратичне значення)
    """
    mean_val = np.mean(signal)
    std_val = np.std(signal)
    max_val = np.max(signal)
    min_val = np.min(signal)
    ptp_val = np.ptp(signal)
    rms_val = np.sqrt(np.mean(signal**2))
    return {
        "Середнє": mean_val,
        "Стандартне відхилення": std_val,
        "Максимум": max_val,
        "Мінімум": min_val,
        "Peak-to-Peak": ptp_val,
        "RMS": rms_val
    }

def quantize(signal, Vmin, Vmax, step):
    """
    Квантування сигналу:
    1. Спочатку обрізаються значення до діапазону [Vmin, Vmax]
    2. Кожне значення округлюється до найближчого з допустимих
    рівнів з кроком step.
    """
    signal_clipped = np.clip(signal, Vmin, Vmax)
    quantized = np.round((signal_clipped - Vmin) / step) * step + Vmin
    return quantized
```

Задання параметрів симуляції сигналу та аналого-цифрового перетворення

Тривалість сигналу, сек

T = 1.0

Частота дискретизації для моделювання аналогового сигналу

fs_cont = 10000

Частота дискретизації сигналу для АЦП

fs_adc = 1000

Розрядність АЦП (наприклад, 8 біт → 256 рівнів)

adc_bits = 8

Часові вектори для аналогового сигналу та для вибірок

t_cont = np.linspace(0, T, int(fs_cont * T), endpoint=False)

Часовий вектор

t_adc = np.linspace(0, T, int(fs_adc * T), endpoint=False) *# Часовий вектор для дискретизації (АЦП)*

Генерація синусоїдального сигналу

Частота сигналу, Гц

f_signal = 50

Формування аналогового сигналу

analog_signal = np.sin(2 * np.pi * f_signal * t_cont)

Дискретизований сигнал

sampled_signal = np.sin(2 * np.pi * f_signal * t_adc)

Квантування сигналу

Нехай вхідний сигнал знаходиться в діапазоні від -1 до +1.

Vmin = -1.0

Vmax = 1.0

```

# Кількість рівнів квантування

levels = 2 ** adc_bits

# Крок квантування

quant_step = (Vmax - Vmin) / (levels - 1)

quantized_signal = quantize(sampled_signal, Vmin, Vmax, quant_step)

# Обчислення параметрів сигналу

analog_params = signal_parameters(analog_signal)
sampled_params = signal_parameters(sampled_signal)
quantized_params = signal_parameters(quantized_signal)

# Побудова графіків
# Для аналогового сигналу

plt.figure()
plt.plot(t_cont, analog_signal, label="Аналоговий сигнал", color='blue',
alpha=0.7)
plt.xlabel("Час [с]")
plt.ylabel("Амплітуда")
plt.title("Аналоговий сигнал (синусоїда)")
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.tight_layout()

# Сигнал після дискретизації

plt.figure()
plt.stem(t_adc, sampled_signal, linefmt='g-', markerfmt='go', basefmt=" ",
label="Сигнал після вибірки")
plt.xlabel("Час [с]")
plt.ylabel("Амплітуда")
plt.title("Сигнал після вибірки")
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.tight_layout()

```


Побудова квантованого сигналу

```
plt.figure()
plt.stem(t_adc, quantized_signal, linefmt='r-', markerfmt='ro', basefmt="
", label="Квантований сигнал")
plt.xlabel("Час [с]")
plt.ylabel("Амплітуда")
plt.title("Квантований сигнал")
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.tight_layout()
```

Виведення графіків

```
plt.show()
```

Виведення параметрів сигналів у консоль

```
def print_params(title, params):
    print(f"\nПараметри {title}:")
    for key, value in params.items():
        print(f" {key}: {value:.4f}")
    print_params("аналогу", analog_params)
    print_params("сигналу після вибірки", sampled_params)
    print_params("квантованого сигналу", quantized_params)
```

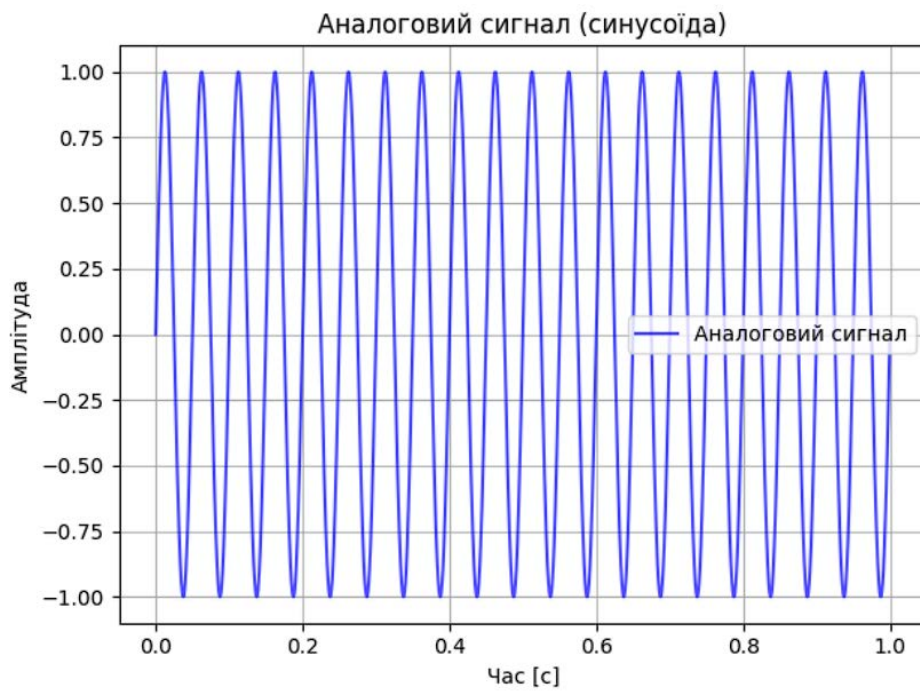
Приклад роботи програми наведено на рис. 1 та рис. 2.

```
Параметри аналогу:
Середнє: -0.0000
Стандартне відхилення: 0.7071
Максимум: 1.0000
Мінімум: -1.0000
Peak to Peak: 2.0000
RMS: 0.7071

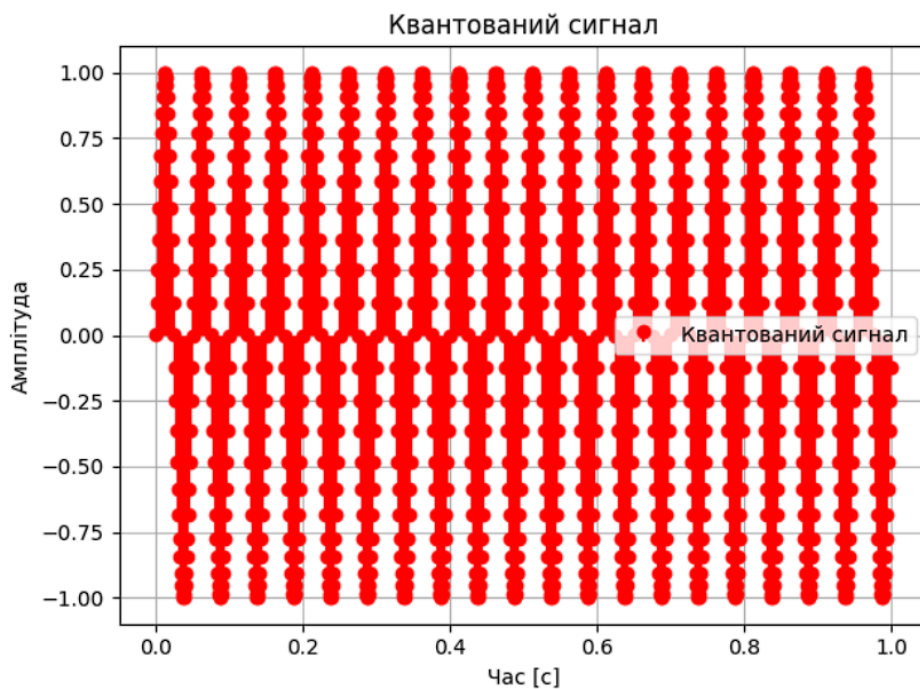
Параметри сигналу після вибірки:
Середнє: 0.0000
Стандартне відхилення: 0.7071
Максимум: 0.9980
Мінімум: -0.9980
Peak to Peak: 1.9961
RMS: 0.7071

Параметри квантованого сигналу:
Середнє: -0.0000
Стандартне відхилення: 0.7076
Максимум: 1.0000
Мінімум: -1.0000
Peak to Peak: 2.0000
RMS: 0.7076
```

Рисунок 1 – Параметри цифрової обробки сигналу



а



б

Рисунок 2 – Синусоїдальний первинний сигнал (а) та квантований (б)

Приклад реалізації спектрального аналізу та визначення параметрів сигналу на мові програмування Python.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
def signal_parameters(signal):
    """
```

Обчислення основних параметрів сигналу:

- середнє значення,
 - дисперсія,
 - стандартне відхилення,
 - середньоквадратичне значення (RMS),
 - максимальне та мінімальне значення,
 - пікове значення.
- """

```
mean_val = np.mean(signal)
var_val = np.var(signal)
std_val = np.std(signal)
rms_val = np.sqrt(np.mean(signal**2))
max_val = np.max(signal)
min_val = np.min(signal)
ptp_val = np.ptp(signal)
```

Формування змінних відповідно до параметрів

```
parameters = {
    'Середнє значення': mean_val,
    'Дисперсія': var_val,
    'Стандартне відхилення': std_val,
    'RMS (середньоквадратичне значення)': rms_val,
    'Максимальне значення': max_val,
    'Мінімальне значення': min_val,
    'Peak-to-Peak': ptp_val
}
return parameters
```

```
defft_analysis(signal, fs):
    """
```

Проведення спектрального аналізу сигналу за допомогою швидкого перетворення Фурє.

Задання векторів частот та відповідної амплітудної спектральної характеристики.

```
    """
    N = len(signal)
    fft_vals = np.fft.fft(signal) / N # нормалізація за кількістю точок
    freq = np.fft.fftfreq(N, d=1/fs)  # вектор частот
```

Залишення позитивних частот для зручного аналізу

```
mask = freq >= 0
return freq[mask], np.abs(fft_vals[mask])
```

```

if __name__ == "__main__":

    # Налаштування параметрів сигналу
    # Частота дискретизації [Гц]

    fs = 1000

    # Тривалість сигналу [с]

    T = 1

    # Часовий вектор

    t = np.linspace(0, T, int(fs*T), endpoint=False)

    # Основна частота синусоїди [Гц]

    f_signal = 50

    # Генерація чистої синусоїди

    pure_signal = np.sin(2 * np.pi * f_signal * t)

    # Додавання гауссівського шуму до сигналу

    noise_level = 0.3
    noise = noise_level * np.random.randn(len(t))
    signal = pure_signal + noise

    # Обчислення основних параметрів сигналу

    params = signal_parameters(signal)
    print("Основні параметри сигналу:")
    for key, value in params.items():
        print(f"{key}: {value:.4f}")

    # Спектральний аналіз сигналу

    freq, fft_magnitude = fft_analysis(signal, fs)

    # Побудова графіків

    plt.figure(figsize=(12, 5))

```

Графік часової області

```
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(t, signal, label="Сигнал")
plt.title("Часова область")
plt.xlabel("Час [с]")
plt.ylabel("Амплітуда")
plt.legend()
```

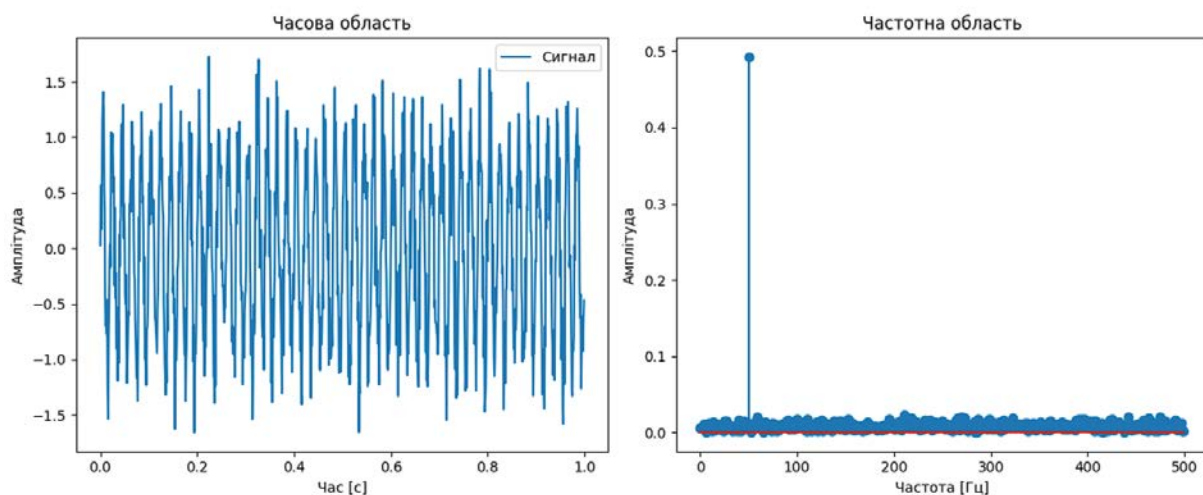
Графік частотної області

```
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.stem(freq, fft_magnitude, use_line_collection=True)
plt.title("Частотна область")
plt.xlabel("Частота [Гц]")
plt.ylabel("Амплітуда")
plt.tight_layout()
plt.show()
```

Приклад роботи програми наведено на рис. 3

```
Основні параметри сигналу:
Середнє значення: -0.0094
Дисперсія: 0.5655
Стандартне відхилення: 0.7520
RMS (середньоквадратичне значення): 0.7520
Максимальне значення: 1.6662
Мінімальне значення: -1.8009
Peak-to-Peak: 3.4671
```

а



б

Рисунок 3 – Основні параметри сигналу (а) та результат спектрального аналізу (б)

Приклад реалізації вейвлет-аналізу зображення на мові програмування Python.

Для роботи програми необхідно виконати додаткові команди:

Встановлення модуля для вейвлет-аналізу

```
!pipinstallpywavelets
```

Завантаження файлу зображення в директорію Colab

```
fromgoogle.colabimport files  
uploaded = files.upload()
```

Текст програми.

```
importnumpy as np  
importpywt  
importmatplotlib.pyplot as plt  
fromskimage import io, color, img_as_float
```

```
defread_image(filename):
```

```
    """
```

Зчитування зображення з файлу та перетворення у вигляд відтінків сірого (uintfloat).

Якщо зображення кольорове, конвертує його в відтінки сірого.

```
    """
```

```
    try:
```

```
        img = io.imread(filename)
```

```
    except Exception as e:
```

```
        print(f"Помилкапризчитуванніфайлу '{filename}': {e}")
```

```
        returnNone
```

Перетворення зображення у вид із змінною крапкою [0, 1]

```
    img = img_as_float(img)
```

Якщо зображення має три канали, тоді також конвертуємо його

```
    ifimg.ndim == 3:
```

```
        img = color.rgb2gray(img)
```

```
    returnimg
```

```
defperform_wavelet_transform(img, wavelet='db2', level=2):
```

```
    """
```

Виконання дискретного вейвлет-перетворення зображення.

coeffs: список коефіцієнтів:

deccoeffs[0] – апроксимаційні коефіцієнти (низькочастотна компонента),

coeffs[i] (i>=1) – набір детальних коефіцієнтів (горизонтальні, вертикальні, діагональні) для відповідного рівня.

"""

```
coeffs = pywt.wavedec2(img, wavelet=wavelet, level=level)
return coeffs
```

```
def plot_wavelet_coeffs(coeffs, level=2):
```

"""

Відображення отриманих коефіцієнтів вейвлет-перетворення.

Перший рядок містить апроксимаційні коефіцієнти, а кожен наступний рядок – детальні коефіцієнти для певного рівня:

- горизонтальні;

- вертикальні;

- діагональні.

"""

1 рядок для апроксимації та по одному для кожного рівня деталей

```
rows = level + 1
```

Для деталей: горизонтальні, вертикальні, діагональні

```
cols = 3
```

```
fig, axes = plt.subplots(rows, cols, figsize=(12, 4 * rows))
```

Перший рядок: апроксимаційні коефіцієнти (відображаємо лише в першій колонці)

```
axes[0, 0].imshow(coeffs[0], cmap='gray')
```

```
axes[0, 0].set_title("Апроксимація")
```

```
axes[0, 1].axis('off')
```

```
axes[0, 2].axis('off')
```

```
axes[0, 0].axis('off')
```

Кожен наступний рядок описує детальні коефіцієнти для кожного рівня

```
for i in range(1, rows):
```

```
    cH, cV, cD = coeffs[i]
```

```
    axes[i, 0].imshow(cH, cmap='gray')
```

```
    axes[i, 0].set_title(f"Рівень {i}\nГоризонтальні")
```

```

axes[i, 1].imshow(cV, cmap='gray')
axes[i, 1].set_title(f"Рівень {i}\nВертикальні")
axes[i, 2].imshow(cD, cmap='gray')
axes[i, 2].set_title(f"Рівень {i}\nДіагональні")
for j in range(3):
    axes[i, j].axis('off')

plt.tight_layout()
plt.show()

def main():

    # Встановлюємо шлях до зображення

    filename = "1234.jpg"

    # Зчитування зображення з диску

    img = read_image(filename)
    if img is None:
        print("Зображення не було зчитано. Перевірте шлях до файлу.")
        return

    print("Розміри зображення:", img.shape)

    # Виконуємо вейвлет-перетворення зображення

    coeffs = perform_wavelet_transform(img, wavelet='db2', level=2)

    # Відображаємо отримані коефіцієнти

    plot_wavelet_coeffs(coeffs, level=2)

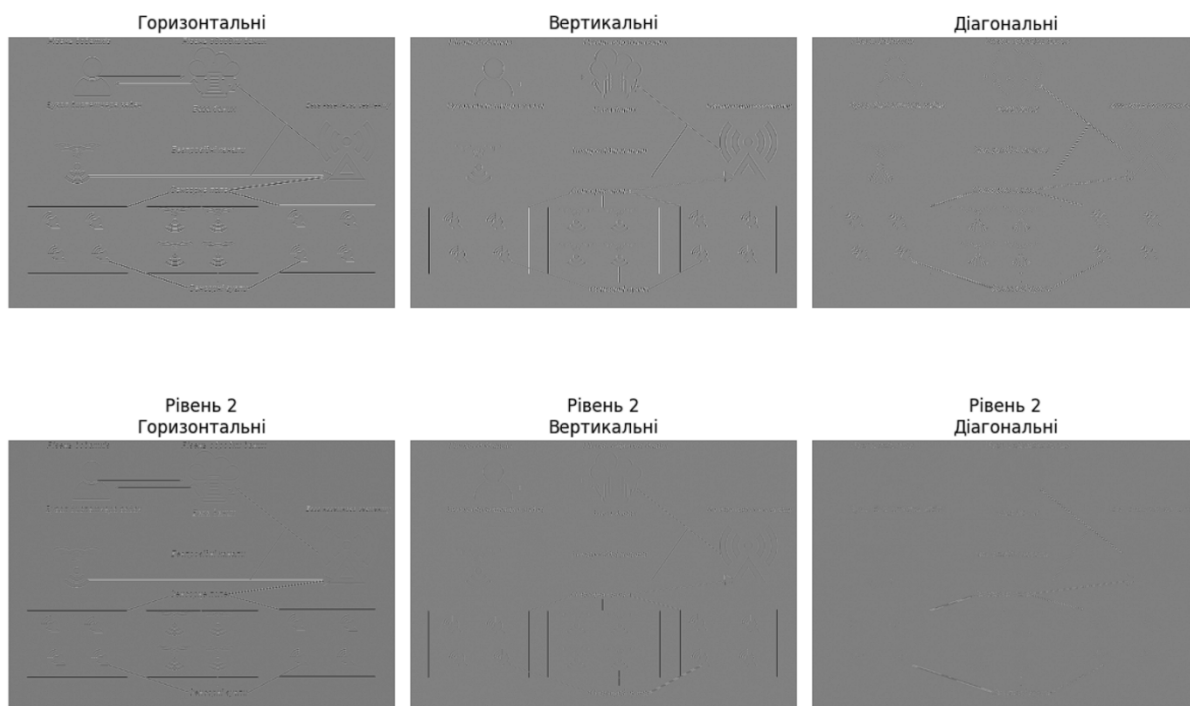
if __name__ == "__main__":
    main()

```

Результати вейвлет-аналізу зображення наведено на рис. 4.



а



б

Рисунок 4 – Оригінальне зображення (а) та його вейвлет-аналіз (б)

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗАЛІКУ

1. Що таке обробка сигналів.
2. Дайте порівняльну характеристику сигнал і шум.
3. В чому полягає суть математичного опису сигналів. Навести приклади.
4. Що таке область визначення сигналів. Навести приклади.
5. Математична модель. Переваги та недоліки.
6. Порівняйте аналоговий та цифровий сигнали.
7. Дайте порівняльну характеристику із нескінченною та скінченною енергією.
8. Методи оцінки шумів.
9. Охарактеризуйте поняття сигналу.
10. Дайте порівняльну характеристику сигнал і завада.
11. Що таке розмірність сигналів та навіщо вона потрібна.
12. Порівняльна характеристика детермінованих та випадкових сигналів.
13. Які бувають сигнали.
14. Математична модель сигналу. Навести приклади.
15. Дайте повну характеристику аналізу сигналів.
16. Методи оцінки завад.
17. Теорема Котельникова-Шеннона. Практичне значення.
18. Дайте порівняльну характеристику аналоговому та дискретному сигналам.
19. Z – перетворення. Особливості використання.
20. Дайте порівняльну характеристику цифровому та дискретному сигналам.
21. Дайте порівняльну характеристику аналоговому та цифровому сигналам.
22. Функції та особливості $\sin x/x$.
23. Перетворення сигналу із аналогового у цифровий.
24. Перетворення Фур'є. Переваги та недоліки.
25. Перетворення сигналу із цифрового у аналоговий.
26. Перетворення Фур'є для дискретної послідовності. Переваги та недоліки.
27. Охарактеризуйте поняття «спектр».
28. Аналогові фільтри. Переваги та недоліки.
29. Графічне відображення сигналів. Наведіть приклади.
30. Фільтр з кінцевою імпульсною характеристикою. Переваги та недоліки.
31. Цифрова обробка сигналів. Повна відповідь.
32. Фільтри з нескінченною імпульсною характеристикою.

Студенти денної та заочної форми навчання, за рішенням кафедри, можуть готувати окремі науково-дослідні роботи за індивідуальними темами у вигляді рефератів з окремих тем курсу або підготовка доповіді на щорічну науково-теоретичну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ в рамках СРС та практичних занять за наступними темами. Нижче наведено перелік індивідуальних дослідницьких завдань для студентів, що охоплюють основні аспекти цифрової обробки сигналів у телекомунікаційних системах. Кожне завдання розроблене таким чином, щоб сприяти глибокому розумінню теоретичних засад, а також практичним навичкам моделювання, симуляції та оптимізації сучасних алгоритмів і систем.

1. Дослідження алгоритмів швидкого перетворення Фур'є.

Необхідно вивчити математичну базу швидкого перетворення Фур'є, дослідити різні алгоритмічні варіанти перетворення та оцінити їхню обчислювальну складність і точність. Порівняти швидке перетворення з прямим дискретним перетворенням Фур'є, оптимізацію реалізації для реальних телекомунікаційних сценаріїв (наприклад, спектральний аналіз сигналів) та розробку програмного прототипу в середовищі MATLAB або Python.

2. Просектування цифрових фільтрів.

Завдання зорієнтоване на практичне опанування методів розробки цифрових фільтрів. Необхідно дослідити особливості фільтрів з кінцевою імпульсною характеристикою і з рекурсивною структурою: їх стабільність, фазові характеристики та частотну роздільну здатність. Реалізація фільтрів із симуляцією та порівняльним аналізом результатів допоможе глибше зрозуміти, як ці елементи впливають на якість обробки сигналів.

3. Методи корекції помилок у телекомунікаційних системах.

Необхідно дослідити алгоритми виявлення та виправлення помилок, включаючи блокове кодування (наприклад, коди Ріда-Соломона), конволюційні коди та сучасні LDPC-коди. Потрібно розробити симуляційну модель, що демонструє роботу обраного алгоритму у різних умовах каналу зв'язку, а також провести аналіз ефективності та впливу даної обробки на стабільність передачі даних.

4. Аналіз та моделювання систем модуляції сигналів.

Необхідно дослідити різноманітні методи цифрової модуляції (наприклад, PSK, QAM, OFDM) з метою визначення оптимальних підходів для різних видів телекомунікаційних каналів. Завдання включає моделювання системи модуляції з подальшим аналізом спектральних характеристик, визначення умов роботи в умовах шуму й інтерференції та оцінку ефективності кожного методу.

5. Дослідження алгоритмів адаптивної фільтрації.

Завдання зосереджене на алгоритмах адаптивної фільтрації, таких як метод найменших середніх квадратів (LMS) та рекурсивний найменший квадрат (RLS). Необхідно дослідити механізми адаптації фільтра до змінних умов каналу, провести симуляції для порівняння ефективності алгоритмів у пригніченні шуму й виділенні корисного сигналу та запропонувати методи оптимізації для реальних додатків.

6. Обробка сигналів у безпроводних мережах.

Дослідження охоплює обробку сигналів у сучасних мобільних та безпроводних мережах. Необхідно проаналізувати вплив багатопробеневого розсіювання, інтерференції та інших каналних завад, а також дослідити алгоритми компенсації цих ефектів. Практична частина може бути реалізована через симуляційне середовище із використанням MATLAB або Python.

7. Застосування нейронних мереж у цифровій обробці сигналів.

Необхідно дослідити інтеграцію методів нейронних мереж у класичні алгоритми цифрової обробки сигналів з метою підвищення їх ефективності. Завдання включає розробку прототипу, що реалізує класифікацію або відновлення сигналів із застосуванням методів машинного навчання, порівняння результатів із традиційними методами та оцінку можливостей оптимізації роботи телекомунікаційної системи.

8. Симуляція цифрових комунікаційних систем.

Завдання полягає у створенні інтегрованої симуляційної моделі цифрової системи зв'язку, що складається з окремих модулів обробки сигналу: модуляції, фільтрації, кодування та декодування. Необхідно змодельовати роботу всієї системи, дослідити взаємозв'язок між окремими модулями, провести аналіз параметрів системи та запропонувати шляхи оптимізації на основі змінних умов каналу.

9. Інтеграція методів обробки сигналів для покращення ефективності передачі.

Це завдання орієнтоване на комплексне застосування методів цифрової обробки сигналів у рамках одного проєкту. Необхідно провести аналіз, як комбінування методів модуляції, корекції помилок та адаптивної фільтрації може забезпечити надійнішу і ефективнішу передачу даних в умовах реального каналу зв'язку. Метою є розробка концепту інтегрованої системи, що оптимізує ці процеси.

10. Оптимізація алгоритмів цифрової обробки з використанням сучасних апаратних засобів.

Завдання полягає у вивченні можливостей прискорення обчислень класичних алгоритмів DSP із застосуванням апаратних засобів, таких як FPGA або GPU. Необхідно розробити прототип оптимізованої реалізації, провести тестування під різними навантаженнями, проаналізувати час виконання алгоритмів і запропоновувати рекомендації щодо їх впровадження у реальних телекомунікаційних системах.

11. Вейвлет-аналіз сигналів в телекомунікаційних системах.

Необхідно провести аналіз застосування вейвлет-перетворень у стисненні сигналів. Реалізувати методи денойзінгу аудіо- або відеосигналів за допомогою вейвлетів. Визначити переваги та недоліки вейвлет-фільтрації порівняно з традиційними методами.

12. Дослідження алгоритмів спектрального аналізу сигналів.

Виконати дослідження ефективності різних варіантів перетворення Фур'є. Застосувати спектральний аналіз для виявлення частотних складових у шумових сигналах. Дослідити особливості періодичних та випадкових сигналів у спектральному аналізі.

13. Використання нейронних мереж для обробки цифрових сигналів.

Необхідно провести дослідження можливості застосування нейромереж у задачах класифікації сигналів. Реалізувати базову модель згорткової нейронної мережі для аналізу аудіосигналів. Визначити переваги нейромережових методів порівняно з традиційними алгоритмами цифрової обробки сигналів.

14. Аналіз методів стискання аудіо- та відеосигналів.

Необхідно порівняти ефективність алгоритмів MP3, AAC, FLAC для стиснення аудіо. Дослідити принципи стиснення відеосигналів (H.264, H.265). Проаналізувати вплив стиснення на якість передачі сигналу в телекомунікаціях.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бортник Г. Г. Кичак В. М. Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах : підручник. Вінниця : ВНТУ, 2014. 232 с.
2. Наконечний А. Й., Наконечний Р. А., Павлиш В. А. Цифрова обробка сигналів : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2010. 368 с.
3. Творошенко І. С. Конспект лекцій з дисципліни «Цифрова обробка зображень» для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму 6.080101 – Геодезія, картографія та землеустрій / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 75 с.
4. Цифрова обробка аудіо- та відеоінформації у мультимедійних системах : навч. посіб. / О.В. Дробик, В.В. Кідалов, В.В. Коваль, Б.Я. Костік, В.С. Лазебний, Г.М. Розорінов, Г.О. Сукач. Київ : Наукова думка, 2008. 144 с.
5. Цифрова обробка сигналів : лабораторний практикум для студ. спец. 6.092502 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва» / уклад. С. В. Заболотній. Черкаси : ЧНУ, 2007. 97 с.
6. Цифрова обробка сигналів : метод. вказівки до лабораторних робіт / О. В. Ошаровська, С. С. Устінов, О. Ф. Мазуркевич, Н. О. Патлаєнко. Одеса : ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2015. 74 с.

Електронне навчальне видання

Дмитро Валерійович Михалевський

**Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з
дисципліни «Цифрова обробка сигналів в
телекомунікаційних системах» зі спеціальності
«Електроніка, електронні комунікації, приладобудування
та радіотехніка» (освітня програма «Програмне
забезпечення телекомунікаційних систем»)**

Рукопис оформив Д. Михалевський

Редактор Н. Кравчук

Оригінал-макет виготовлено РВВ ВНТУ

Підписано до видання 10.08.2026 р.

Гарнітура TimesNewRoman.

Зам. № P2026-112

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,

Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

Email: rvv.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК No 3516 від 01.07.2009 р.