

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет «Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації»

Кафедра «Медіаінженерія та інформаційні радіоелектронні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету ІРТЗІ

 Сакало С.М.
(підпис, прізвище, ініціали)

«02» 09 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методи обробки звукової інформації

(шифр і назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти магістерський

(бакалаврський, магістерський, освітньо-науковий)

спеціальність 172 – Електронні комунікації та радіотехніка

(код і повна назва спеціальності)

ОПП Медіаінженерія

(повна назва освітньої програми)

Харків – 2024 р.

Розробник:  С.О. Шейко, професор каф. МІРЕС, к.т.н., доцент

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри Медіаінженерія та інформаційні радіоелектронні системи.

Протокол від 29.08.2024 р. № 1

Завідувач кафедри МІРЕС


(підпис)

В.М. Карташов
(ініціали, прізвище)

29.08.2024 р.

Керівник проектної групи:


(підпис)

В.М. Безрук
(ініціали, прізвище)

Схвалено методичною комісією факультету Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації.

Протокол від 02____09____2024 р. № 1

Голова методичної комісії


(підпис)

О.О. Іванова
(ініціали, прізвище)

1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС 5	Обов'язкові	
Змістових модулів 2	Рік підготовки:	
	1-й	-
Загальна кількість годин 150	Семестр	
	2-й	-
	Кількість годин	
	150	-
	Аудиторні: 1) лекції, год	
	26	-
Мова навчання Українська	2) практичні, год	
	8	-
	3) лабораторні, год	
	16	-
	4) консультації, год	
	10	-
	5) Самостійна робота, год	
	90	-
	Вид контролю: залік	
	6) Курсова робота	
	2КР	-

2 МЕТА ДИСЦИПЛІНИ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ З ЇЇ НАВЧАННЯ

2.1 Мета та завдання дисципліни

Метою вивчення дисципліни «Методи обробки звукової інформації» є формування у здобувачів знань, умінь і практичних навичок з аналізу, синтезу та цифрової обробки звукових сигналів різної природи (мовних, музичних, шумових) з використанням сучасних методів спектрального, кепстрального та статистичного аналізу, а також набуття компетентностей у застосуванні інженерних підходів до моделювання, фільтрації та параметричної обробки звуку в медіатехнологіях.

Завдання дисципліни.

У процесі вивчення дисципліни здобувач має:

(Модуль 1. Аналіз і синтез звукових сигналів)

- ознайомитися з фізичними, психоакустичними та інформаційними характеристиками мовних і музичних сигналів;
- опанувати методи спектрально-часового, статистичного та кепстрального аналізу звукових сигналів;
- навчитися виділяти параметри, що описують структуру та динаміку мовних сигналів;
- засвоїти основні принципи формантного аналізу та синтезу мовлення;
- опанувати базові методи синтезу музичних сигналів, включно з адитивним, субтрактивним та FM-синтезом.

(Модуль 2. Оцінка параметрів та обробка звукових сигналів)

- навчитися методам оцінювання частоти основного тону та інших параметрів звукових сигналів;
- отримати практичні навички управління рівнем сигналу, нормалізації, компресії та лімітування;
- вивчити принципи моделювання реверберації та ефектів, що базуються на затримці сигналу (delay, chorus, flanger, vibrato);
- ознайомитися з методами цифрового еквалізування та параметричного коригування спектра;
- зрозуміти принципи побудови систем автоматичного розпізнавання мовлення та оцінювання їхньої ефективності.

2.2 Результати навчання

P1. Впорядковувати набуті знання для постановки та вирішення інженерних і наукових завдань, вибору й використання відповідних аналітичних методів розрахунку.

→ реалізується через виконання спектрального, статистичного й кепстрального аналізу звукових сигналів, моделювання процесів синтезу та обробки.

P4. Вибирати оптимальні методи досліджень, модифікувати, адаптувати й розробляти нові методики обробки результатів.

→ проявляється у виборі алгоритмів оцінювання основного тону, моделюванні реверберації, еквалізації та затримки сигналу.

P5. Застосовувати методи проектування та моделювання для реалізації інженерних рішень у телекомунікаційних і мультимедійних системах.

→ реалізується у створенні моделей фільтрів, еквалайзерів, ревербераційних систем і синтезаторів у середовищі DAW (Ableton Live тощо).

P7. Досліджувати процеси в телекомунікаційних та мультимедійних системах із застосуванням засобів автоматизації інженерних розрахунків і планування експериментів.

→ виконується під час лабораторних і практичних занять, що передбачають аналіз звукових сигналів засобами MATLAB, Max for Live чи аналогічних систем.

P8. Аргументувати та захищати розроблені інженерні рішення, вести професійну дискусію щодо методів аналізу й синтезу звуку.

→ досягається в процесі презентації результатів лабораторних робіт і підготовки звітів з аналітичним обґрунтуванням вибраних методів.

P10. Оцінювати якість виробництва із застосуванням сучасних методів контролю, проводити тестування та експертизу пристроїв і систем.

→ реалізується під час аналізу якісних характеристик сигналів (спектр, гармонійні спотворення, співвідношення сигнал/шум) та при оцінці ефективності методів фільтрації.

P11. Узагальнювати сучасні наукові знання й застосовувати їх для розв'язання науково-технічних завдань, оцінювати конкурентоспроможність розробок.

→ реалізується через дослідження сучасних методів синтезу (формантний, FM, гранулярний тощо) і їх порівняння за якістю звуку та обчислювальною ефективністю.

P12. Використовувати сучасні інформаційні технології та методи підвищення ефективності розробок у галузі мультимедіа.

→ проявляється у застосуванні цифрових інструментів (DAW, плагінів, скриптів, DSP-моделей) для створення і обробки аудіоконтенту.

P17. Проводити інформаційний та науковий пошук, критично осмислювати результати, робити висновки й формувати напрями подальших досліджень.

→ формується через виконання аналітичних і дослідницьких завдань, написання індивідуальних звітів і порівняння результатів аналізу звукових сигналів.

2.3 Перелік компетентностей

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК 1. здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- ЗК 2. здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- ЗК 3. здатність застосовувати знання для розв'язування спеціалізованих задач і практичних проблем із використанням сучасних інформаційно-комунікаційних технологій та технічних термінів;
- ЗК 4. здатність до подальшого навчання з високим рівнем автономності;
- ЗК 5. здатність доносити до фахівців і нефахівців інформацію, ідеї, проблеми, рішення та власний досвід у галузі професійної діяльності;
- ЗК 6. здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;
- ЗК 9. здатність ефективно формувати комунікаційну стратегію;
- ЗК 11. здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Фахові компетентності спеціальності (ФК):

- ФК 1. здатність застосовувати теорії та методи фундаментальних і прикладних наук для розв'язання спеціалізованих задач у професійній діяльності;
- ФК 3. здатність застосовувати знання в галузі інформатики, сучасних інформаційних технологій, обчислювальної та мікропроцесорної техніки, програмування для обробки звукових сигналів;
- ФК 5. здатність проводити проектування та розрахунки пристроїв і систем у галузі телекомунікацій, радіомовлення та мультимедіа з використанням засобів автоматизації проектування;

- ФК 6. здатність моделювати та проектувати нові (або модернізувати існуючі) пристрої, елементи й модулі телекомунікаційних і радіотехнічних систем, у тому числі звукових;
- ФК 10. здатність проводити випробування та інсталяцію пристроїв, систем і моделей телекомунікаційних та мультимедійних засобів відповідно до технічних регламентів;
- ФК 11. здатність діагностувати та досліджувати стан об'єктів, обладнання, модулів та елементів інформаційних і медіасистем;
- ФК 13. здатність вибирати методи та засоби вимірювання параметрів і характеристик пристроїв та систем, зокрема звукових;
- ФК 15. здатність ініціювати ідеї та пропозиції щодо підвищення ефективності інженерної й виробничої діяльності.

2.4 Передумови вивчення дисципліни

Раніше мають бути вивчені дисципліни: «Акустика та акустичні пристрої», «Сигнали та процеси в радіотехніці», «Цифрова обробка сигналів». Забезпечуються фаховим вступним випробуванням.

3 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Аналіз і синтез звукових сигналів

- Тема 1. Мовний сигнал та його характеристики
- Тема 2. Спектрально-часовий аналіз звукових сигналів
- Тема 3. Статистичний аналіз звукових сигналів
- Тема 4. Кепстральний аналіз звукових сигналів
- Тема 5. Методи синтезу звукових сигналів
- Тема 6. Формантний аналіз та синтез звукових сигналів
- Тема 7. Методи синтезу музичних сигналів

Змістовий модуль 2. Оцінка параметрів та обробка звукових сигналів

- Тема 8. Оцінювання частоти основного тону
- Тема 9. Управління рівнем сигналу
- Тема 10. Моделювання реверберації
- Тема 11. Ефекти, що ґрунтуються на затримці сигналів, та ефект «вібрато»
- Тема 12. Моделювання еквайзерів
- Тема 13. Системи автоматичного розпізнавання мовлення

4 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усьо- го	у тому числі				
лк		пз	лб	конс	ср	
Змістовий модуль 1. Аналіз і синтез звукових сигналів						
Тема 1. Мовний сигнал та його характерис- тики	12	2			2	6
Тема 2. Спектрально-часовий аналіз звукових сигналів	10	2	2			6
Тема 3. Статистичний аналіз звукових сигна- лів	10	2	2			6
Тема 4. Кепстральний аналіз звукових сигна- лів	12	2			2	6
Тема 5. Методи синтезу звукових сигналів	12	2		4		6
Тема 6. Формантний аналіз та синтез звуко- вих сигналів	12	2			2	6
Тема 7. Методи синтезу музичних сигналів	8	2				6
Разом за змістовий модуль 1	70	14	4	4	6	42
Змістовий модуль 2. Оцінка параметрів та обробка звукових сигналів						
Тема 8. Оцінювання частоти основного тону	14	2		4		8
Тема 9. Управління рівнем сигналу	14	2	2		2	8
Тема 10. Моделювання реверберації	14	2		4		8
Тема 11. Ефекти, що ґрунтуються на затрим- ці сигналів, та ефект «вібрато»	14	2	2		2	8
Тема 12. Моделювання еквалайзерів	12	2		4		6
Тема 13. Системи автоматичного розпізна- вання мовлення	12	2				10
Разом за змістовий модуль 2	80	12	4	12	4	48
Усього годин	150	26	8	16	10	90

5 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми*	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Обчислення спектрограми звукового сигналу	2	-
2	Алгоритми комп'ютерного аналізу та синтезу мовних сигналів	2	-
3	Моделювання та дослідження ефекту «вібрато»	2	-
3	Моделювання компресорів	2	-
	Загальна кількість	8	-

6 ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми*	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Аналіз та синтез гавкоту собаки	4	-
2	Оцінювання частоти основного тону музичних інструментів та голосних мовних звуків	4	-
3	Вимірювання імпульсної характеристики приміщення	4	-
3	Моделювання еквайзерів	4	-
	Загальна кількість	16	-

7 САМОСТІЙНА РОБОТА

№	Назва теми*	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Аналіз фізичних і психоакустичних властивостей мовного сигналу; дослідження параметрів енергії, спектра, частоти основного тону та формант	6	-
2	Вивчення методів часо-частотного розкладу сигналу (STFT, вейвлет-перетворення); аналіз спектрограм мовних і музичних сигналів	6	-
3	Оцінка середніх, дисперсійних і кореляційних характеристик сигналів; побудова автокореляційних функцій і енергетичних спектрів	6	-
4	Ознайомлення з кепстральним аналізом; розрахунок кепстральних коефіцієнтів та застосування MFCC у задачах розпізнавання мовлення	6	-
5	Вивчення принципів адитивного, субтрактивного, FM- та гранулярного синтезу; створення основних хвильових форм	6	-
6	Аналіз формант мовлення та моделювання голосового тракту; дослідження формантного синтезу звуку	6	-
7	Ознайомлення з методами синтезу музичних сигналів і цифровими моделями інструментів; формування тембру та динаміки	6	-
8	Дослідження методів оцінювання частоти основного тону (автокореляційний, спектральний, кепстральний, YIN, AMDF); аналіз їх точності	8	-
9	Вивчення принципів динамічної обробки звуку – компресії, лімітування, нормалізації; аналіз систем автоматичного регулювання рівня	8	-
	Загальна кількість	90	-

*Перелік тем самостійної роботи охоплює важливі питання, що не будуть детально розглядатися під час лекцій, лабораторних та практичних занять.

8 КУРСОВА РОБОТА

Студенти можуть обрати тему курсової роботи із наступного переліку:

1. Дослідження спектрально-часових методів аналізу звукових сигналів у середовищі DAW.
2. Аналіз характеристик мовного сигналу та побудова моделі голосового тракту.
3. Розробка цифрового еквалайзера та дослідження його впливу на фазові характеристики сигналу.
4. Моделювання системи реверберації з регульованими параметрами часу затухання та співвідношення відбитого сигналу.
5. Дослідження методів визначення частоти основного тону звукових сигналів.
6. Реалізація алгоритму автокореляційного аналізу для виділення періодичної складової звуку.
7. Порівняння методів синтезу звуку: адитивного, субтрактивного, FM- та гранулярного.
8. Формантний аналіз мовлення та реалізація моделі формантного синтезу.
9. Моделювання системи керування динамічним діапазоном (компресора/лімітера) в цифровому середовищі.
10. Аналіз впливу нелінійних спотворень на якість звукового сигналу.

11. Розробка моделі фільтрації шумів у звуковому сигналі на основі спектрального віднімання.
12. Кепстральний аналіз звукових сигналів та застосування MFCC у системах розпізнавання мовлення.
13. Дослідження методів просторової обробки звуку (панорамування, затримка, фазова різниця).
14. Синтез музичних сигналів із використанням фізичного моделювання інструментів.
15. Аналіз групового часу затримки в цифрових фільтрах звукових процесорів.
16. Розробка та дослідження цифрового ефекту «вібратору» на основі періодичної затримки сигналу.
17. Моделювання системи автоматичного нормалізатора рівня звуку (AGC).
18. Порівняльний аналіз еквайзерів із мінімальною та лінійною фазою.
19. Реалізація спектрально-кепстрального методу розділення мовного та шумового сигналів.
20. Експериментальне дослідження фазових спотворень у цифрових аудіопроцесорах.

9 МЕТОДИ НАВЧАННЯ ТА ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

Вивчення дисципліни здійснюється як традиційними методами із застосуванням інформаційних технологій (наприклад, слайд лекцій), так і з застосуванням дистанційних технологій (відеоконференції, самонавчання за відеоприкладми). Теоретичні знання, що викладаються під час лекцій, використовуються на практичних і лабораторних роботах.

1. Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності: за допомогою слайд-лекцій. В ході навчання пояснення здійснюються на практичних прикладах.

2. Методи стимулювання й мотивації навчально-пізнавальної діяльності студентів у виконанні завдань з практичної реалізації завдань дисципліни.

3. Методи контролю (самоконтролю, корекції (самокорекції), за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності студента. Ці методи спрямовані на самостійну, творчу пізнавальну діяльність студентів, особливо при створенні власних проєктів.

4. Універсальні методи поєднують самостійну роботу студентів під час практичних занять з інструктуванням, допомогою викладача, у результаті чого студенти набувають навичок самостійності та самостійної роботи поза аудиторного навантаження.

Крім цього студент має у своєму розпорядженні слайд-лекції, відеоприкладми розв'язання завдань з роз'ясненнями – усе це поєднується в наочно-ілюстративно-практичний комплект матеріалів для навчання.

10 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА РЕЙТИНГОВА ОЦІНКА ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ

10.1 Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Вид заняття / контрольний захід	Оцінка
Пз № 1, 2	$0,1 \times (60 \dots 100) \times 2 = 12 \dots 20$
Лб № 1	$0,15 \times (60 \dots 100) \times 1 = 9 \dots 15$
Контрольна точка 1	21...35
Пз № 3, 4	$0,1 \times (60 \dots 100) \times 2 = 12 \dots 20$
Лб № 2, 3, 4	$0,15 \times (60 \dots 100) \times 3 = 27 \dots 45$
Контрольна точка 2	39...65
Всього за семестр	60...100

Формою підсумкового контролю є екзамен. Оцінку отримує студент, що виконав усі види занять і отримав за кожне оцінку, не менше мінімальної (60 балів), а також склав іспит.

При цьому виді контролю оцінка в семестрі обчислюється за формулою:

$$\text{Осем} = \text{Опз} + \text{Олб}; \quad \text{Опз} = 0,1(\text{Пз1} + \text{Пз2} + \text{Пз3} + \text{Пз4}); \quad \text{Олб} = 0,15(\text{Лб1} + \text{Лб2} + \text{Лб3} + \text{Лб4}),$$

Оцінка з врахуванням екзамену:

$$\text{О} = 0,6 \text{ Осем} + 0,4 \text{ Оекз}$$

при цьому окремі Пз, Лб і Оекз оцінюються по 100-бальній шкалі.

10.2 Якісні критерії оцінювання

Відмінно, А (96–100%). Студент демонструє глибоке розуміння принципів цифрової обробки сигналів та їх моделювання у звукових системах. Вільно пояснює теоретичні основи спектрального, часово-частотного та фазового аналізу, впевнено застосовує методи фільтрації, еквалізації, динамічної та просторової обробки у середовищі MATLAB або DAW. Практичні завдання виконані без помилок, результати моделювання коректно інтерпретовані, усі графіки, спектри та часові діаграми оформлені відповідно до вимог. Лабораторні роботи містять глибокий аналіз, обґрунтування параметрів та власні висновки. Самостійна робота включає аналітичне дослідження моделей обробки сигналів або порівняння різних алгоритмів. Фінальні результати повністю відповідають поставленим завданням і мають практичну цінність для аудіотехнологій.

Відмінно, В (90–95%). Студент добре засвоїв теоретичний матеріал, упевнено володіє базовими методами моделювання сигналів, але допускає незначні неточності при поясненні або реалізації алгоритмів. Практичні завдання виконані якісно, але можуть містити окремі неточності в параметрах фільтрів або інтерпретації графіків. Лабораторні роботи повні, містять аналіз результатів, але не завжди глибоко обґрунтовані. Самостійна робота змістовна, проте без розгорнутого дослідницького підходу. Результати моделювання достовірні, проте можуть мати мінімальні технічні похибки.

Добре, С (75–89%). Студент володіє основними знаннями з теорії цифрової обробки звуку, але має труднощі з поясненням складних процесів моделювання або з практичним застосуванням методів. Практичні завдання виконані частково правильно, але містять помилки у налаштуваннях фільтрів, параметрах спектрального аналізу або у відображенні результатів. Лабораторні роботи виконані формально, аналіз поверхневий, без детального пояснення відмінностей між теоретичними і практичними результатами. Самостійна робота коротка, але охоплює основні аспекти теми. Результати моделювання частково відповідають поставленим завданням, проте мають помітні технічні недоліки.

Задовільно, D (66–74%). Студент має обмежене розуміння основних принципів цифрової обробки звуку, плутається в термінах або алгоритмах. Практичні завдання виконані, але містять суттєві неточності — помилки у виборі частоти дискретизації, параметрів фільтра чи типу вікна. Лабораторні роботи неповні або мають серйозні помилки у розрахунках. Самостійна робота поверхнева, відсутній аналітичний підхід. Результати моделювання неточні, спостерігаються помилки у побудові графіків або неправильні висновки.

Задовільно, E (60–65%). Студент має базові уявлення про цифрову обробку сигналів, але не здатен правильно застосовувати знання на практиці. Практичні завдання виконані формально, із грубими помилками у реалізації моделей, фільтрації або спектральному аналізі. Лабораторні роботи не завершені або містять критичні похибки. Самостійна робота поверхнева, без аналізу. Результати моделювання недостовірні або не відповідають поставленим цілям, висновки формальні.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка з дисципліни	Оцінка за шкалою ECTS	Оцінка за національною шкалою		
	залік	залік		
96-100	A	5 (зараховано)		
90-95	B	5 (зараховано)		
75-89	C	4 (зараховано)		
66-74	D	3 (зараховано)		
60-65	E	3 (зараховано)		
35-59	FX	2 (незараховано)		
1-34	F			

11 МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

11.1 Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з курсу «Методи обробки звукової інформації» для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка, ОПІ Медіаінженерія – 26 год. / Харків: ХНУРЕ, 2024.

2. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Методи обробки звукової інформації» для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка, ОПІ Медіаінженерія – 8 год. / Харків: ХНУРЕ, 2024.

3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Методи обробки звукової інформації» для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка, ОПІ Медіаінженерія – 16 год. / Харків: ХНУРЕ, 2024.

11.2 Література

1. Дідковський В.С., Дідковська М.В., Продеус А.М. Комп'ютерна обробка акустичних сигналів. – К.: ТОВ «Імекс-ЛТД», 2010. – 430 с.

2. Шрюфер Е. Цифрова обробка сигналів, (переклад з німецької), видавництво "Либідь", 1992.

3. Продеус А.М. Комп'ютерна обробка акустичних сигналів. – Навчальний посібник. — Київ: Київський політехнічний інститут (КПІ) ім. Ігоря Сікорського, 2018. — 237 с.

4. Zolzer U. DAFX: Digital Acoustic Effects. - John Wiley & Sons, 2011. – 614 p.

5. MATLAB Documentation [Електронний ресурс] / MathWorks, Inc. – Режим доступу: <https://www.mathworks.com/help/matlab/index.html> (дата звернення: 31.08.2024).

12 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Audacity [Електронний ресурс] / Audacity Team. – Вільна версія. – Режим доступу: <https://www.audacityteam.org>

2. MATLAB Online [Електронний ресурс] / MathWorks. – Студентська онлайн-версія. – Режим доступу: <https://www.mathworks.com/products/matlab-online.html>