



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



# Обробка сигналів та зображень

**Шифр та назва спеціальності**

122 – Комп'ютерні науки

**Інститут**

ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

**Освітня програма**

Комп'ютерні науки. Моделювання, проектування та комп'ютерна графіка

**Кафедра**

Математичне моделювання та інтелектуальні обчислення в інженерії (161)

**Рівень освіти**

Бакалавр

**Тип дисципліни**

Профільований пакет 2, Вибіркова

**Семестр**

8

**Мова викладання**

Українська

## Викладачі, розробники



**Водка Олексій Олександрович**

[Oleksii.vodka@khpi.edu.ua](mailto:Oleksii.vodka@khpi.edu.ua)

Кандидат технічних наук, доцент

Автор понад 50 наукових та методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Візуалізація даних», «Інтегровані комп'ютерні системи проектування та аналізу», «Обробка сигналів та зображень»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри ММІ](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Курс охоплює основні теоретичні та практичні аспекти цифрової обробки сигналів та зображень. Цей курс дозволяти ознайомитися з поняттями сигналу та зображення, їх математичним представленням, спектральним аналізом, перетвореннями Фур'є, вейвлетами, перетворенням Гільберта, модуляцією, фільтрацією, кореляцією, згорткою, кольорними моделями та стисненням. Слухачі також навчаться використовувати різні методи та алгоритми для обробки сигналів та зображень, а також застосовувати їх до реальних даних. Курс передбачає виконання лабораторних занять на мові програмування Python.

### Мета та цілі дисципліни

Метою дисципліни є формування у студентів теоретичних знань та практичних навичок з цифрової обробки сигналів та зображень, а також розвиток їх аналітичного та креативного мислення.

Цілі дисципліни:

Ознайомити студентів з основними поняттями, класифікацією та характеристиками сигналів та зображень. Навчити студентів математичному представленню сигналів та зображень, а також використанню різних перетворень для їх аналізу. Розкрити студентам принципи та методи аналого-цифрового перетворення, модуляції, фільтрації, кореляції, згортки сигналів та зображень.

Дати студентам знання про колірні моделі зображень, основи обробки кольорових зображень та методи їх стиснення. Розвинути у студентів практичні навички застосування теоретичних знань до реальних задач цифрової обробки сигналів та зображень.

### **Формат занять**

Лекції, лабораторні роботи, консультації. Підсумковий контроль – екзамен.

### **Компетентності**

СК4: Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач.

СК7: Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів

СК17: Здатність до моделювання складних систем та процесів з використанням новітніх технологій та програмного забезпечення, забезпечуючи точний реверс-інжиніринг та оптимізацію систем у рамках сучасних вимог до проектування та комп'ютерної графіки

### **Результати навчання**

ПР6: Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів

ПР7: Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно- та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування

ПР18: Використовувати сучасні технології та інструментальні засоби для моделювання складних систем та процесів, забезпечуючи точний реверс-інжиніринг та оптимізацію систем у рамках сучасних вимог до проектування та комп'ютерної графіки

### **Обсяг дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни 90 год. (3 кредитів ECTS): лекції – 20 год., лабораторні роботи – 20 год., самостійна робота – 50 год.

### **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Дисципліна базується на знаннях та компетенціях, що набуває здобувач вищої освіти під час вивчення дисциплін: Математичний аналіз, Спеціальні глави вищої математики, Лінійна алгебра, Аналітична геометрія, Алгоритмізація та програмування, Теорія ймовірностей, Обчислювальні методи.

### **Особливості дисципліни, методи та технології навчання**

Лекційні і лабораторні заняття проводяться з використанням дистанційних технологій.

На лекційних заняттях застосовуються презентації та інтерактивне спілкування зі здобувачами.

Під час лекцій і лабораторних роботах використовується інтерактивний метод для організації контакту із аудиторією і залучення у логіку теоретичного матеріалу і проблемно- пошуковий метод для вирішення поставленої проблеми наукового і/або прикладного характеру. Усі лекції викладаються із застосуванням пояснювально- ілюстративного методу для наочної демонстрації матеріалу у логічній послідовності фактів.

Виконання лабораторних робіт враховує використання репродуктивного і навчально-пізнавального методів для відтворення і закріплення практичних навичок застосування вивченого теоретичного матеріалу і методів розв'язування поставлених завдань.

# Програма навчальної дисципліни

## Теми лекційних занять

### Тема 1. Вступ до цифрової обробки сигналів та зображень.

Вступна частина. Поняття сигналу та зображення. Поняття цифрової обробки сигналу. Растрове і векторне представлення зображень. Типові задачі цифрової обробки сигналів. Випадкові та детерміновані сигнали. Аналогові та цифрові сигнали. Квантування та дискретизація аналогового сигналу. Одновимірні та багатовимірні сигнали. Загальна класифікація сигналів.

### Тема 2. Математичне представлення сигналів та зображень.

Моделі тестових сигналів. Основні характеристики, математичний опис та властивості тестових сигналів. Функція Хевісайда та її застосування при обробці сигналів. Функція Дірака та її властивості. Z - перетворення та його властивості.

Структурні схеми типових модулів аналогово-цифрового та цифро-аналогового перетворювачів, їх основні компоненти та принцип роботи. Будова, призначення та принцип роботи мультіплексора.

### Тема 3. Аналого-цифрове перетворення сигналів.

Основа принципу часової дискретизації сигналу. Критерії якості наближення сигналу. Види часової дискретизації сигналу. Поняття стиснення даних. Вибір кроку рівномірної часової дискретизації. Теорема Котельникова. Основні характеристики аналогового-цифрових перетворювачів.

### Тема 4. Підходи до спектрального аналізу сигналів методом Фур'є.

Розклад функції в ряд Фур'є. Поняття та визначення дійсних коефіцієнтів Фур'є. Теорема Найквіста. Особливості розкладу функції в комплексний ряд Фур'є. Поняття та визначення комплексних коефіцієнтів Фур'є. Визначення спектру амплітуд, спектру фаз та спектру потужності сигналу. Теорема Парсеваля. Основні властивості розкладання сигналу в ряд Фур'є. Технологія застосування методу Фур'є для аналізу цифрових сигналів. Поняття про дискретне перетворення Фур'є. Основні властивості дискретного перетворення Фур'є. Періодичність та симетричність спектру. Необхідність застосування та суть алгоритму швидкого перетворення Фур'є. Фільтрація сигналів за допомогою дискретного перетворення Фур'є

### Тема 5. Застосування вейвлет-перетворень для обробки сигналів. Перетворення Гільберта у цифровій обробці сигналів.

Недоліки спектрального аналізу цифрових сигналів методом Фур'є. Поняття прямого та оберненого вейвлет-перетворення. Основні ознаки вейвлету. Приклади материнських вейвлетів. Неперервне вейвлет-перетворення. Властивості вейвлет-аналізу.

Математичний опис та властивості дискретного перетворення Гільберта. Приклади використання. Швидкі алгоритми обчислення. Перетворювач Гільберта для формування комплексного аналітичного сигналу. Смугова дискретизація сигналів

### Тема 6. Види та методи модуляції сигналів.

Поняття та призначення модуляції сигналів. Види модуляції та їх реалізація. Модуляція аналогових сигналів. Однотональна та багатотональна амплітудна модуляція. Цифрова модуляція сигналів. Демодуляція сигналів. Методи демодуляції амплітудно-модульованого сигналу. Коефіцієнт корисної дії різних методів демодуляції. Схема і принцип роботи амплітудного однонапівперіодного детектора. Амплітудний детектор з синхронною демодуляцією.

### Тема 7. Лінійна цифрова фільтрація.

Поняття лінійної простово-інваріантної системи. Глобальна та локальна лінійна фільтрація. Згладжуючі фільтри. Фільтри піксельних границь. Диференціальні оператори визначення границь на зображенні.

### Лекція 8. Нелінійна цифрова фільтрація. Основи кореляційного аналізу сигналів та зображень.

Методи рішення задачі нелінійної фільтрації. Медіанна фільтрація. Фільтри "максимум" та "мінімум". Оператори математичної морфології. Області застосування нелінійних фільтрів. Вимірювання степені подібності функцій. Поняття коефіцієнту кореляції. Поняття, визначення та властивості функції взаємної кореляції. Використання функції взаємної кореляції для розрахунку часової затримки сигналів

### Тема 9. Автокореляційна функція та згортка.

Поняття, визначення та властивості функції автокореляції. Теорема Вінера - Хінчина. Поняття спектральної щільності потужності сигналу. Теорема згортки. Властивості операції згортки. Дискретна згортка.

### **Тема 10. Цифрова обробка кольорових зображень.**

Колірні моделі зображень. Псевдокольори. Основи обробки кольорових зображень. Колірні перетворення. Згладжування і підвищення різкості. Стиснення кольорових зображень Алгоритми передискретизації сигналів. Поняття децимації та інтерполяції сигналів і зображень. Децимація з цілим кроком. Вплив передискретизації на якість цифрового сигналу. Дискретизація сигналів із запасом по частоті дискретизації. Методи передискретизації зображень

## **Теми практичних занять**

Не передбачено навчальним планом

## **Теми лабораторних робіт**

**Тема 1.** Побудова сигналів з використанням бібліотеки NumPy. Моделі тестових сигналів. Імпульсні, періодичні та випадкові сигнали. Генерація цифрових сигналів певної форми.

**Тема 2.** Реалізація перетворення Фур'є за допомогою бібліотеки NumPy. Спектральний аналіз сигналів. Побудова спектру амплітуд та фаз імпульсного сигналу. Фільтрація аналогового сигналу за допомогою перетворення Фур'є.

**Тема 3.** Застосування перетворень Вейвлет та Гільберта для обробки сигналів. Безперервне одновимірне вейвлет-перетворення. Побудова вейвлетного спектру сигналу. Дискретне перетворення Гільберта.

**Тема 4.** Цифрова модуляція та демодуляція сигналів. Дослідження сигналів з амплітудною модуляцією. Спектри одно- та багатотонального амплітудно-модульованих сигналів. Методи демодуляції сигналів та порівняння їх ефективності.

**Тема 5.** Лінійна фільтрація сигналів. Моделювання фільтрів низьких та високих частот і дослідження результатів їх застосування. Шумова фільтрація та виділення смуги частот сигналів.

**Тема 6.** Початок роботи з бібліотекою OpenCV. Зчитування, запис та відображення зображень. Визначення параметрів зображення: розмір, канали, колір. Доступ до окремих пікселів та окремих колірних каналів кольорового зображення. Робота з групою пікселів. Геометричні перетворення зображень: масштабування, обертання, переміщення, перекид. Просторове перетворення координат. Інтерполяція значень яскравості пікселів. Перетворення перспективи зображення. Аугментація зображення.

**Тема 7.** Просторова обробка зображень: поелементна обробка. Гістограма цифрового зображення. Перетворення зображення в негатив. Зміна контрасту зображення. Гама-корекція зображення. Еквалізація гістограми. Порівняти гістограми двох зображень. Обробка зображення за допомогою фільтру низьких частот. Зниження роздільної здатності за допомогою Гауссового фільтра. Підвищення роздільної здатності зображення за допомогою перетворення Фур'є. Відновлення розмитих зображень.

**Тема 8.** Просторова обробка зображень: просторова фільтрація. Лінійна фільтрація зображень. Фільтрація зображення за допомогою функції Гауса. Нелінійна фільтрація зображень. Медіанний фільтр. Фільтри підвищення різкості. Порівняти гістограми двох зображень після просторової фільтрації.

**Тема 9.** Морфологічна обробка зображень: ерозія, діляція, морфологічне відкриття, закриття та градієнт, ізоляція локальних максимумів та темних регіонів. Збільшення та зменшення контурів зображення. Цифрова згортка та кореляція сигналів та зображень. Кореляційний аналіз і згортка дискретних сигналів.

**Тема 10.** Функція взаємної кореляції дискретних сигналів. Кореляційне зіставлення зображень. Порогова обробка зображень. Глобальна порогова обробка. Бінарізація методом Оцу. Порогова обробка з декількома порогоми. Адаптивна порогова обробка зображень

## **Самостійна робота**

Самостійна робота передбачає завершення виконання та підготовку звітів з лабораторних робіт; вивчення питань для самостійного опрацювання, які видаються наприкінці кожної лекції; підготовку до аудиторних занять; підготовку до іспиту.

## Література та навчальні матеріали

1. Сокурєнко В. М. Перетворєння сигналів в оптико-електронних системах [Електронний ресурс]/ Сокурєнко В. М. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – 114 с.
2. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики: навч. посібник / Ушенко Ю.О., М.С. Гавриляк, М.В. Талах, В.В. Дворжак. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича. – 2021. – 308 с.
3. Кобилін О. А., Творошенко І.С. Методи цифрової обробки зображень: Навчальний посібник. Харків: ХНУРЕ. – 2021. – 124 с.
4. Боровицький В. М., Розробка програм для цифрової обробки зображень з застосуванням OpenCV", Навчальний посібник. Київ: "Політехніка". – 2022. – 84 с.

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Загальна оцінка (макс. 100 балів) складається з двох компонентів:

1. Тест з теоретичної частини за матеріалами лекцій 40 балів.
2. Оцінка за лабораторний практикум (60 балів)

Альтернативою є екзамен по екзаменаційним білетам з 2 теоретичними питаннями та 1 практичним. Допуском до екзамену є здача лабораторних та розрахункових робіт.

### Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

28.08.2023

Завідувач кафедри ММІ  
Олексій ВОДКА

28.08.2023

Гарант ОП  
Оксана ТАТАРІНОВА