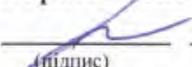


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Аерокосмічних радіоелектронних систем (№ 501)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

 Анатолій ПОПОВ

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« 01 » вересня 2025 р.

**СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ФОРМУВАННЯ ТА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ
У ОПТИЧНИХ ТА РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: G Інженерія, виробництво та будівництво
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків 2025 рік

Розробник: ПОПОВ А.В., професор кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (№ 501) д.т.н., доцент

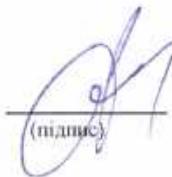

(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (№ 501)

(назва кафедри)

Протокол № 13/24-25 від «28» серпня 2025 р.

В.о.завідувача кафедри


(підпис)

Віктор БАРОВСЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

Студентка групи 566


(підпис)

Анна КОВАЛЕВСЬКА

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Попов Анатолій Владиславович

Посада: професор каф. 501

Науковий ступінь: доктор технічних наук

Вчене звання: доцент

Перелік дисциплін, які викладає:

Формування та обробка зображень у оптичних та радіолокаційних системах

Сучасні методи та системи дистанційного зондування

Напрями наукових досліджень:

Розроблення, випробування та експериментальні дослідження радіотехнічних систем аерокосмічного дистанційного зондування

Контактна інформація:

a.v.popov@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна
Семестр	1
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	6 кредитів ЄКТС / 180 годин (64 аудиторних, з яких: лекції – 40, практичні заняття – 24; СРЗ – 116).
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	немає
Кореквізити	Математичні методи моделювання і оптимальних рішень
Постреквізити	Сучасні методи та системи дистанційного зондування

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Мета: Підготовка фахівців здатних до самостійної науково-дослідної діяльності в галузі отримання та оброблення зображень з аерокосмічних носіїв у оптичному, інфрачервоному та радіо діапазонах.

Завдання: сформувати у здобувачів уявлення про методи формування зображень у рідних діапазонах радіохвиль, їх особливості, види специфічних спотворень при отриманні зображень з аерокосмічних носіїв, та надати знання про методи оброблення зображень з метою їх подальшого використання у системах прийняття рішень та штучного інтелекту.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати складні задачі та проблеми у галузі радіотехніки та електронних комунікацій, що передбачає проведення досліджень, виконання проектних та експлуатаційних робіт, та/або здійснення інновацій, та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності:

- здатність виявляти сутність проблем у професійній сфері, знаходити адекватні шляхи щодо їх розв'язання (ЗК1);
- здатність аналізувати, оцінювати наявну інформацію в ході професійної діяльності, за необхідності доповнювати й синтезувати відсутню інформацію й працювати в умовах невизначеності (ЗК2);
- здатність до самостійного освоєння нових методів дослідження, зміни наукового й науково-виробничого профілю своєї діяльності (ЗК5);
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК11);
- навички роботи з ПК (ЗК15).

Фахові компетентності:

- здатність виявляти адекватну сутність науково-технічних проблем в професійної галузі, та застосовувати для їх вирішення відповідні математичні, наукові і технічні методи, а також технічні засоби і комп'ютерне програмне забезпечення (ФК-1);
- здатність продемонструвати та використовувати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для підтримки проектних і дослідницьких рішень (ФК-2);
- здатність використовувати знання сучасних комп'ютерних та інформаційних технологій для обробки та аналізу даних (ФК-3);

- здатність застосовувати знання методів обробки інформації в сучасних електронних системах та демонструвати уміння проектування, розрахунку та програмування електронних засобів та систем (ФК-7);
- здатність використовувати знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, а також навичок у програмуванні при розробках та дослідженнях в професійної галузі (ФК-8);
- здатність розробляти фізичні, математичні й імітаційні моделі радіоелектронних пристроїв та систем що проектуються та досліджуються, виконувати їх моделювання (ФК-10);
- здатність і вміння проведення досліджень у галузі обробки цифрових та аналогових сигналів і зображень (ФК-11).

Програмні результати навчання:

- знати і розуміти сучасні фізико-математичні та технічні методи дослідження та аналізу складних технічних систем, об'єктів та процесів, що застосовуються в інженерній і дослідницькій практиці (ПРН1);
- знати принципи побудови і функціонування радіоелектронних систем та комплексів та їх математичні моделі, вміти формулювати вимоги до технічних параметрів, проводити розрахунок і побудову, радіоелектронних систем та комплексів (ПРН4);
- знати призначення, принципи побудови та структуру бортових багатофункціональних радіолокаційних комплексів, радіолокаційних систем з синтезованою апертурою, систем радіобачення (ПРН5);
- знати базові методи цифрової обробки сигналів (у тому числі просторово-часових) та зображень (у тому числі – теплових та радіозображень), які застосовуються в радіоелектронних системах різного призначення; вміти здійснювати програмну реалізацію найбільш розповсюджених процедур обробки сигналів та зображень (ПРН6);
- знати методологію наукових досліджень, процес і підходи до обробки теоретичної та практичної інформації; знати порядок апробації основних елементів наукової новизни; вміти вести бібліографічний пошук із застосуванням сучасних інформаційних технологій, використовувати сучасні методи наукового дослідження (ПРН7);
- вміти аналізувати, розраховувати та синтезувати схемотехнічні рішення для мікрохвильової та антенної техніки (ПРН9);
- знати сутність і зміст, особливості педагогічної моралі, категорій, норм, принципів, функції у процесі педагогічної діяльності, форми організації навчального процесу та використання педагогічних технологій (ПРН15).

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Формування зображень у оптичних та радіолокаційних системах.

Тема 1. Вступ до дисципліни.

Лекційні заняття.

Поняття зображення та засобу його отримання. Аерокосмічні носії засобів отримання зображень. Шкала електромагнітних хвиль, вікна прозорості атмосфери, класифікація сенсорів за довжиною електромагнітних хвиль, що використовуються. Основні характеристики сенсорів. Оптичні сенсори та їх особливості. Інфрачервоні сенсори. Радіометрія та радіометричні сенсори. Радіотехнічні сенсори (приймачі та пеленгатори). Поняття активних сенсорів. Радари. Особливості та різновиди бортових радарів. Радари переднього огляду, радіолокаційні приціли. Метеорологічні та навігаційні радары. Радари бокового огляду. Радари з синтезованою апертурою. Поляриметричні радары. Порівняльний аналіз радіолокаційних зображень різних типів. Предмет вивчення, структура та задачі дисципліни. Бібліографія.

Практичні заняття.

Характеристики сучасних сенсорів аерокосмічного базування, типи отримуваних зображень.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання завдань практичних занять. Підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 2. Формування оптичних зображень.

Лекційні заняття.

Принцип отримання оптичних зображень. Оптичні системи. Оптичні викривлення зображень. Аберация, астигматизм, дисторсія, викривлення при аерофотозйомці. Масштаб, перспектива, функція розсіювання точки.

Цифрові оптичні сенсори. Різновиди фотоматриць. ПЗЗ та КМОП структури. Викривлення зображень фотоматрицями. Вплив дискретизації та квантування на якість зображень. Представлення кольорових зображень. RGB, HSV, Lab, CMYK – моделі представлення кольорів. Формати файлів кольорових зображень. Програмні засоби роботи з зображеннями. Засоби мови програмування Python для роботи з зображеннями.

Практичні заняття.

Ознайомлення з програмними засобами роботи з зображеннями. Засоби мови програмування Python для роботи з зображеннями. Бібліотеки matplotlib, PIL (Python Imaging Library), SciPy, OpenCV. Завантаження та збереження зображень, створення нових зображень, формування градацій яскравості та кольорів, перетворення кольорової моделі.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання завдань практичних занять. Підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 3. Формування зображень у пасивних радіотехнічних системах.

Лекційні заняття.

Математична модель антени радіотехнічного засобу. Діаграма спрямованості антени та її характеристики. Розрахунок параметрів антенної системи. Формування зображення при лінійному скануванні простору. Вихідний сигнал сенсора при лінійному та кутовому скануванні. Роздільна здатність сенсора за кутом. Створення зображення при двовимірному лінійному та кутовому скануванні.

Практичні заняття.

Розрахунок параметрів антенної системи на мові програмування Python. Пряме обчислення згортки на мові програмування Python. Формування рядка зображення при скануванні простору. Формування зображення при двовимірному лінійному та кутовому скануванні. Обчислення двовимірної згортки.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання завдань практичних занять. Підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 4. Формування зображень у активних радіотехнічних системах.

Принцип активного зондування. Типи сигналів активного зондування. Математична модель випроміненого сигналу радіотехнічного засобу. Автокореляційна функція сигналу. Роздільна здатність сенсору за відстанню. Лінійне активне сканування простору. Кутове активне сканування простору. Формування зображення при лінійному активному скануванні простору. Вихідний сигнал сенсора при лінійному та кутовому активному скануванні. Створення зображення при двовимірному лінійному та кутовому скануванні. Обчислення двовимірної згортки методом перетворення Фур'є. Особливості формування зображення при використанні швидкого перетворення Фур'є.

Практичні заняття.

Розрахунок роздільної здатності активного сенсора на мові програмування Python. Обчислення двовимірної згортки методом перетворення Фур'є на

мові програмування Python. Формування зображення при активному лінійному та кутовому скануванні простору.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання завдань практичних занять. Підготовка до модульних контрольних робіт.

Модульний контроль №1

Змістовий модуль 2. Методи оброблення оптичних та радіолокаційних зображень.

Тема 5. Моделювання оптичних та радіолокаційних зображень.

Лекційні заняття.

Шуми оптичних сенсорів. Фотонні шуми. Шуми темного струму. Шуми підсилювачів. Фліккер-шуми. Шуми квантування. Теплові шуми радіотехнічних сенсорів. Шуми широкосмугових підсилювачів. Спекл-шуми радіолокаційних зображень. Завади на зображеннях. Зовнішні завади. Наведення. Помилки передачі даних у телекомунікаційних системах.

Класифікація шумів та завад на зображеннях. Адитивні, мультиплікативні, імпульсні шуми на зображеннях. Статистичні моделі шумів. Моделювання різних типів шумів на мові програмування Python.

Практичні заняття.

Моделювання адитивних, мультиплікативних, імпульсних шумів на мові програмування Python. Моделювання спотворень зображень на мові програмування Python.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання завдань практичних занять. Підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 6. Аналіз зображень та оцінка їх статистичних характеристик.

Лекційні заняття.

Оцінка статистичних характеристик компонентів зображення. Кореляція компонентів зображення. Оцінка коефіцієнту кореляції. Оцінка кореляційної матриці зображення. Оцінка просторової кореляції елементів зображення. Використання мови програмування Python для статистичного аналізу зображень.

Побудова гістограм компонентів зображення. Багатовимірні гістограми. Побудова статистичної моделі багатоканального зображення. Використання мови програмування Python для побудови статистичних моделей зображень.

Оцінка ступеню спотворення зображення шумами. Критерії якості зображення.

Практичні заняття.

Оцінка статистичних характеристик та кореляційної матриці зображення з використанням мови програмування Python. Побудова гістограм зображення з використанням мови програмування Python. Побудова статистичної моделі багатоканального зображення з використанням мови програмування Python.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 7. Методи оброблення зображень.

Лекційні заняття.

Перетворення яскравості та контрасту зображень. Еквалізація зображень. Особливості еквалізації багатоканальних зображень. Використання мови програмування Python для оброблення зображень.

Поняття фільтрації зображень. Аналогія з фільтрацією сигналів. Просторова частота. Двовимірний спектр зображення. Частотна характеристика фільтра. Зв'язок між частотною та імпульсною характеристиками фільтра. Дискретна двовимірна згортка. Принцип просторової фільтрації. Лінійні фільтри. Усереднюючий фільтр (Box Filter). Гаусівський фільтр (Gaussian Blurring). Ядро фільтра, вплив на якість придушення шумів та якість зображення. Просторові НЧ та ВЧ фільтри. Ефективність лінійної фільтрації для придушення шумів різних типів. Використання мови програмування Python для лінійної фільтрації зображень.

Нелінійна фільтрація. Медіанний фільтр. Двовимірний медіанний фільтр. Багатовимірна просторова медіанна фільтрація. Ефективність медіанної фільтрації для придушення шумів різних типів. Використання мови програмування Python для нелінійної фільтрації зображень.

Практичні заняття.

Дослідження методів лінійної фільтрації з використанням мови програмування Python. Дослідження методів нелінійної фільтрації з використанням мови програмування Python. Оцінка ефективності придушення шумів методами фільтрації зображень.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до модульних контрольних робіт.

Модульний контроль №2

5. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом.

6. Методи навчання

Навчання за допомогою пояснювально-ілюстративного матеріалу (лекції), технічних та програмних засобів (практичні заняття), індивідуальні консультації, самостійна робота студентів з навчально-методичною літературою, технічною документацією (довідники), інтернет-ресурсами. Технологія змішаного та/або дистанційного навчання.

7. Методи контролю

Поточний контроль – виконання завдань практичних занять, оформлення звітів та здача матеріалу тем практичних занять.

Модульний контроль – проведення модульних контрольних робіт у вигляді комп'ютерного тесту.

Семестровий контроль – іспит проводиться у формі комп'ютерного тесту.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	10	0...10
Виконання практичних занять	0...3	6	0...18
Модульний контроль	0...22	1	0...22
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	10	0...10
Виконання практичних занять	0...3	6	0...18
Модульний контроль	0...22	1	0...22
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача освіти від балів підсумкового контролю й за наявності допуску до іспиту.

Іспит проводиться у вигляді комп'ютерного тесту. Студенту надається 20 запитань (теоретичних питань та практичних завдань) з 5 варіантами відповідей. Тільки один варіант відповіді є вірним. За кожен вірну відповідь студент отримує 5 балів. На здачу комп'ютерного тесту відводиться фіксований час – 120 хвилин. Всього (за умов надання всіх вірних відповідей) студент отримує:

$$20 \times 5 = 100 \text{ балів.}$$

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімально-достатній рівень знань та умінь. Вміти викладати отримані знання в усній чи письмовій формі; при цьому, неповний обсяг засвоєного навчального матеріалу не повинен перешкоджати засвоєнню наступного програмного матеріалу; допускаються окремі істотні помилки, виправлені за допомогою викладача. Виконати 60% завдань та здати модульне тестування з навчальної дисципліни. Відповідати на теоретичні питання на елементарному рівні в межах конспекту лекцій. Мати загальне уявлення щодо предметної області, методів отримання та оброблення зображень з аерокосмічних носіїв у оптичному, інфрачервоному та радіо діапазонах на базовому рівні.

Добре (75-89). Показати середній рівень знань та умінь. Викладати отримані знання в усній чи письмовій формі у достатньому обсягу, системно, відповідно до вимог навчальної програми (допускаються окремі несуттєві помилки, що виправляються студентом після указівки викладача). Виділяти істотні ознаки вивченого за допомогою операцій аналізу і синтезу; підкріпляти вивчений матеріал відомими фактами і відомостями; виявляти причинно-наслідкові зв'язки досліджуваних процесів та явищ; формулювати висновки і узагальнення, у яких можуть бути окремі несуттєві помилки. Виконати всі завдання та здати модульне тестування з навчальної дисципліни. Відповідати на теоретичні питання на достатньому рівні в межах конспекту лекцій та рекомендованих підручників. Знати предметні області, методи отримання та оброблення зображень з аерокосмічних носіїв у оптичному, інфрачервоному та радіо діапазонах. Вміти Реалізовувати методи формування та оброблення зображень на мові програмування на середньому рівні.

Відмінно (90-100). Показати відмінний рівень знань та умінь. Викладати отримані знання в усній чи письмовій формі у повному обсягу, системно, відповідно до вимог навчальної програми (припустимими є одиничні несуттєві помилки, які студент виправляє самостійно). Виділяти істотні ознаки вивченого

за допомогою операцій аналізу і синтезу; вільно оперувати відомими фактами і відомостями; виявляти причинно-наслідкові зв'язки досліджуваних процесів та явищ; формулювати висновки і узагальнення. Виконати всі завдання та здати модульне тестування з навчальної дисципліни. Відповідати на теоретичні питання на високому рівні в межах конспекту лекцій, рекомендованих підручників та додаткової літератури, вміти аналізувати надану інформацію та пропонувати нестандартні рішення, вміти їх обґрунтовувати. Знати предметні області, методи отримання та оброблення зображень з аерокосмічних носіїв у оптичному, інфрачервоному та радіо діапазонах. Вміти реалізовувати методи формування та оброблення зображень на мові програмування на високому рівні.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно у формі співбесіди за питаннями, визначеними планом заняття. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

1. Розділ курсу у системі Ментор. Режим доступу: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2834/>
2. Волосюк, В. К. Формування некогерентних та когерентних зображень у аерокосмічних радіолокаційних системах [Текст] : навч. посібник / В. К. Волосюк, В. Г. Яковлев, Е. О. Церне, В. В. Кошарський. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 180 с.
3. Васильєва, І.К. Методи отримання та оброблення зображень: Методичні вказівки до лабораторних робіт / І.К. Васильєва, А.В. Попов. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 72 с.

11. Рекомендована література

Базова

1. Волосюк, В. К. Формування некогерентних та когерентних зображень у аерокосмічних радіолокаційних системах [Текст] : навч. посібник / В. К. Волосюк, В. Г. Яковлев, Е. О. Церне, В. В. Кошарський. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 180 с.
2. Вовк С.М. Методи обробки зображень та комп'ютерний зір : навч. посіб. / С.М. Вовк, В.В. Гнатушенко, М.В. Бондаренко. – Д. : ЛІРА, 2016. – 148 с.

Допоміжна

1. Основи програмування. Python. Частина 1: підручник / А. В. Яковенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 195 с.
2. Digital Image Processing. Fourth edition / Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. – Pearson Education Limited, 2018. – 1022 с.

12. Інформаційні ресурси

1. Розділ курсу у системі Ментор. Режим доступу: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2834/>
2. Anaconda Distribution. The world's most popular open-source Python distribution platform. Режим доступу: <https://www.anaconda.com/products/distribution>
3. Online Python Compiler. Режим доступу: <https://replit.com/languages/python3>
4. Image processing in Python. Режим доступу: <https://scikit-image.org/>