

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «НАУКОВИЙ ЦЕНТР АЕРОКОСМІЧНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЕМЛІ ІНСТИТУТУ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ЦАКЛЗ ІГН НАН України
член-кореспондент НАН України

Михайло ПОПОВ

« 21 » травня – 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

*Методи оброблення та інтерпретації даних
дистанційного зондування Землі
(Methods for remote sensing data processing and analysis)
для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії*

галузь знань **G – Інженерія, виробництво та будівництво**
спеціальність **G5 – Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка**
освітній рівень **доктор філософії**
освітня програма **«Дистанційні аерокосмічні дослідження»**
вид дисципліни **обов'язкова**

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	4
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: Лубський Микола Сергійович,
Пестова Ірина Олександрівна,
Томченко Ольга Володимирівна,
Хижняк Анна Василівна

© М.С. Лубський, І.О. Пестова,
О.В. Томченко, А.В. Хижняк, 2025

КИЇВ – 2025

Розробники: Козлова Анна Олександрівна, кандидат технічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник відділу геоінформаційних технологій в дистанційному зондуванні Землі ЦАКДЗ ІГН НАН України;

Лубський Микола Сергійович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник лабораторії методів обробки даних дистанційного зондування при відділі геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях ЦАКДЗ ІГН НАН України;

Пестова Ірина Олександрівна, кандидат технічних наук, старший дослідник, завідувачка лабораторії методів обробки даних дистанційного зондування при відділі геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях ЦАКДЗ ІГН НАН України;

Томченко Ольга Володимирівна, кандидат технічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник відділу геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях ЦАКДЗ ІГН НАН України;

Хижняк Анна Василівна кандидат технічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник відділу геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях ЦАКДЗ ІГН НАН України, учений секретар ЦАКДЗ ІГН НАН України.

Затверджено
Гарант освітньої програми
д.т.н., професор



(підпис)

Сергій СТАНКЕВИЧ
(власне ім'я, прізвище)

Схвалено: *Вченою радою Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України» протокол від «20» травня 2025 року № 8.*

Голова вченої ради
д.т.н., професор
член-кореспондент НАН України



Михайло ПОПОВ

Учений секретар вченої ради,
к.т.н., ст. досл.



Анна ХИЖНЯК

1. Мета дисципліни – ознайомлення аспірантів із методологічними основами та практичними навичками використання методів та засобів оброблення даних дистанційного зондування Землі із застосуванням програмного забезпечення.

2. Вимоги до вибору навчальної дисципліни:

- диплом магістра однієї зі спеціальностей галузі наук про Землю або електронних комунікацій;
- наявність базових знань принципів отримання аерокосмічної інформації,
- наявність базових навичок обробки аерокосмічних зображень земної поверхні;

3. Анотація навчальної дисципліни

Предметом дисципліни є методи обробки аерокосмічної інформації, отриманої у різних діапазонах електромагнітного випромінювання. Аспіранти опановують методи попередньої обробки багатоспектральних даних, методи підвищення контрасту, методи обчислення та обробки індексних зображень, методи класифікації та пост класифікації. Курс включає формування навичок обробки даних у видимому, коротко та довгохвильовому інфрачервоному діапазонах. Особливу увагу буде приділено використанню програмних продуктів з обробки даних дистанційного зондування Землі.

4. Цілі навчання:

Протягом навчання аспіранти мають здобути загальні компетентності (ЗК):

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК03. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК04. Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері електронних комунікацій, радіотехніки, дистанційних аерокосмічних досліджень на основі системного наукового та загального культурного світогляду із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

спеціальні компетентності (СК):

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у науках про електронні комунікації, радіотехніку та дистанційні аерокосмічні дослідження та дотичних міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних міжнародних наукових виданнях.

СК02. Здатність із застосуванням сучасних методологій, методів та інструментів наукової діяльності за фахом ставити експеримент, обробляти отримані експериментальні дані, встановлювати аналітичні і системні залежності між об'єктами; застосовувати сучасні цифрові технології, бази даних та інші електронні ресурси у науковій та освітній діяльності.

СК04. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в галузі електронних комунікацій, радіотехніки та дистанційного аерокосмічних досліджень та дотичні до них міждисциплінарні проекти.

Після завершення курсу аспіранти зможуть:

- оволодіти методами дешифрування матеріалів аерокосмічного знімання,
- поглибити навички обробки даних ДЗЗ з використанням сучасних програмних продуктів на основі нових підходів,
- створювати візуалізацію отриманих результатів.

5. Результати навчання:

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		<i>Форма/Методи викладання і навчання</i>	<i>Форма/Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1.1	<i>Методи попередньої обробки</i>	<i>Лекція</i>	<i>Усне опитування</i>	<i>до 5%</i>

	<i>багатоспектральних даних: яскравісні перетворення. Методи підвищення контрасту. Методи обчислення та обробки індексних зображень. Візуальне дешифрування.</i>			
1.2	<i>Методи попередньої обробки багатоспектральних даних: корекція (геометрична, радіометрична, атмосферна). Теплова зйомка</i>	<i>Лекція</i>	<i>Усне опитування</i>	<i>до 5%</i>
1.3	<i>Класифікація: 1. неконтрольована; 2. методи класифікації з навчанням; Методи автоматизованої сегментації даних ДЗЗ</i>	<i>Лекція</i>	<i>Усне опитування</i>	<i>до 10%</i>
1.4	<i>Посткласифікація. Методи виявлення та аналізу змін на зображеннях. Аналіз трендів. Оцінка точності</i>	<i>Лекція, практичне заняття</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 10%</i>
1.5	<i>Спектри та гіперспектральні зображення</i>	<i>Лекція, практичне заняття</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 10%</i>
2.1	<i>Виконувати обробку багатоспектральних даних, розуміти принципи яскравісного перетворення.</i>	<i>Практична робота, самостійна робота</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 10%</i>
2.2	<i>Вміти застосовувати методи попередньої обробки</i>	<i>Практична робота, самостійна робота</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 10%</i>
2.3	<i>Вміти проводити класифікування даних дистанційного знімання неконтрольованим способом та способом класифікування з навчанням</i>	<i>Практична робота, самостійна робота</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 10%</i>
2.4	<i>Уміти проводити пост класифікаційний аналіз</i>	<i>Практична робота, самостійна робота</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 10%</i>
2.5	<i>Обробляти багато спектральні дані для певних задач</i>	<i>Практична робота, самостійна робота</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 10%</i>
3.1	<i>Обґрунтовувати можливості застосування обробки аерокосмічних зображень для вирішення конкретних задач</i>	<i>Лекція, практична робота, самостійна робота</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 5%</i>
4.1	<i>Використовувати отримані знання при обробці аерокосмічних даних та оцінювати точність та ефективність методики</i>	<i>Практична робота</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 5%</i>

Структура курсу: лекційні і практичні заняття, самостійна робота.

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	4.1
РН02. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
РН06. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з електронних комунікацій, радіотехніки, зокрема з дистанційних аерокосмічних досліджень, та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів та дотриманням норм професійної і академічної етики, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
РН08. Застосовувати загальні принципи та методи математики, сучасні програмно-технічні засоби, інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи і технології.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

7. Схема формування оцінки:

7.1. Форми оцінювання студентів

1. Семестрове оцінювання:

1) *Контрольна робота «Провести поетапну обробку космічного знімку середньої розрізненності та зробити геологічне дешифрування» – 10 балів (рубіжна оцінка – 6 балів).*

2) *Оцінка за роботу на лекційних та практичних заняттях – 50 балів (рубіжна оцінка – 30 балів)*

2. Підсумкове оцінювання у формі іспиту: *максимальна оцінка 40 балів (рубіжна оцінка – 24 бали). Під час іспиту аспірант виконує реалізацію проєкту з використанням знань та вмінь з методів обробки багатоспектральних даних, матеріалів теплової зйомки тощо. Підсумкове оцінювання у формі іспиту не є обов'язковим, при відмові від участі у даній формі оцінювання аспірант не отримує відповідні бали до підсумкової оцінки.*

Результати навчальної діяльності аспірантів оцінюються за 100 бальною шкалою.

Загальна оцінка виставляється за результатами роботи студента впродовж семестру та підсумкового оцінювання у формі іспиту, як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж семестру та балів отриманих в результаті підсумкового оцінювання у формі іспиту.

	Семестрова кількість балів за семестр	ПКР (підсумкова контрольна робота) чи/або залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	36	24	60
Максимум	60	40	100

Аспірант не допускається до підсумкового оцінювання у формі іспиту, якщо під час семестрів набрав менше 20 балів.

7.2. Організація оцінювання: Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: 5 лекцій та виконання 5 практичних робіт (де аспіранти мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі використовуючи окреслені викладачем методи та засоби) та проведення 1 модульної контрольної роботи. Підсумкове оцінювання проводиться у формі письмово-усного іспиту.

7.3. Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні	Самостійна робота
1	Тема 1. Методи попередньої обробки багатоспектральних даних: яскравісні перетворення. Методи підвищення контрасту. Методи обчислення та обробки індексних зображень. Візуальне дешифрування.	6		2
2	Тема 2. Методи попередньої обробки багатоспектральних даних: корекція (геометрична, радіометрична, атмосферна). Теплова зйомка	6		2
3	Тема 3. Класифікація: 1. неконтрольована; 2. методи класифікації з навчанням; Методи автоматизованої сегментації даних ДЗЗ	6		3
4	Тема 4. Посткласифікація. Методи виявлення та аналізу змін на зображеннях. Аналіз трендів. Оцінка точності	6		3
5	Тема 5. Спектри та гіперспектральні зображення	6		3
	Практична робота 1. Виконувати обробку багато спектральних даних, розуміти принципи яскравісного перетворення.		4	4
	Практична робота 2. Вміти застосовувати методи попередньої обробки		4	4

	<i>Практична робота 3. Вміти проводити класифікування даних дистанційного знімання неконтрольованим способом та способом класифікування з навчанням</i>		6	4
	<i>Практична робота 4. Уміти проводити посткласифікаційний аналіз</i>		6	3
	<i>Практична робота 5. Обробляти багатоспектральні дані для певних задач</i>		4	4
	<i>Модульна робота</i>		2	
	<i>Іспит</i>		2	
	Всього за семестр	30	28	32

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Практичні заняття - **24 год.**

Самостійна робота - **32 год.**

Модульна робота – **2 год.**

Іспит – **2 год.**

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:

Основні:

1. Yuan J., Wang D., Li R. Remote Sensing Image Segmentation by Combining Spectral and Texture Features // IEEE transactions on geoscience and remote sensing. 2014. Vol. 52. No. 1. URL: http://web.ornl.gov/~jiy/papers/YWL_TGRS12.pdf .
2. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах : навч.-метод. посіб. / С. О. Довгий, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма та ін. – Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2020. – 268 с.
3. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування : навч. посіб. / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. — К. : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. — 316 с. ISBN 978-617-7734-01-6
4. Advanced Remote Sensing. Terrestrial Information. Extraction and Application. Ed. Shunlin Liang, Jindi Wang. Elsevir. 2020
5. A Survey on Geometric Correction of Satellite Imagery <https://pdfs.semanticscholar.org/17f1/83d503893dd5f657bcbdd57838003a3fc94b.pdf>
6. Continuity of Reflectance Data between Landsat-7 ETM+ and Landsat-8 OLI, for Both Top-of-Atmosphere and Surface Reflectance: A Study in the Australian Landscape <https://www.mdpi.com/2072-4292/6/9/7952/htm>
7. Atmospheric Correction <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/atmospheric-correction>
8. Atmospheric corrections and parameter retrieval <http://earth.esa.int/landtraining07/D1LB2-Moreno.pdf>
9. Jensen, J. R. (2013b). Remote Sensing of the Environment: Pearson New International Edition: An Earth Resource Perspective (2nd ed.). Pearson.
10. Lavender, S., & Lavender, A. (2015). Practical Handbook of Remote Sensing (1st ed.). CRC Press.
11. Pohl, C., van Genderen, J. L., & van Genderen, J. L. (2017). Remote Sensing Image Fusion. Taylor & Francis.
12. Campbell, J. B., Wynne, R. H., & Thomas, V. A. (2022). Introduction to Remote Sensing, Sixth Edition (Sixth ed.). The Guilford Press.
13. Canty, M. J. (2014). Image Analysis, Classification and Change Detection in Remote Sensing. Amsterdam University Press.
14. Gao, J. (2009). Digital Analysis of Remotely Sensed Imagery. McGraw-Hill Education.
15. Elachi, C., van Zyl, J. J., & van Zyl, J. J. (2006). Introduction To The Physics and Techniques of Remote Sensing. Wiley.
16. Richards, J. A., & Jia, X. (2006). Remote Sensing Digital Image Analysis. Springer Publishing.
17. Soergel, U. (2010). Radar Remote Sensing of Urban Areas. Springer Publishing.

Додаткові:

1. Основи створення електронних карт на базі програмного забезпечення Arcgis 10. 1 / Бревуc С. М. та ін. Київ : ТОВ «СІТІПРІНТ», 2013. 142 с.
2. Онлайн-довідник зі спектральних індексів idb: вся інформація зі спектральних індексів в одному місці. 2019. URL: www.50northspatial.org/ua/idb-remote-sensing-indices-database/.

Питання з дисципліни «Методи обробки та дешифрування даних дистанційного зондування Землі»

Методи попередньої обробки багатоспектральних даних: яскравісні перетворення. Методи підвищення контрасту. Методи обчислення та обробки індексних зображень.

1. Операції із зображеннями: точкові операції. Розподіл щільності фототону.
 2. Операції із зображеннями: алгебраїчні операції. Спектральні індекси.
 3. Просторово - частотні методи обробки зображень: фільтрація зображень. Фільтрація Фур'є. Низькочастотна фільтрація. Високочастотна фільтрація (градієнтний фільтр, фільтр Лапласа, локальне збільшення контрасту).
 4. Яка головна мета попередньої обробки даних дистанційного зондування?
 5. Етапи попередньої обробки. Їх коротка характеристика.
 6. Геометрична корекція і трансформування, та основні фактори геометричних спотворень зображення.
 7. Дані, необхідні для виконання геометричної корекції.
 8. Яким чином виконується радіометричне калібрування знімків, та його основна суть.
 9. Чому радіометрична обробка зображень не виконуються на борту супутника?
 10. Які фізичні величини отримують після виконання радіометричного калібрування зображень?
 11. Атмосферна корекція: суть та фактори впливу атмосфери на зображення.
 12. Чим ускладнюється створення універсальної атмосферної моделі для атмосферної корекції.
 13. Опис підходів до атмосферної корекції зображень
 14. Переваги та недоліки кожного із підходів до атмосферної корекції зображень.
- Класифікація: 1. неконтрольована; 2. методи класифікації з навчанням; Методи автоматизованої сегментації даних ДЗЗ*
15. У чому полягає завдання класифікації об'єктів?
 16. Основні підходи до класифікації та їх відмінність між собою?
 17. Основні методи піксельно-орієнтованого підходу до класифікації та коротка характеристика їх переваг та недоліків.
 18. У чому відмінність між методами контрольованою і неконтрольованою класифікації?
 19. Які основні вимоги пред'являються до навчальних вибірок?
 20. Особливості застосування керованої класифікації космічних знімків за допомогою алгоритму мінімальних відстаней.
 21. Особливості застосування керованої класифікації космічних знімків за допомогою алгоритму максимальної правдоподібності.
 22. Особливості застосування керованої класифікації космічних знімків за допомогою алгоритму Махаланобіса.
 23. Суть методу класифікації основанийого на штучних нейронних мережах. Їх переваги та недоліки?
 24. Етапи технологічного процесу об'єктно-орієнтованої класифікації?

Посткласифікація. Методи виявлення та аналізу змін на зображеннях. Аналіз трендів. Оцінка точності

25. Операції післякласифікаційної обробки: злиття класів, поділ класів, усунення дрібних помилкових об'єктів, згладжування меж об'єктів і т.п.
26. Resampling – зміна розміру зображення. Приклади підвищення розрізнення зображення. Приклади пониження розрізнення зображення.
27. Фільтрація на основі статистичних фільтрів.
28. Морфологічні перетворення. Морфологія в ENVI.

29. Автоматизований пошук змін на різночасових космічних знімках: метод порівняння карт класифікації, метод діаграми розсіювання, метод математичних операцій.
30. Аналіз трендів: часові ряди, аналіз трендів часових рядів.
31. Оцінювання точності класифікації космічних знімків. Метод матриці помилок. Еталонні дані для оцінювання точності класифікації космічних знімків.

Теплове знімання

1. Сфери застосування дистанційного знімання у тепловому діапазоні
2. Закон Релея-Джинса та ультрафіолетова катастрофа
3. Закон теплового випромінювання Планка
4. Закон Стефана-Больцмана
5. Абсолютно чорне тіло, сіре тіло
6. Коефіцієнт теплового випромінювання
7. Процес обробки даних знімання у тепловому діапазоні для розрахунку температури

Спектри та гіперспектральні зображення

1. Спектри відбиття та їх вимірювання польовими та дистанційними методами.
2. Калібрування спектральних кривих.
3. Перетворення спектральних кривих на спектральні сигнатури в залежності від обраного сенсора.
4. Що називають гіперкубом даних, охарактеризуйте його.
5. Переваги та недоліки гіперспектрального знімання.
6. Атмосферна корекція та калібрування гіперспектральних аерокосмічних знімків.
7. Поняття та оцінка інформативності гіперспектральних аерокосмічних знімків.
8. Оптимізація складу спектральних каналів гіперспектральних аерокосмічних знімків.

Радіолокаційна зйомка

1. Принцип радіолокаційного знімання з синтезованою апертурою.
2. В яких діапазонах працюють авіаційні та супутникові РСА?
3. Дайте визначення коефіцієнта зворотного розсіювання.
4. Принципи та порядок побудови радарної інтерферометрії.
5. В чому полягають особливості радіолокаційних зображень.
6. Застосування радіолокаційних зображень при дослідженні рослинності.