

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ЦАКДЗ ІГН НАН України

член-кореспондент НАН України

Михайло ПОПОВ

2024 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	17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
спеціальність	172 – Електронні комунікації та радіотехніка
освітній рівень	доктор філософії
освітня програма	«Дистанційні аерокосмічні дослідження»
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2024/2025
Семестр	4
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

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

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

© Козлова А.О., 2024 рік
Лубський М.С., 2024 рік
Пестова І.О., 2024 рік
Томченко О.В., 2024 рік
Хижняк А.В., 2024 рік

КИЇВ – 2024

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, завідувачка лабораторії методів обробки даних дистанційного зондування при відділі геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях ЦАКДЗ ІГН НАН України;

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

Хижняк Анна Василівна кандидат технічних наук, учений секретар ЦАКДЗ ІГН НАН України, старший науковий співробітник відділу геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях 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 «17» вересня 2024 року № 7.

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:

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:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форма/Методи викладання і навчання	Форма/Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Методи попередньої обробки багатоспектральних даних: яскравісні перетворення. Методи підвищення контрасту. Методи обчислення та обробки індексних зображень. Візуальне дешифрування.	Лекція	Усне опитування	до 5%
1.2	Методи попередньої обробки багатоспектральних даних: корекція (геометрична, радіометрична, атмосферна). Теплова зйомка	Лекція	Усне опитування	до 5%
1.3	Класифікація: 1. неконтрольована; 2. методи класифікації з навчанням; Методи автоматизованої сегментації даних ДЗЗ	Лекція	Усне опитування	до 10%
1.4	Посткласифікація. Методи виявлення та аналізу змін на зображеннях. Аналіз трендів. Оцінка точності	Лекція, практичне заняття	Виконання практичної роботи	до 10%
1.5	Спектри та гіперспектральні зображення	Лекція, практичне заняття	Виконання практичної роботи	до 10%
2.1	Виконувати обробку багато-спектральних даних, розуміти принципи яскравісного перетворення.	Практична робота, самостійна	Виконання практичної роботи	до 10%

		<i>робота</i>		
2.2	<i>Вміти застосовувати методи попередньої обробки</i>	<i>Практична робота, самостійна робота</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	до 10%
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>	до 10%
2.4	<i>Уміти проводити пост класифікаційний аналіз</i>	<i>Практична робота, самостійна робота</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	до 10%
2.5	<i>Обробляти багато спектральні дані для певних задач</i>	<i>Практична робота, самостійна робота</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	до 10%
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>	до 5%
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>	до 5%

Структура курсу: лекційні і практичні заняття, самостійна робота.

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	4.1
Програмні результати навчання												
<i>ПР01 Знання ролі та місця дистанційних досліджень у системі наук про Землю та космос, сучасного стану і загальносвітових тенденцій розвитку дистанційних методів і засобів вивчення Землі та об'єктів космічного простору. базових принципів дистанційних досліджень і аерокосмічного моніторингу, загальної схеми проведення дистанційного аерокосмічного дослідження та тематичних задач дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), їх класифікації.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>ПР03 Знання методів оброблення та аналізу аерокосмічних зображень та інших дистанційних даних. Критерії якості аерокосмічних зображень. Інформативність аерокосмічних зображень.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>ПР04 Знання методів комп'ютерного аналізу та класифікації аерокосмічних</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

зображень. Особливості оброблення, аналізу та класифікації багато- і гіперспектральних зображень, мікрохвильових та радіолокаційних зображень. Субпіксельний аналіз багато- і гіперспектральних зображень.												
<i>ПР05</i> Знання сучасних програмних пакетів комп'ютерного оброблення і аналізу аерокосмічних зображень. Геоінформаційні системи в забезпеченні дистанційних досліджень.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>ПР07</i> Знання принципів управління процесами отримання, передавання та оброблення матеріалів ДЗЗ. Архівація та каталогізація даних ДЗЗ. Метадані. Розподілена інфраструктура даних ДЗЗ. Геопортали.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>ПР08</i> Знання ролі і місця наземних полігонів ДЗЗ при калібруванні бортових сенсорів і тестуванні методик оброблення і класифікації аерокосмічних зображень. Вимоги до наземних завіркових даних.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>ПР11</i> Уміння застосовувати знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, обчислювальної техніки та програмування, програмних засобів для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>ПР12</i> Знання та вміння використовувати методологічні засади визначення характеристик земної поверхні, класифікації земної поверхні та дослідження часової динаміки характеристик земної поверхні, та інших способів обробки даних дистанційного зондування в просторовій та частотній області					+	+		+				
<i>ПР16</i> Планування експериментів в аерокосмічних дослідженнях. Складання прогнозних оцінок та сценаріїв розвитку природних процесів та надзвичайних ситуацій на основі даних аерокосмічного моніторингу.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>ПР18</i> Уміння проводити професійну інтерпретацію отриманих матеріалів із застосуванням сучасного програмного забезпечення та існуючих теоретичних моделей.						+	+	+	+	+	+	+

ПРН19. Уміння використовувати сучасні інформаційні та комунікаційні технології, засоби дистанційного навчання, комп'ютерні засоби та програми при проведенні наукових досліджень.						+	+	+	+	+	+	+
ПР20 Знання методів наукових досліджень та вміння їх використовувати на належному рівні; вміння розшукувати, опрацьовувати, аналізувати та синтезувати отриману інформацію (наукові статті, науково-аналітичні матеріали, бази даних тощо).	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
ПР21 Знання принципів наукової верифікації та вміння проводити аналіз і оцінку результатів наукових досліджень. Вміння складати наукові рецензії, проводити експертну оцінку перспективності запланованих наукових проєктів.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
ПР22 Уміння ефективної комунікації та представлення складної комплексної інформації у доступній формі усно та письмово, використовуючи інформаційно-комунікаційні технології та відповідні технічні терміни.											+	+
ПР25 Дотримуватись етичних норм, враховувати авторське право та норми академічної доброчесності при проведенні наукових досліджень, презентації їх результатів та у науково-педагогічній діяльності.											+	+
ПР27 Брати участь у міжнародних симпозиумах, конференціях, школах, робочих нарадах. Бути ініціатором програм стажування і співпраці з міжнародними науковими колективами.											+	+

7. Схема формування оцінки:

7.1. Форми оцінювання студентів

1. Семестрове оцінювання:

1) Контрольна робота «Провести поетапну обробку космічного знімку середньої розрізненості 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 отримає 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	8		3
4	Тема 4. Посткласифікація. Методи виявлення та аналізу змін на зображеннях. Аналіз трендів. Оцінка точності	8		3
5	Тема 5. Спектри та гіперспектральні зображення	6		3
	Практична робота 1. Виконувати обробку багато спектральних даних, розуміти принципи яскравісного перетворення.		4	3
	Практична робота 2. Вміти застосовувати методи попередньої обробки		4	3
	Практична робота 3. Вміти проводити класифікування даних дистанційного		6	3

	<i>знімання неконтрольованим способом та способом класифікування з навчанням</i>			
	Практична робота 4. <i>Уміти проводити посткласифікаційний аналіз</i>		6	3
	Практична робота 5. <i>Обробляти багатоспектральні дані для певних задач</i>		4	3
	<i>Модульна робота</i>		2	
	Іспит		2	
	Всього за семестр	34	28	28

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекцій – **34 год.**

Практичні заняття - **24 год.**

Самостійна робота - **28 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/html>
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 / Бреус 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 оснований 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.