

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
« 29 » вересня 2025 року
04778363

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Кількісне моделювання в дослідженнях природного середовища
(Quantitative modeling in natural environment research)
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 вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	4
Кількість кредитів ECTS	2
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

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

Суханов Костянтин Юрійович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях.

© І.О. Пестова, 2025

КИЇВ – 2025

Розробник: Пестова Ірина Олександрівна, кандидат технічних наук, старший дослідник, завідувачка лабораторії методів обробки даних дистанційного зондування при відділі геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях.

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 «23» вересня 2025 року № 12.

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 кількісного моделювання в дистанційному зондуванні Землі та формування навичок розробки алгоритмів і моделювальних процедур для обробки даних дистанційного зондування.

2. Вимоги до вибору навчальної дисципліни:

- диплом магістра однієї зі спеціальностей галузі наук про Землю або телекомунікацій;
- наявність базових знань теорії розповсюдження електромагнітного випромінювання;
- наявність базових навичок обробки аерокосмічних зображень земної поверхні;

3. Анотація навчальної дисципліни

Предметом дисципліни є кількісне моделювання в дослідженнях природного середовища.

Навчальний курс також включає формування навичок обробки окремих аерокосмічних знімків та аналізу часового ряду знімків за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

4. Цілі навчання:

Протягом навчання аспіранти мають здобути загальні компетентності (ЗК):

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

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.

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

СК05. Здатність виявляти, ставити та вирішувати дослідницькі науково-прикладні задачі та/або проблеми в сфері електронних комунікацій, радіотехніки та дистанційного аерокосмічних досліджень, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК06. Здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

Основні результати навчання:

- ознайомити з методами структурного і об'єктно-орієнтованого програмування як з найбільш поширеними і ефективними методами розробки програмних продуктів;
- забезпечити оволодіння основними методами аналізу та розв'язування задач з програмування окремих етапів обробки даних дистанційного зондування;
- розкрити методику складання алгоритмів;
- забезпечити оволодіння знанням основних конструкцій та правил побудови програм на мові програмування C++, Phyton, ознайомити з синтаксисом програмного забезпечення IDL та Sci-lab;
- сформувати знання, вміння і навички, необхідні для самостійної організації навчального процесу, розвинути здатність до постійної самоосвіти;
- виховати творчий підхід до розв'язування професійних проблем.

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	Теоретичні основи кількісного моделювання в дистанційному зондуванні Землі	Лекція, практичне заняття	Усне опитування	до 10%
1.2	Обчислювальні середовища для кількісного моделювання. Базові принципи програмування для обробки та аналізу дистанційних даних	Лекція, практичне заняття	Усне опитування	до 15%
1.3	Відновлення регресійних залежностей із завіркових даними	Лекція, практичне заняття	Усне опитування	до 10%
1.4	Приклади використання кількісного моделювання для вирішення тематичних задач	Лекція, практичне заняття	Виконання практичної роботи	до 15%
2.1	Розроблення алгоритмів обробки багатоспектральних космічних знімків в одному з обчислювальних середовищ	Практична робота, самостійна робота	Виконання практичної роботи	до 15%
2.2	Розроблення алгоритмів аналізу часових серій дистанційних даних в одному з обчислювальних середовищ	Лекція, практична робота, самостійна робота	Виконання практичної роботи	до 10%
3.1	Складання конвеєрів обробки дистанційних даних. Забезпечення обміну даними та інтегрованості.	Практична робота, самостійна робота		до 5%
4.1	Практична обробка реальних дистанційних даних та оцінювання точності кількісного моделювання	Практична робота		до 5%

Структура курсу: лекційні і практичні заняття, контрольні заняття, самостійна робота аспірантів.

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	3.1	4.1
	Програмні результати навчання							
РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з електронних комунікацій, радіотехніки, зокрема з дистанційних аерокосмічних досліджень, і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.	+	+	+	+				+

PH02. 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.	+	+				+	+	+
PH03. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми з електронних комунікацій, радіотехніки, зокрема з дистанційних аерокосмічних досліджень, кваліфіковано оприлюднювати в тому числі іноземною мовою результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях та на наукових заходах.	+	+				+	+	+
PH04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у сфері електронних комунікацій, радіотехніки, зокрема з дистанційних аерокосмічних досліджень, та дотичних міждисциплінарних напрямках.	+	+	+	+				+
PH05. Глибоко розуміти загальні принципи та методи електронних комунікацій, дистанційних аерокосмічних досліджень, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях та у викладацькій практиці.	+	+	+	+	+	+	+	+
PH06. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з електронних комунікацій, радіотехніки, зокрема з дистанційних аерокосмічних досліджень, та дотичних міждисциплінарних напрямків 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.				+	+	+	+	
PH07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми у сфері електронних комунікацій, радіотехніки, зокрема з дистанційних аерокосмічних досліджень, з врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.	+	+	+	+				+

7. Схема формування оцінки:

7.1. Форми оцінювання аспірантів

1. Семестрове оцінювання:

1) Контрольна робота «Реалізація алгоритму обробки даних ДЗЗ в обраному програмному середовищі» – 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 проекту з використанням знань та вмінь з кількісного моделювання. **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 аспіранта 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 семестру набрав менше 20 балів.

7.2. Організація оцінювання: Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: 4 лекції та виконання 4 практичних робіт (де аспіранти мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі використовуючи окреслені викладачем методи та засоби) та проведення 1 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. Теоретичні основи кількісного моделювання в дистанційному зондуванні Землі. Множини. Логіка. Ймовірності.	2		3
2	Тема 2. Обчислювальні середовища для кількісного моделювання та програмування.	4		3
3	Тема 3. Спеціалізоване програмне забезпечення для кількісного моделювання в ДЗЗ. Вбудовані середовища розробки та зовнішні програмні бібліотеки для обробки дистанційних даних.	4		3
4	Тема 4. Приклади використання кількісного моделювання для вирішення тематичних задач дистанційного зондування Землі	2		3
5	Практична робота 1. Побудова алгоритму аналізу дистанційних даних з використанням логічних операцій та оцінок ймовірності		4	4
6	Практична робота 2. Реалізація алгоритму в		4	4

	<i>різних середовищах програмування.</i>			
7	Практична робота 3. Реалізація алгоритмів обробки у спеціалізованому ПЗ за допомогою вбудованого середовища розробки		4	4
8	Практична робота 4. Розрахунок характеристик рослинності із залученням апроксимаційних моделей.		4	4
	<i>Контрольна робота</i>			2
	Іспит з дисципліни – 2 год.			2
	Всього за семестр	12	16	32

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 60 год., в тому числі:

Лекцій – **12 год.**

Практичні заняття - **16 год.**

Самостійна робота - **28 год.**

Контрольна робота - **2 год.**

Іспит – 2 год.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:

Основні:

1. Landgrebe D. A. Information extraction principles and methods for multispectral and hyperspectral image data / D. A. Landgrebe // Information Processing for Remote Sensing. – Hackensack: World Scientific Publishing, 2000. – P. 3–38.
2. Лялько В. І. Застосування матеріалів багатоспектральної космічної зйомки при вирішенні задач природокористування / В. І. Лялько, М. О. Попов, О. Д. Федоровський, А. І. Воробйов, Г. М. Жолобак, З. В. Козлов, А. Г. Мичак, О. І. Сахацький, С. А. Станкевич, В. Є. Філіпович, З. М. Шпортюк // Космічні дослідження в Україні 2004-2006. – К.: НКАУ, 2006. – С. 14–21.
3. Urroz G. E. Time series and spatial data analysis with SciLab / G. E. Urroz. – Logan: InfoClearinghouse, 2001. – 64 p.
4. Schowengerdt R. A. Remote sensing: Models and methods for image processing. – San Diego: Academic Press, 2007. – 560 pp.
5. Lein J. K. Environmental sensing: Analytical techniques for Earth observation / J. K. Lein. – N.Y. : Speinger, 2012. – 348 p.
6. Згуровский М. З., Павлов А. А. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами: Монография.– К.: Наукова думка, 2010. – 573 с.

Додаткові:

1. Станкевич С. А. Картирование изменений растительного покрова Киевской агломерации на основе долговременных временных рядов многоспектральных космических снимков Landsat / С. А. Станкевич, И. А. Пестова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса – Институт космических исследований РАН. – Москва, 2014. – Т. 11. № 2. – С. 187–196.
2. Станкевич С. А. Геоінформаційний сервіс оброблення даних для оцінювання рослинності урбанізованих територій / С. А. Станкевич, І. О. Пестова // Вісник геодезії та картографії, 2014. – № 3. – С. 23–26.
3. Станкевич С. А. Дистанційна оцінка якісного стану рослинності на міських територіях на прикладі НПП «Голосіївський» [Електронний ресурс] / С. А. Станкевич, І. О. Пестова, О. О. Година, Р. С. Філозоф // Електронний журнал «Наукові доповіді НУБіП України». – 2015-2(51). 12 с. – Режим доступу до журн.: http://nd.nubip.edu.ua/2015_2/5.pdf
4. Кочубей С. Н. Сахацький О. І. До можливостей оцінювання зволоженості земного покриття за багатоспектральними космічними зображеннями оптичного діапазону на прикладі території України / О. І. Сахацький, С. А. Станкевич // Доповіді НАН України, 2007. – № 11. – С. 122–128.
5. Gap Light Analyzer (GLA): Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs / Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Canada; Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, N.Y., USA, 1999. – 36 p.

Питання до іспиту

1. Застосування математичного апарату та перехід до математичної моделі.
2. Обчислювальне середовище Sci Lab.
3. Залучення апроксимаційних моделей до розрахунку характеристик рослинності.
4. Основні види математичних методів.
5. C++: створення й використання бібліотек для обробки дистанційних даних
6. Використання логічних операцій для вирішення тематичних задач
7. Множини та матриці.
8. Python: створення й використання бібліотек для обробки дистанційних даних
9. Оцінка точності кількісного моделювання.
10. Теорія графів. Дерева рішень
11. Мова програмування IDL для аналізу даних
12. Забезпечення обміну даними та інтеоперабельності.
13. Логічні операції та формули.
14. Вбудоване середовище розробки в програмі SNAP.
15. Складання конвеєрів обробки дистанційних даних
16. Булева алгебра. Основні властивості (тотожності).
17. Вбудоване середовище розробки в програмі ENVI
18. Аналіз часових серій дистанційних даних
19. Випадкові величини. Дискретне та нормальне розподілення
20. Вбудоване середовище розробки в програмі ArcGIS
21. Використання оцінок ймовірності для вирішення тематичних задач
22. Загальні властивості алгоритмів
23. Вбудоване середовище розробки в програмі QGIS
24. Відновлення регресійних залежностей із завірковими даними