

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 ПЛОПОВ
" 29 " вересня 2025 року

Робоча програма навчальної дисципліни
Оцінювання ефективності дистанційних методів дослідження природного
середовища
(*Remote sensing methods efficiency 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

Викладач: Станкевич Сергій Арсенійович, доктор технічних наук, професор,
завідувач відділу геопросторового моделювання в аерокосмічних
дослідженнях ЦАКДЗ ІГН НАН України

© С.А. Станкевич, 2025

Київ - 2025

Розробник: Станкевич Сергій Арсенійович, доктор технічних наук, професор,
завідувач 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 «23» вересня 2025 року № 12.*

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

НАН



Михайло ПОПОВ

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



Анна ХИЖНЯК

1. Мета дисципліни - дати аспірантам уявлення про ефективність дистанційних методів дослідження природного середовища, показники і кількісні методи, що використовуються при оцінці ефективності.

1.1. Завдання - вивчення і практичне застосування методів і алгоритмів кількісного оцінювання ефективності дистанційних методів при вирішенні задач дослідження природного середовища.

2. Вимоги до вибору навчальної дисципліни:

Диплом магістра з однієї з технічних або фізико-математичних спеціальностей або освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліста.

Теоретичні знання та практичні навички з обробки та аналізу матеріалів дистанційного зондування Землі для вирішення типових тематичних задач. Вміння самостійної роботи в галузі електроніки та телекомунікацій.

3. Анотація навчальної дисципліни

Дисципліна "Оцінювання ефективності дистанційних методів дослідження природного середовища" розглядає теоретичні основи, принципи, показники, математичні методи і алгоритми кількісного оцінювання ефективності дистанційних методів при вирішенні задач дослідження природного середовища.

Поступово розглядаються одно- та багакритеріальні методи оцінювання ефективності, зачіпаються питання умовної і безумовної оптимізації. Особлива увага приділяється питанням кількісного оцінювання інформативності матеріалів дистанційного зондування.

4. Цілі навчання:

Протягом навчання аспіранти мають здобути загальні компетентності (ЗК):

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

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.

СК03. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською, англійською або іншими мовами, глибоке розуміння іншомовних (зокрема, англомовних) наукових текстів за напрямом досліджень.

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 аспірантів з теоретичними основами, принципами і показниками ефективності дистанційних методів.

Вивчити сучасні математичні методи оцінювання ефективності, зрозуміти відомі алгоритми на їх основі та освоїти необхідні програмні засоби.

Сформувати у аспірантів навички практичного оцінювання ефективності дистанційних методів при вирішенні типових тематичних задач дослідження природного середовища.

Після закінчення курсу аспіранти мають вміти:

самостійно обирати належний метод оцінювання ефективності стосовно конкретної тематичної задачі;

одержувати початкові дані, необхідні для застосування обраного методу;

розраховувати кількісні значення показників ефективності методів дослідження природного середовища.

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 та принципи оцінювання ефективності дистанційних методів	лекції	залік	10%
1.2	Математичні методи та відомі алгоритми оцінювання ефективності	лекції, ПЗ	залік	15%
1.3	Інформативність матеріалів дистанційного зондування Землі	лекції, ПЗ	залік	15%
1.4	Основні методи та алгоритми оптимізації при оцінюванні ефективності	лекції	залік	10%
2.1	Практичне оцінювання ефективності дистанційних методів при вирішенні типових тематичних задач дослідження природного середовища	практичні заняття	захист результатів ПЗ	30%
3.1	Отримання початкових даних для оцінювання ефективності дистанційних методів	практичні заняття	захист результатів ПЗ	10%
4.1	Перевіряння адекватності та несуперечності одержаних оцінок ефективності дистанційних методів	практичні заняття	захист результатів ПЗ	10%

Структура курсу: лекційні та практичні заняття, самостійна робота аспірантів.

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання:

Результати навчання дисципліни. Програмні результати навчання	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	3.1	4.1
PH01. 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.						+	
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 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.						+	+

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.						+	+
PH09. Організовувати і здійснювати освітній процес у сфері електронних комунікацій, радіотехніки, зокрема з дистанційних аерокосмічних досліджень, його наукове, навчально-методичне та нормативне забезпечення, розробляти і викладати спеціальні навчальні дисципліни у закладах вищої освіти.						+	+

7. Схема формування оцінки:

7.1. Форми оцінювання студентів.

Семестрове оцінювання:

Реферат за однією з тем на вибір “Автоматичне оцінювання відношення сигнал-шум цифрових аерокосмічних зображень”, “Просторово-частотний аналіз цифрових аерокосмічних зображень”, “Оцінювання інформативності багатоспектральних аерокосмічних зображень”, “Методи підвищення просторової розрізненості аерокосмічних зображень”, “Методи багатокритеріального шкалування”, “Методи безумовної оптимізації” - 30 балів (рубіжна оцінка 18 балів).

Оцінка за роботу на лекційних та практичних заняттях - 30 балів (рубіжна оцінка 18 балів).

Підсумкове оцінювання у формі іспиту: максимальна оцінка 40 балів (рубіжна оцінка 24 бали). Під час іспиту аспірант письмово відповідає на два теоретичних питання з курсу, розв'язує практичну задачу з кількісного оцінювання ефективності дистанційних методів та усно відповідає на додаткові питання викладача.

Результати навчальної діяльності аспірантів оцінюються за 100 бальною шкалою.

Кількість балів	Семестрова робота	Реферат	Залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	18	18	24	60
Максимум	30	30	40	100

Аспірант не допускається до підсумкового оцінювання у формі іспиту, якщо під час семестру (включаючи написання реферату) набрав менше 20 балів.

7.2. Організація оцінювання: Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: роботу на лекціях та практичних заняттях (де аспіранти мають продемонструвати якість засвоєння матеріалів курсу та вирішити поставлені задачі використовуючи визначені викладачем методи та засоби), виконання самостійних завдань (де аспіранти мають вирішувати поставлені задачі без обмеження методів та інструментарію) та написання реферату. Підсумкове оцінювання проводиться у формі 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

№	Назва теми	Кільк лекції	ість		годин	інше
			ПЗ	СР		
1	Вступ. Мета та завдання дисципліни, структура курсу, звітність	1				
2	Тема 1. Теоретичні основи оцінювання ефективності дистанційних методів дослідження природного середовища	2			6	
3	Тема 2. Основні показники оцінювання ефективності дистанційних методів. Однокритеріальне оцінювання ефективності	2	4		8	
4	Тема 3. Інформативність матеріалів дистанційного зондування Землі. Методи оцінювання інформативності в типових тематичних задачах	2	4		10	
5	Тема 4. Багатокритеріальне оцінювання ефективності. Методи оптимізації при оцінюванні ефективності	4	4		10	
6	Заключення. Невирішені питання та перспективи розвитку оцінювання ефективності дистанційних методів	1				
14	Іспит з дисципліни					2
	Всього	12	12		34	2

Загальний обсяг 60 год., в тому числі:

Лекцій - 12 акад. год.

Практичні заняття - 12 год.

Самостійна робота - 34 год.

Іспит - 2 год.

Рекомендовані джерела:

Основні:

Бурштинська Х.В., Станкевич С.А. Аерокосмічні знімальні системи: підручник. Львів: Львівська політехніка, 2013, 316 с. ISBN 9786176075332

Recognition and Perception of Images: Fundamentals and Applications. Ed. by I.B. Abbasov. Beverly: Scrivener Publishing, 2021, 474 p. ISBN 9781119750550

Додаткові:

Станкевич С.А. Кількісне оцінювання інформативності гіперспектральних аерокосмічних знімків при вирішенні тематичних задач дистанційного зондування Землі. Доповіді НАН України, 2006, № 10, с. 136-139.

Попов М.А., Станкевич С.А., Шкляр С.В. Алгоритм підвищення розрешення субпиксельно смещённых изображений. Математичні машини та системи, 2015, № 1, с. 29-36.

Stankevich S.A. Evaluation of the spatial resolution of digital aerospace image by the bidirectional point spread function parameterization. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol.1265. Cham: Springer Nature, 2021, pp. 317-327. ISBN 9783030581237

Запитання до іспиту

1. Поняття ефективності дистанційних методів. Показники та критерії ефективності.
2. Інформаційна ємність видових матеріалів аерокосмічного знімання.
3. Функціональні, економічні та часові критерії ефективності дистанційних методів.
4. Імовірність виконання завдання аерокосмічного знімання.
5. Оцінювання ефективності дистанційних методів при багатьох показниках.
6. Просторово-частотний аналіз цифрових аерокосмічних зображень.
7. Параметри аерокосмічного знімання, потрібні для вирішення тематичних задач дистанційного зондування Землі
8. Оцінка максимальної правдоподібності в дистанційних методах.
9. Кількісне оцінювання інформативності матеріалів дистанційного зондування.
10. Вимоги до просторової розрізненості аерокосмічних зображень. Критерій Джонсона.
11. Еквівалентна просторова розрізненість багатовимірних аерокосмічних зображень.
12. Математичні методи безумовної оптимізації.
13. Передавальні властивості іконічних систем. Функція розсіяння точки. Оптична передавальна функція. Функція передачі модуляції.
14. Методи підвищення просторової розрізненості аерокосмічних зображень.
15. Формалізація експертного оцінювання ефективності. Метод аналізу ієрархій.
16. Об'єктивне оцінювання просторової розрізненості цифрових аерокосмічних зображень.

Практичні задачі:

1. Задача: Оцінити фактичну піксельну розрізненість цифрового аерокосмічного зображення WV2-Pan_R1C1-052418590120
2. Задача: Оцінити фактичну піксельну розрізненість цифрового аерокосмічного зображення PNR1A-GVC-2013-04-22
3. Задача: Вирівняти формальну розрізненість багатоспектрального зображення Sentinel-2 S2A_MSIL2A_20220321T090651_N0400_R050_T35UQR_20220321T123915 з опорою на зображення спектрального діапазону B8
4. Задача: Оцінити фактичну піксельну розрізненість цифрового аерокосмічного зображення Planet-Pan-20171005_082312
5. Задача: Оцінити фактичну піксельну розрізненість цифрового аерокосмічного зображення Radarsat2-UltraFine_Ottawa_2008-02-10
6. Задача: Вирівняти формальну розрізненість багатоспектрального зображення Sentinel-2 S2A_MSIL2A_20220723T084611_N0400_R107_T36TUS_20220723T131856 з опорою на зображення спектрального діапазону B4
7. Задача: Оцінити фактичну піксельну розрізненість цифрового аерокосмічного зображення Sich-2_1A_083_135_120210094334_MSSP
8. Задача: Вирівняти формальну розрізненість багатоспектрального зображення Landsat-8 LC08_L1TP_181025_20220730_20220730_02_RT з опорою на зображення спектрального діапазону B8