

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



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

*Оцінювання стану рослинності урбанізованих територій з
використанням багатоспектральних космічних знімків
(Vegetation condition assessment within urban area using multispectral
satellite imagery)*

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	5
Кількість кредитів ECTS	2
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	диференційований залік

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

© І.О. Пестова, 2025

КИЇВ – 2025

Розробники: Пестова Ірина Олександрівна, кандидат технічних наук, старший дослідник, завідувачка лабораторії методів обробки даних дистанційного зондування при відділі геоінформаційних технологій в дистанційному зондуванні Землі

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 оцінювання кількісно-якісних характеристик рослинності за допомогою даних дистанційного зондування та формування навичок обробки аерокосмічних та наземних даних з метою отримання фізично обґрунтованих показників стану рослинності.

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 методи оцінювання кількісно-якісних характеристик рослинності урбанізованих територій за багатоспектральними космічними знімками. Навчальний курс також включає формування навичок обробки окремих багатоспектральних знімків та аналізу часового ряду знімків. Особливу увагу буде приділено технології відновлення регресійних залежностей між спектральними вегетаційними індексами за дистанційними даними та характеристиками рослинності за даними польових вимірювань.

4. Цілі навчання:

Протягом навчання аспіранти мають здобути загальні компетентності (ЗК):

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

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.

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

Після завершення курсу аспіранти зможуть:

- виконувати картування розподілу кількісно-якісних характеристик рослинності;
- визначати за даними часових серій космічних знімків зміни стану рослинності урбанізованих територій;
- обробляти аерокосмічні зображення та наземні вимірювання для відновлення регресійних залежностей між дистанційними та фізичними характеристиками рослинності.

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>Теоретичні основи багатоспектрального знімання</i>	<i>Лекція</i>	<i>Усне опитування</i>	<i>до 5%</i>
1.2	<i>Теоретичні основи закономірностей зв'язку спектральних вегетаційних індексів та показників стану рослинності</i>	<i>Лекція</i>	<i>Усне опитування</i>	<i>до 5%</i>
1.3	<i>Відновлення регресійних залежностей з проведенням польових завіркових досліджень</i>	<i>Лекція</i>	<i>Усне опитування</i>	<i>до 10%</i>
1.4	<i>Попередня обробка багатоспектральних космічних знімків</i>	<i>Лекція, практичне заняття</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 10%</i>
1.5	<i>Картування кількісно-якісних характеристик рослинності</i>	<i>Лекція, практичне заняття</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 10%</i>
1.6	<i>Оцінювання стану рослинності урбанізованих територій з використанням багатоспектральних космічних знімків</i>	<i>Лекція</i>	<i>Усне опитування</i>	<i>до 15%</i>
2.1	<i>Виконувати високорівневу обробку багатоспектральних космічних знімків, отримувати дані розподілу вегетаційних індексів та кількісно-якісних характеристик рослинності</i>	<i>Практична робота, самостійна робота</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 15%</i>
2.2	<i>Обробляти часові ряди багатоспектральних космічних знімків</i>	<i>Практична робота, самостійна робота</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 15%</i>
3.1	<i>Обґрунтовувати можливості застосування обробки багатоспектральних зображень з метою оцінювання стану рослинності урбанізованих територій</i>	<i>Лекція, практична робота, самостійна робота</i>		<i>до 10%</i>
4.1	<i>Використовувати отримані знання при обробці аерокосмічних даних та оцінювати точність та ефективність методики</i>	<i>Практична робота</i>		<i>до 5%</i>

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	1.5	1.6	2.1	2.2	3.1	4.1
Програмні результати навчання										
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.	+	+	+	+	+	+				
РН03. 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.				+	+	+				
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 аспірантів

1. Семестрове оцінювання:

1) Контрольна робота «Обробка багатоспектральних космічних знімків з метою оцінювання стану рослинності урбанізованих територій» – 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 диференційованого заліку: максимальна оцінка 40 балів (рубіжна оцінка –24 бали). Під час заліку аспірант виконує реалізацію проєкту з використанням знань та вмінь з оцінювання стану рослинності урбанізованих територій за багатоспектральними космічними знімками. **Підсумкове оцінювання у формі заліку 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 диференційованого заліку, 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 диференційованого заліку, якщо під час семестру набрав менше 20 балів.

7.2. Організація оцінювання: Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: 4 лекції та виконання 3 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 використання багатоспектральних космічних знімків для оцінювання кількісних та якісних характеристик рослинності	1		4
2	Тема 2. Метод оцінювання кількості рослинності урбанізованих територій з використанням багатоспектральних космічних знімків	2		4
3	Тема 3. Метод оцінювання якості рослинності урбанізованих територій з використанням багатоспектральних космічних знімків	2		4
4	Тема 4. Метод виявлення просторово-часових трендів змін стану рослинності урбанізованих територій з використанням багатоспектральних космічних знімків	1		4

5	<i>Практична робота 1. Розрахунок кількості рослинності на тестовій ділянці за матеріалами багатоспектральних космічних знімків</i>		4	4
6	<i>Практична робота 2. Розрахунок якості рослинності на тестовій ділянці за матеріалами багатоспектральних космічних знімків</i>		4	6
7	<i>Практична робота 3. Оцінювання зміни стану рослинності урбанізованої території за часовою серією багатоспектральних космічних знімків</i>		4	6
	<i>Контрольна робота</i>			2
	<i>Залік з дисципліни – 1 год.</i>			2
	Всього за семестр	12	12	36

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 60 год., в тому числі:

Лекцій – **12 год.**

Практичні заняття - **12 год.**

Самостійна робота - **32 год.**

Контрольна робота - **2 год.**

Диференційований залік – **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. Miller R. W. Urban forestry: Planning and managing urban greenspaces / R. W. Miller. – Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988. – 404 pp.
3. Newman A. P. Monitoring urban forest canopy cover using satellite imagery / A. P. Newman // *Environmental Monitoring and Assessment*, 1993. – Vol. 26. – No. 2-3. – P. 175–176.
4. Кочубей С.М. Использование деривативных вегетационных индексов для оценки содержания хлорофилла в растительности по данным измерения из космоса / С. М. Кочубей, Т. А. Казанцев // *Космічна наука і технологія*, 2011. – Т. 17. – № 3. – С. 54–59.
5. 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.
6. Строчинський А. А. Таксація зелених насаджень на території міста Києва: теорія та практика. Монографія / А. А. Строчинський, В. В. Миронюк. – Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко, 2013. – 179 с.
7. Миклуш С. І. Ландшафтно-рекреаційні ознаки лісів лісопаркових частин зелених зон населених пунктів / С. І. Миклуш, Ю. С. Миклуш // *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 2013. – Вип. 11. – С. 51–57.
8. Chen J. M. Canopy architecture and remote sensing of the fraction of photosynthetically active radiation absorbed by boreal conifer forests / J. M. Chen // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1996. – Vol. 34. – P. 1353–1368.
9. Breda N. J. J. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies / N. J. J. Breda // *Journal of Experimental Botany*, 2003. – Vol. 54. – No. 392. – P. 2403–2417.
10. Попов М. О. Оцінювання характеристик зелених насаджень з використанням засобів дистанційного зондування Землі / М. О. Попов, І. Д. Семко // *Екологічна безпека та природокористування : зб. наук. пр. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. [та ін.]*. – К., 2013. – Вип. 12. – С. 51–62.
11. Jonckheere I. Review of methods for in-situ leaf area index determination. Part 1. Theories, sensors and hemispherical photography / I. Jonckheere, S. Fleck, K. Nackaerts, B. Muys, P. Copin, M. Weiss, F. Baret // *Agricultural and Forest Meteorology*, 2004. – Vol. 121. – P. 19–35.
12. Лялько В. І. Зіставлення супутникових та наземних гіперспектральних даних при визначенні позиції червоного краю спектрів відбиття / В. І. Лялько, З. М. Шпортюк, О. І. Сахацький, О. М. Сибірцева, С. С. Дугін, В. В. Григоренко // *Косм. наука і технологія*, 2010. – 16, № 3. – С. 39–45.
13. Попов М. О. Технічні аспекти визначення стану рослинності урбанізованих територій з використанням дистанційних методів / М. О. Попов, С. А. Станкевич, А. О. Козлова // *Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки України: Перша Всеукраїнська конф. з запр. закордонних учасників: матеріали доп.* – К.: Наук. думка, 2008. – С. 70–75.
14. Turner D. P. Relationships between leaf area index and Landsat TM spectral vegetation indices across three temperate zone sites / D. P. Turner, W. B. Cohen, R. E. Kennedy, K. S. Fassnacht, J. M. Briggs // *Remote Sensing of Environment*, 1999. – Vol. 70. – P. 52–68.

15. Станкевич С. А. Информативность оптических диапазонов дистанционного наблюдения Земли из космоса: практические алгоритмы / С. А. Станкевич // Космічна наука і технологія, 2008. – Т. 14. – №2. – С. 22–27.

16. Крючков А. И. Устранение влияния атмосферы и учёт топографии подстилающей поверхности при многоспектральном дистанционном зондировании Земли из космоса / А. И. Крючков // Исследование Земли из космоса, 2002. – № 05. – С. 45–49.

Додаткові:

1. 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.

2. 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

3. Кочубей С. Н. Спектральные свойства растений как основа методов дистанционной диагностики / С. Н. Кочубей, Н. И. Кобец, Т. М. Шадчина. – К.: Наукова думка, 1990. – 136 с.

4. 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.

6. Neumann H. H. Leaf area measurements based on hemispheric photographs and leaf-litter collection in a deciduous forest during autumn leaf-fall / H. H. Neumann, G. D. Den Hartog, R. H. Shaw // Agricultural and Forest Meteorology, 1989. – Vol. 45. – P. 325–345.

7. Urroz G. E. Time series and spatial data analysis with SciLab / G. E. Urroz. – Logan: InfoClearinghouse, 2001. – 64 p.

Питання до заліку

1. Радіометричне калібрування космічних знімків
2. Дослідження рослинності на основі вегетаційних індексів
3. Комплекс необхідних підсупутникових спостережень на території досліджень
4. Класифікація космічних знімків для виділення рослинності.
5. Оцінка рослинності за індексом листкової поверхні
6. Рекомендації щодо впровадження методики оцінки стану рослинності урбанізованих територій
7. Вибір космічних систем ДЗЗ та постачальників даних
8. Залучення довготривалих супутникових спостережень для дослідження рослинності
9. Контактні методи визначення кількісно-якісних характеристик рослинності.
10. Атмосферна корекція космічних знімків та усунення перешкод
11. Обґрунтування визначення показника якості рослинності за багатоспектральними космічними знімками
12. Сучасні прилади для безконтактного визначення кількісно-якісних характеристик рослинності в польових умовах
13. Метод оцінювання кількості рослинності урбанізованих територій з використанням багатоспектральних космічних знімків
14. Вибір методу апроксимації спектральних кривих
15. Умови вибору багатоспектральних космічних знімків для виявлення просторово-часових трендів змін стану рослинності
16. Відновлення регресійних залежностей між нормалізованим вегетаційним індексом та індексом листкової поверхні для території дослідження
17. Відновлення регресійних залежностей показників якості рослинності за дистанційними та наземними даними
18. Обґрунтування вибору основних показників для дослідження просторово-часових змін стану рослинності
19. Контактні методи визначення кількісно-якісних характеристик рослинності.
20. Радіометричне калібрування космічних знімків
21. Оцінка рослинності за індексом листкової поверхні
22. Обґрунтування вибору основних показників для дослідження просторово-часових змін стану рослинності
23. Атмосферна корекція космічних знімків та усунення перешкод
24. Вибір методу апроксимації спектральних кривих