

**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

***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	2024/2025
Семестр	5
Кількість кредитів ECTS	1
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 геоінформаційних технологій в дистанційному зондуванні Землі

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)

© Пестова І.О., 2024 рік

КИЇВ – 2024

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 «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 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:

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:

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 багатоспектрального знімання	Лекція	Усне опитування	до 5%
1.2	Теоретичні основи закономірностей зв'язку спектральних вегетаційних індексів та показників стану рослинності	Лекція	Усне опитування	до 5%
1.3	Відновлення регресійних залежностей з проведенням польових завіркових досліджень	Лекція	Усне опитування	до 10%
1.4	Попередня обробка багатоспектральних космічних знімків	Лекція, практичне заняття	Виконання практичної роботи	до 10%
1.5	Картування кількісно-якісних характеристик рослинності	Лекція, практичне заняття	Виконання практичної роботи	до 10%
1.6	Оцінювання стану рослинності урбанізованих територій з використанням багатоспектральних космічних знімків	Лекція	Усне опитування	до 15%
2.1	Виконувати високорівневу обробку багатоспектральних космічних знімків, отримувати дані розподілу вегетаційних індексів та кількісно-якісних характеристик рослинності	Практична робота, самостійна робота	Виконання практичної роботи	до 15%

2.2	Обробляти часові ряди багатоспектральних космічних знімків	Практична робота, самостійна робота	Виконання практичної роботи	до 15%
3.1	Обґрунтовувати можливості застосування обробки багатоспектральних зображень з метою оцінювання стану рослинності урбанізованих територій	Лекція, практична робота, самостійна робота		до 10%
4.1	Використовувати отримані знання при обробці аерокосмічних даних та оцінювати точність та ефективність методики	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	1.5	1.6	2.1	2.2	3.1	4.1
Програмні результати навчання										
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.	+	+	+	+	+	+				
ПР04 Знання методів комп'ютерного аналізу та класифікації аерокосмічних зображень. Особливості оброблення, аналізу та класифікації багато- і гіперспектральних зображень, мікрохвильових та радіолокаційних зображень. Субпіксельний аналіз багато- і гіперспектральних зображень.				+	+	+				
ПР05 Знання сучасних програмних пакетів комп'ютерного оброблення і аналізу аерокосмічних зображень. Геоінформаційні системи в забезпеченні дистанційних досліджень.				+	+	+	+			
ПР09 Знання параметрів природного середовища і характеристик, що спостерігаються та вимірюються дистанційними методами.			+	+	+	+				
ПР12 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>ПР13 Уміння аналізувати сучасні наукові праці, виокремлюючи дискусійні та мало досліджені питання, здійснювати моніторинг наукових джерел інформації щодо досліджуваної проблеми, встановлювати їх наукову цінність шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами, формулювати наукову проблему.</i>	+	+			+		+	+	+	+
<i>ПР18 Уміння проводити професійну інтерпретацію отриманих матеріалів із застосуванням сучасного програмного забезпечення та існуючих теоретичних моделей.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>ПР22 Уміння ефективної комунікації та представлення складної комплексної інформації у доступній формі усно та письмово, використовуючи інформаційно-комунікаційні технології та відповідні технічні терміни.</i>					+	+	+	+	+	+
<i>ПР25 Дотримуватись етичних норм, враховувати авторське право та норми академічної доброчесності при проведенні наукових досліджень, презентації їх результатів та у науково-педагогічній діяльності.</i>					+	+	+	+	+	+
<i>ПР27 Брати участь у міжнародних симпозіумах, конференціях, школах, робочих нарадах. Бути ініціатором програм стажування і співпраці з міжнародними науковими колективами.</i>					+	+	+	+	+	+

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		2
2	Тема 2. Метод оцінювання кількості рослинності урбанізованих територій з використанням багатоспектральних космічних знімків	2		
3	Тема 3. Метод оцінювання якості рослинності урбанізованих територій з використанням багатоспектральних космічних знімків	2		
4	Тема 4. Метод виявлення просторово-часових трендів змін стану рослинності урбанізованих територій з використанням багатоспектральних космічних знімків	1		2
5	Практична робота 1. Розрахунок кількості рослинності на тестовій ділянці за матеріалами багатоспектральних космічних знімків		4	2
6	Практична робота 2. Розрахунок якості рослинності на тестовій ділянці за матеріалами багатоспектральних космічних знімків		4	2
7	Практична робота 3. Оцінювання зміни стану рослинності урбанізованої території за часовою серією багатоспектральних космічних знімків		4	2
	Контрольна робота			1
	Залік з дисципліни – 1 год.			1
	Всього за семестр	6	12	12

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 30 год., в тому числі:

Лекцій – **6 год.**

Практичні заняття - **12 год.**

Самостійна робота - **10 год.**

Контрольна робота - **1 год.**

Диференційований залік – **1 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 Гавришенко, 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 листової 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 листової 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 листової 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