

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

**Основи синтезу статистичних моделей фрактальних геофізичних полів,
геосистем та процесів за даними дистанційного зондування**
(*Fundamentals of synthesis of statistical models of fractal geophysical fields, geosystems and processes
according to remote sensing data*)

для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії

галузь знань
спеціальність
освітній рівень
освітня програма
вид дисципліни

17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

172 – Електронні комунікації та радіотехніка

доктор філософії

Дистанційні аерокосмічні дослідження

вибіркова

форма навчання

денна

навчальний рік

2024/2025

семестр

4

кількість кредитів ECTS

2

мова викладання,

навчання та оцінювання

українська

форма заключного контролю

іспит

Викладач: **Артюшенко Михайло Віталійович**, доктор технічних наук, доцент,
головний науковий співробітник відділу геопросторового моделювання в
аерокосмічних дослідженнях ЦАКДЗ ІГН НАН України

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ "___" _____ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ "___" _____ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ "___" _____ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

©Артюшенко М. В., 2024

Київ – 2024

Розробник: Артющенко Михайло Віталійович, доктор технічних наук, доцент,
головний 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 – сформуванати у аспірантів уявлення про:

- негладкі (недиференційовані) геофізичні поля, що досліджуються дистанційними методами;
- методи статистичного опису, мультифрактального та комп'ютерного моделювання геосистем і процесів для інтерпретації даних дистанційного зондування (ДЗ) довкілля.

2. Вимоги до вибору навчальної дисципліни

- Диплом магістра з технічних або фізико-математичних спеціальностей.
- Теоретичні знання та практичні навички з обробки та класифікації матеріалів ДЗ, Теорії ймовірностей, Математичної статистики.
- Вміння самостійної роботи з науковою літературою.

3. Анотація навчальної дисципліни

Розглядаються теоретичні основи статистичних методів синтезу моделей фрагментів систем географічних оболонок Землі на основі спостережень за фізичними полями.

У результаті зондування Землі створюються і аналізуються на цифрових знімках в різних спектральних діапазонах образи природних або штучних фізичних полів: спектральних яскравостей, радіолокаційних, температурних, лідарних вимірів та ін. В процесі комп'ютерної обробки даних, представлених космічними знімками, виявляється залежність структури поля, що спостерігається, від просторової розрізненості. Зі збільшенням розрізненості мінливість геофізичних полів зростає, що вказує на неоднорідність і анізотропність середовища зондування; обмеження на гладкість і диференційованість функції поля, на яких побудована прикладна теорія поля, стають мало обґрунтованими. Таке поле має безліч особливих точок, в яких функція поля не є такою, що диференціюється. У таких полях інакше відбуваються процеси дифузії, тепло- і масопереносу. Очевидно, що опис процесів сучасної обробки сигналів і полів неможливо виконати за допомогою формул класичної регулярної математики, отриманих на основі представлення гладких функцій.

Стосовно задач інтерпретації даних ДЗ у даний час набувають розповсюдження методи і моделі, що ґрунтуються на засадах статистичних та інформаційних ентропій та дивергенцій, мультифрактальних мір. Для багатьох просторово-розподілених геосистем коректне вивести детермінований закон еволюції спостережуваної системи або її частини не представляється можливим з причини великої кількості непередбачуваних і невідомих чинників, що впливають на систему. Проте на мікрорівні доступними для спостереження є статистичні розподіли елементів системи та інформаційні ентропії, що дозволяє визначити стан системи і передбачати її поведінку.

4. Цілі навчання

Ознайомити аспірантів з теоретичними основами, принципами і показниками сучасних методів статистичного та мультифрактального моделювання геосистем за даними ДЗ. Вивчити та застосувати у своїх подальших дослідженнях сучасні методи та алгоритми нелінійної динаміки (самоорганізації), інформаційних ентропій для синтезу моделей інтерпретації даних ДЗ 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 степеневих розподілів та принципи синтезу статистичних фрактальних моделей геосистем та процесів за даними ДЗ	лекції	залік	10%
1.2	Математичні методи і алгоритми ідентифікації степеневих розподілів спектральних сигнатур геосистем	лекції, ПЗ	залік	15%
1.3	Інформаційні ентропії, дивергенції і їх застосування при аналізі даних ДЗ геосистем і процесів	лекції, ПЗ	залік	15%
1.4	Перколяційна модель опису просторових кластерних розподілів геосистем, мультифрактальне модулювання даних ДЗ	лекції	залік	10%
2	Синтез статистичних, комп'ютерних моделей геосистем і процесів при вирішенні тематичних задач ДЗ, математичний опис систем та прогнозування процесів	практичні заняття	захист результатів ПЗ	30%
3	Комп'ютерне моделювання статистичних моделей за даними ДЗ	практичні заняття	захист результатів ПЗ	10%
4	Валідація статистичних моделей ДЗ	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	3	4
<i>ПРО1</i> 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>ПРО6</i> Знання та володіння системним підходом в оцінюванні ефективності дистанційних аерокосмічних методів та засобів дистанційних аерокосмічних спостережень.	+	+	+	+	+		+

<i>ПР11 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>			+		+	+	
<i>ПР13 Уміння аналізувати сучасні наукові праці, відокремлюючи 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 симпозиумах, конференціях, школах, робочих нарадах. Бути ініціатором програм стажування і співпраці з міжнародними науковими колективами.</i>					+	+	

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів.

Семестрове оцінювання:

- Реферат за однією з тем на вибір “Прояв самоорганізованої критичності у природних системах і соціальних структурах (the Science of Self-Organized Criticality)“, “Методи ідентифікації степеневих розподілів, приклади розподілу спектральних сигнатур”, “Ентропія та дивергенція Рен’ї, статистичні фрактали природних систем”, “Перколяційні моделі кластерних структур, на прикладах всихання лісів”, “Мультифрактальне моделювання ризиків виникнення пожеж на торф’яниках” – 30 балів (рубіжна оцінка 18 балів). Аспірант може запропонувати на розгляд власну назву реферату, яка узгоджується з програмою навчальної дисципліни.

- 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 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	Кількість годин			
		лекції	ПЗ	СР	інше
1	Вступ. Обґрунтування, мета та завдання дисципліни, структура курсу, звітність	1			
2	Тема 1. Теоретичні основи статистичного моделювання негладких структур довкілля, знайомство з теорією самоорганізованої критичності (the Science of Self-Organized Criticality) природних систем, приклади	2		6	
3	Тема 2. Формування спектральних (гіперспектральних) даних природних систем. Степеневі розподіли та методи і алгоритми їх ідентифікації, приклади комп'ютерних реалізацій.	2	4	8	
4	Тема 3. Інформаційні ентропії та дивергенції, фрактали та статистичні фрактали (мультифрактали, або фрактали на фракталах)	2	4	10	
5	Тема 4. Алгоритми та приклади обчислення фракталів, мультифракталів, мультифрактальні індекси-міри за даними зондування природних систем.	4	4	10	
6	Тема 5. Перколяційна модель опису просторових кластерних розподілів геосистем	1			
7	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:

1. Bak P. How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality. Copernicus, 2013, 240 p., ISBN-10: 1475754272
2. Feder, J. Fractals. Springer US, 2013, 284 p., ISBN: 9781489921260, 1489921265
Федер Е. Фракталы. М., Мир, 1991, 254 с.
3. Schroeder M. Fractals, chaos, power laws. N.Y., Freeman and Co, 1990, 429 p., ISBN: 0716721368
4. Newman M. E. J. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. Journal Contemporary Physics, 2005, V. 46. P. 323-351.
5. Артющенко М. В, Томченко О. В. Перколяційна модель для контролю над поширенням заражень лісу за зображеннями з космічних апаратів. Космічна наука і технологія. 2020. 26, № 4 (125). С. 45-46. <https://doi.org/10.1507/knit2020.04.045>
6. Артющенко М.В., Порушкевич А.Ю. Застосування інформаційних дивергенцій до аналізу геосистем і процесів за даними дистанційного зондування. Український журнал дистанційного зондування Землі, 2023, 10 (2), С.4–11. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2023.10.2.232>
<https://ujrs.org.ua/ujrs/article/view/232>
7. Artiushenko M. V. Identification and Interpretation of Power-Law Distributions by Spectral Data of Remote Sensing. J. Automat. and Inform. Sci., 2018, 50(12), P. 17–33. <https://doi.org/10.1615/JAutomatInfScien.v50.i12.20>
8. Artiushenko M. V. Statistical analysis of the unsmooth geophysical fields by remote sensing data. J. of Automation and Information Sciences, 2018, 50(6), P. 14–27, DOI:10.1615/JAutomatinfScien.v50.i6.20
9. Artiushenko, M. V., Khyzhniak A.V., Tomchenko O.V. Prediction and risk management of spreading forest pest infestations using satellite data, Space Science and Technology, 2024, 30, 3(148), P. 61-70. <https://doi.org/10.15407/knit2024.03.061>
10. Renyi A. On Measures of Entropy and Information // Proc. Fourth Berkeley Symp. on Math. Stat. and Prob. Univ. of Calif. Press, 1961, Vol. 1, P. 547-561.