

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**

*«Практичне застосування системних методів оцінки і прогнозування  
стану міських територій на основі дистанційних аерокосмічних  
досліджень»*

*(System methods practical application for the urban area condition  
assessment and prediction by remote aerospace 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: Хижняк Анна Василівна кандидат технічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник відділу геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях, учений секретар ЦАКДЗ ІГН НАН України.

© А.В. Хижняк, 2025

КИЇВ – 2025

Розробники: Хижняк Анна Василівна кандидат технічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник відділу геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях, учений секретар 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 НАН України



Михайло ПОПОВ

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



Анна ХИЖНЯК

## ВСТУП

Навчальна дисципліна «Практичне застосування системних методів оцінки і прогнозування стану міських територій на основі дистанційних аерокосмічних досліджень» є частиною циклу дисциплін «Методи системного аналізу та прийняття рішень в дистанційному зондуванні Землі», необхідних фахівцям-аналітикам які, використовуючи сучасні комп'ютерні і телекомунікаційні технології, проводять збір, накопичення, обробку і аналіз даних та приймають рішення, спрямовані на аналіз складних динамічних процесів.

**1. Мета навчальної дисципліни** – ознайомити PhD-студентів із сучасними інформаційними технологіями побудови і дослідження систем та практичними навичками використання методів та засобів моделювання складних динамічних процесів у системах.

Предмет навчальної дисципліни – методологія системного аналізу, методи і процеси дослідження систем та сучасні засоби і технології проектування комп'ютерних систем.

### **2. Вимоги до вибору навчальної дисципліни:**

- Мати навички та теоретичні знання, пов'язані з такими предметами, як “Вища математика”, “Теорія ймовірностей”, “Математична статистика”.

- Володіти навичками самостійної роботи.

### **3. Анотація навчальної дисципліни**

Вивчення дисципліни дозволяє PhD-студентам за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка, оволодіти знаннями та навичками з аналізу, моделювання, оптимізації, узагальнення та розповсюдження інформації засобами сучасних інформаційних технологій, питань теорії систем та системного аналізу; забезпечення засвоєння суті та методології дослідження систем, системного аналізу; практичного використання сучасних методів, засобів та технологій моделювання складних систем.

### **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.

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.

СК07. Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті.

Дисципліна викладається на третьому році навчання, що дозволяє PhD-студентам безпосередньо застосувати отримані знання і навички при написанні дисертаційної роботи.

Завдання: - вивчити основні поняття, класифікацію методів і засобів аналізу складних динамічних процесів; - ознайомитись із сучасними засобами і технологіями моделювання складних систем в Україні і закордоном; - навчитись ефективно використовувати сучасні програмні засоби обробки, аналізу та моделювання складних динамічних процесів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни PhD-студент повинен знати:

- загальні характеристики системності та системного підходу;
- основні задачі системного аналізу;
- особливості моделювання систем;
- методи якісного та кількісного аналізу складних систем типу місто.

У результаті вивчення навчальної дисципліни PhD-студент повинен вміти:

- аналізувати завдання в своїй предметній області і вибирати відповідні методи та засоби дослідження складних систем;
- здійснювати постановку задач, планування та реалізацію процесів аналізу, моделювання та прогнозування змін складних систем.

### 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 застосування системних методів для оцінки і прогнозу стану міських територій на основі дистанційних аерокосмічних досліджень</i>	<i>Лекція</i>	<i>Усне опитування</i>	<i>до 5%</i>
1.2	<i>Методичні основи оцінки і прогнозу стану міських територій на основі дистанційних аерокосмічних досліджень</i>	<i>Лекція</i>	<i>Усне опитування</i>	<i>до 5%</i>
1.3	<i>Застосування методу багатокритеріальної оптимізації – для оцінки екологічного стану міста та впливу на нього складових урболандшафту (включно техногенного навантаження та інші фактори)</i>	<i>Лекція</i>	<i>Усне опитування</i>	<i>до 10%</i>
1.4	<i>Застосування методу фрактального аналізу – для визначення структури урболандшафту міської території</i>	<i>Лекція, практичне заняття</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 10%</i>
1.5	<i>Метод системної динаміки для кількісного аналізу систем, що мають множинні внутрішні зв'язки між елементами системи</i>	<i>Лекція, практичне заняття</i>	<i>Виконання практичної роботи</i>	<i>до 10%</i>
1.6	<i>Особливості моделювання та прогнозування складних систем типу місто.</i>	<i>Лекція</i>	<i>Усне опитування</i>	<i>до 10%</i>

2.1	Аналізувати завдання в своїй предметній області і вибирати відповідні методи та засоби дослідження відповідних територій	Практична робота, самостійна робота		до 10%
2.2	Виконувати комплексування різнорідних даних, проводити моделювання складних систем.	Практична робота, самостійна робота		до 10%
3.1	Обґрунтовувати можливості застосування методів системного аналізу для оцінки та моделювання складних систем	Лекція, практична робота, самостійна робота		до 5%
4.1	Використовувати отримані знання при обробці аерокосмічних даних, моделюванні складних систем типу місто та виконанні оцінки ефективності застосованих методик	Практична робота		до 5%

**Структура курсу:** лекційні і практичні заняття, самостійна робота.

#### **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
<b>Програмні результати навчання</b>										
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.			+	+	+		+	+	+	+
РН04. 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.			+	+	+		+	+	+	+
РН05. 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.										
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.	+	+	+	+	+	+				
РН07. 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.	+	+	+	+	+	+				
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 студентів

#### 1. Семестрове оцінювання:

1) Оцінка за роботу на лекційних та практичних заняттях – 60 балів (рубіжна оцінка – 36 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 оцінки та моделювання стану складних систем типу місто. 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 студента 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 іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	36	24	60
Максимум	60	40	100

Аспірант не допускається до підсумкового оцінювання у формі іспиту, якщо під час семестрів набрав менше 20 балів.

**7.2. Організація оцінювання:** Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: 6 лекцій 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 модульної 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	<b>Тема 1.</b> Теоретичні основи застосування системних методів для оцінки і прогнозу стану міських територій на основі дистанційних аерокосмічних досліджень	2		4
2	<b>Тема 2.</b> Методичні основи оцінки і прогнозу стану міських територій на основі дистанційних аерокосмічних досліджень	2		4
3	<b>Тема 3.</b> Застосування методу багатокритеріальної оптимізації – для оцінки екологічного стану міста та впливу на нього складових урболандшафту (включно техногенного навантаження та інші фактори)	2		4
4	<b>Тема 4.</b> Застосування методу фрактального аналізу – для визначення структури урболандшафту міської території	2		4
5	<b>Тема 5.</b> Метод системної динаміки для кількісного аналізу систем, що мають множинні внутрішні зв'язки між елементами системи	2		4
6	<b>Тема 6.</b> Особливості моделювання та прогнозування складних систем типу місто.	2		4

	<i>Практична робота 1. Оцінка стану складних систем та визначення їх структури</i>		2	4
	<i>Практична робота 2. Побудова складних моделей змін стану міських територій</i>		2	4
	<i>Практична робота 3. Обробка аерокосмічних даних, моделювання зміни стану складових урболандшафту міста. Оцінки ефективності застосованих методик</i>		2	4
	<b>Модульна контрольна робота</b>			2
	<b>Консультація</b>			2
	<b>Іспит</b>			2
	<b>Всього за семестр</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>42</b>

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

**Загальний обсяг 60 год.**, в тому числі:

Лекцій – **12 год.**

Практичні заняття - **6 год.**

Самостійна робота - **38 год.**

Модульна робота - **2 год.**

Іспит – **2 год**

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:

### Основні:

1. Згуровский М. З. Системный анализ. / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. – К. Наукова думка, 2005. – 743 с.
2. Волкович В. Л. Методы и алгоритмы автоматизированного проектирования сложных систем управления. / В. Л. Волкович, А. Ф. Волошин, Л. Ф. Даргейко и др. – К.: Наукова думка, 1984. – 216 с.
3. Hurst H.E. Long-term storage capacity of reservoirs / H. E. Hurst // Am. Soc. Civ. Eng. Trans, 1952. – V. 116. – P. 770–808
4. Alfeld L. E. Introduction to Urban Dynamics. / L. E. Alfeld, A. K. Graham. – Pegasus Communications: Waltham MA, 1976. – 300 p.
5. Артюшенко М.В. Мультифрактальный анализ биоразнообразия и ценотической структуры сообщества растений по данным дистанционного зондирования / М. В. Артюшенко, Л. В. Подгородецкая, Л. Н. Зуб, А. Д. Федоровский // Доповіді НАНУ. – 2011.– №9. – С. 132–141.
6. Renyi A. Probability theory / A. Renyi. – Amsterdam, North – Holland Pub. Co, 1970. – 670 p.
7. Forrester J. W. Counterintuitive behavior of social systems. / J. W. Forrester. – Technology Review, 1971. – 73(3) – P. 52–68.

### Додаткові:

1. Соколовська А. В. Мультифрактальний аналіз варіабельності структури складових міських територій на основі космічної інформації ДЗЗ (на прикладі міста Києва за 1986 – 2011 рр.) / А. В. Соколовська // Доповіді Національної академії наук України. – 2013. – №12. – С. 187–194.
2. Соколовська А. В. Використання космічної інформації ДЗЗ для моделювання впливу складових урболандшафту на екологічний стан території міста Києва / А. В. Соколовська, К. Ю. Суханов, О. Д. Федоровський // Космічна наука і технологія. – 2013. – Т. 19. № 3. – С. 21–26.
3. Соколовська А. В. Деякі методи використання матеріалів космічної зйомки для оцінки і прогнозу сталого розвитку міських територій (на прикладі міста Києва) / А. В. Соколовська, член-кореспондент НАН України О. Д. Федоровський // Доповіді Національної академії наук України. – 2014. – № 8. – С. 102–111.
4. Соколовська А. В. Використання системних методів аналізу космічної інформації ДЗЗ для визначення екологічного стану антропогенно змінених ландшафтів / А.В. Соколовська, О. В. Томченко // Геоінформатика – теоретичні і прикладні аспекти: матеріали 13-ї Міжнародної конференції, (Київ, Україна, 13–16 травня 2013). – К. : Наукова думка, 2013. – С. 1–6.
5. Sokolovska A. The modification of Forrester-Graham urban dynamics model through assimilation of the statistical data of space heomonitoring and ground-based observations for the analysis and prediction of environmental conditions of Kyiv / A. Sokolovska // Геоінформатика – теоретичні і прикладні аспекти: матеріали 14-ї Міжнародної конференції, (Київ, Україна, 13–16 травня 2014). – К.: Наукова думка, 2014. – С. 23–29.

### **Теоретичні запитання**

1. Що таке системний аналіз? Назвіть методи системного аналізу, які застосовують при оцінці та аналізі стану складних систем.
2. Яка роль аерокосмічних методів в дослідженнях міських територій
3. Які космічні знімки та для яких задач використовуються при оцінці стану міських територій
4. Основні типи урболадшафтів
5. Що таке системний підхід? Назвіть методи системної динаміки для моделювання та прогнозування змін міських територій.
6. Що таке метод багатокритеріальної оптимізації? Які вхідні дані можуть використовуватися при застосуванні методу?
7. Етапи алгоритму оцінки стану складових урболандшафту. Наведіть приклади складових урболандшафту та вкажіть як змінюється розрахунок функції близькості.
8. Фрактальний аналіз. Области застосування. Особливості використання фрактального аналізу при оцінці варіабельності складових урболандшафту.
9. Умови, які підтверджують існування мультифрактальної структури складових урболандшафту.
10. Що таке спектр узагальнених розмірностей Реньї мультифрактала та як його розраховують
11. Модель Форрестера-Грехема для моделювання міських територій. Основні принципи її використання.
12. Для отримання практично значущих результатів при побудові моделей розвитку міста необхідно враховувати багато чинників. Назвіть їх та вкажіть який вплив вони мають для моделювання.
13. Імітаційне моделювання та його основні етапи
14. Використання функції близькості при моделюванні та прогнозуванні стану міських територій.
15. Метод адаптивного аналізу впливів, як і для чого його використовують в задачах оцінки складних систем.
16. Які підсистеми включає загальна модель міста Форрестера-Грехема, та які вхідні дані потрібні для їх наповнення?

### **Практичні завдання**

1. Розрахуйте функцію відповідності  $F$  на прикладі даних за 2013 р.
2. Розрахуйте функцію відповідності  $F$  для 1992-2013 рр. та опишіть отримані результати.
3. Визначте варіабельності структури складових досліджуваної ділянки території м.Київ на основі космічної інформації ДЗЗ за 2007р. отриманої після дешифрування знімка КА QuickBird.
4. Оцініть динаміку зміни складових урболандшафту міста Києва за 2007-2013 рр. з застосуванням методу фрактального аналізу.
5. Схематично зобразіть взаємозв'язки впливу підсистеми «Шкідливі викиди» та побудуйте їх в ПП VENSIM.
6. В ПП VENSIM розрахуйте функцію близькості з врахуванням всіх взаємозв'язків взявши за основу 1998 рік.
7. Розрахуйте прогноз зміни стану міста Києва до 2030 року та змодельуйте можливі зміни при зменшенні викидів  $CO_2$  на 5 %.
8. Розрахуйте прогноз зміни стану міста Києва до 2030 року та змодельуйте можливі зміни при збільшенні викидів  $CO_2$  на 10 %.