

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної та прикладної системотехніки

“ЗАТВЕРДЖУЮ”



Проректор з науково-педагогічної роботи

Олександр ГОЛОВКО  
2022 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**Сучасні методи аналізу комп'ютеризованих систем управління**

рівень вищої освіти другий (магістерський)

галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

освітня програма Комп'ютеризовані системи управління та автоматика

вид дисципліни обов'язкова

факультет комп'ютерних наук

2022 / 2023 навчальний рік

Програму обговорено та рекомендовано до затвердження вченою радою факультету комп'ютерних наук

«28» червня 2022 року, протокол №10

**РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:**

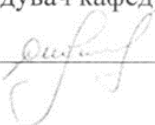
доктор технічних наук, професор, професор кафедри теоретичної та прикладної системотехніки **Шматков Сергій Ігорович;**

кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної системотехніки **Стрілець Вікторія Євгенівна**

Програму схвалено на засіданні кафедри теоретичної та прикладної системотехніки

Протокол від «11» червня 2022 року, №12

Завідувач кафедри теоретичної та прикладної системотехніки

 Сергій ШМАТКОВ.

Програму погоджено з гарантом освітньої програми «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика»

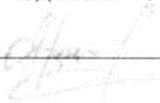
Гарант освітньої програми «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика»

 Сергій ШМАТКОВ

Програму погоджено методичною комісією факультету комп'ютерних наук

Протокол від «24» червня 2022 року № 9

Голова методичної комісії факультету комп'ютерних наук

 Анатолій БЕРДНІКОВ

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Сучасні методи аналізу комп'ютеризованих систем управління» розроблена відповідно до освітньої програми «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика» підготовки другого (магістерського) рівня спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є ознайомлення студентів із сучасними методами системного аналізу комп'ютерних систем управління, а саме: методи нелінійної динаміки, популяційні методи.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Завданням вивчення навчальної дисципліни є вивчення питань, пов'язаних із сучасними методами аналізу комп'ютерних систем із різною архітектурою.

В ході вивчення дисципліни у студента повинні формуватися такі компетентності.

##### *Інтегральна компетентність*

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій у професійній діяльності та/або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності та характеризується комплексністю та невизначеністю умов і вимог.

##### *Загальні компетентності (ЗК)*

ЗК01. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

##### *Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)*

ФК01. Здатність здійснювати автоматизацію складних технологічних об'єктів та комплексів, створювати кіберфізичні системи на основі інтелектуальних методів управління та цифрових технологій з використанням баз даних, баз знань, методів штучного інтелекту, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.

ФК02. Здатність проектувати та впроваджувати високонадійні системи автоматизації та їх прикладне програмне забезпечення, для реалізації функцій управління та опрацювання інформації, здійснювати захист прав інтелектуальної власності на нові проектні та інженерні рішення.

ФК03. Здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

ФК04. Здатність аналізувати виробничо-технологічні системи і комплекси як об'єкти автоматизації, визначати способи та стратегії їх автоматизації та цифрової трансформації.

ФК06. Здатність застосовувати сучасні методи теорії автоматичного керування для розроблення автоматизованих систем управління технологічними процесами та об'єктами.

ФК07. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

ФК08. Здатність розробляти функціональну, технічну та інформаційну структуру комп'ютерно-інтегрованих систем управління організаційно-технологічними комплексами із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, програмно-технічних керуючих комплексів, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв та засобів людино-машинного інтерфейсу.

#### 1.3. Кількість кредитів 4

## 1.4. Загальна кількість годин 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов'язкова	
Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Рік підготовки	
1-й	
Семестр	
2-й	2-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	год.
Самостійна робота	
56 год.	120 год.
Індивідуальні завдання	
- год.	

## 1.6. Заплановані результати навчання

*знати:*

- наукові і математичні положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж;
- вплив технічних рішень в суспільному, економічному, соціальному і екологічному контексті;
- методи навчання штучних нейронних мереж;
- загальні відомості нелінійної динаміки;
- методи пошукової оптимізації.

*вміти:*

- 
- розробляти моделі нелінійної динаміки та аналізувати а їх допомогою різні явища нелінійної динаміки;
- проводити аналіз та оцінку якості отриманого рішення.

В результаті вивчення дисципліни у студента повинні формуватися такі *програмні результати навчання (ПРН)*.

ПРН02. Створювати високонадійні системи автоматизації з високим рівнем функціональної та інформаційної безпеки програмних та технічних засобів.

ПРН04. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

ПРН05. Розробляти комп'ютерно-інтегровані системи управління складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, застосовуючи системний підхід із врахуванням нетехнічних складових оцінки об'єктів автоматизації.

ПРН08. Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв.

ПРН09. Розробляти функціональну, організаційну, технічну та інформаційну структури систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, розробляти програмно-технічні керуючі комплекси із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, промислових контролерів, мехатронних

компонентів, робототехнічних пристроїв, засобів людино-машинного інтерфейсу та з урахуванням технологічних умов та вимог до управління виробництвом.

ПРН10. Розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об'єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами.

ПРН12. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.

ПРН13. Знати методи управління процесами різної природи, які побудовані на основі сучасних та перспективних методів математики, системного аналізу, штучного інтелекту.

ПРН14. Вміти виконувати роботи з проектування систем автоматизації, знати зміст і правила оформлення проектних матеріалів, склад проектної документації та послідовність виконання проектних робіт з врахуванням вимог відповідних нормативно-правових документів та міжнародних стандартів.

## **2. Тематичний план навчальної дисципліни**

### *Розділ 1. Популяційні алгоритми.*

#### *Тема 1. Еволюційні алгоритми.*

Біологічні передумови і загальна схема еволюційних алгоритмів. Кодування особин. Генетичні оператори. Типові генетичні алгоритми.

#### *Тема 2. Оптимізація роєм частинок.*

Канонічний алгоритм рою частинок і його модифікації. Топологія сусідства частинок. Алгоритми із динамічною топологією сусідства частинок.

#### *Тема 3. Мурашина оптимізація.*

Біонічні передумови. Алгоритм безперервної оптимізації колонією мурашок. Приклад застосування алгоритму.

#### *Тема 4. Штучні імунні системи.*

Біологічні основи. Оптимізація з допомогою моделі імунної мережі. Алгоритми на основі штучної мікроімунної системи.

#### *Тема 5. Бактеріальна оптимізація.*

Біологічні передумови. Канонічний алгоритм бактеріальної оптимізації. Кооперативна бактеріальна оптимізація. Алгоритм, який використовує ефект роїння бактерій.

#### *Тема 6. Алгоритм, натхненний роєм світлячків.*

Біологічні основи. Схема алгоритму. Ефективність алгоритму.

### *Розділ 2. Нелінійна динаміка в задачах оптимізації.*

#### *Тема 1. Поняття та властивості динамічних систем.*

Класифікація динамічних систем. Основні задачі теорії динамічних систем. Консервативні і дисипативні системи. Самоорганізація відкритих систем. Основні положення синергетики.

#### *Тема 2. Стійкість динамічних систем.*

Структурна стійкість динамічних систем. Умова стійкості за Ляпуновим. Поняття тривалості розв'язку. Застосування функцій Ляпунова до дослідження тривалості розв'язків динамічних систем.

#### *Тема 3. Біфуркації динамічних систем.*

Визначення біфуркації динамічних систем. Види біфуркації. Біфуркації як головний фактор виникнення структур з просторово-часовою організацією. Біфуркація граничного циклу.

#### *Тема 4. Хаос і атрактори в динамічних системах.*

Хаос, турбулентність і дивні атрактори в динамічних системах. Перехід до хаосу через біфуркації. Хаотична динаміка дивного атрактору. Атрактор Лоренца.

#### *Тема 5. Фрактали.*

Фрактал як протилежність хаосу. Класичні фрактали. Множини та відображення. Системи ітерованих функцій. Розмірність.

Тема 6. Теорія катастроф.

Математичні моделі катастроф динамічних систем. Жорстка втрата стійкості та катастрофи динамічних систем. Елементарні катастрофи. Ознаки наявності в системі катастроф.

Тема 7. Динамічний хаос.

Хаос і біфуркація. Динаміка відкритих систем. Теорія самоорганізації динамічних систем.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усього	у тому числі			
л		п	лаб	інд	с.р.
<b>Розділ 1. Популяційні алгоритми</b>					
Тема 1. Еволюційні алгоритми.	10	2	2		6
Тема 2. Оптимізація роєм частинок.	8	2	2		4
Тема 3. Мурашина оптимізація.	8	2	2		4
Тема 4. Штучні імунні системи.	8	2	2		4
Тема 5. Бактеріальна оптимізація.	8	2	2		4
Тема 6. Алгоритм, натхненний роєм світлячків.	8	2	2		4
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>50</b>	<b>12</b>	<b>12</b>		<b>26</b>
<b>Розділ 2. Нелінійна динаміка в задачах оптимізації</b>					
Тема 1. Поняття та властивості динамічних систем.	9	2	2		5
Тема 2. Стійкість динамічних систем.	12	4	4		4
Тема 3. Біфуркації динамічних систем.	12	4	4		4
Тема 4. Хаос і аттрактори в динамічних системах.	9	2	2		5
Тема 5. Фрактали.	12	4	4		4
Тема 6. Теорія катастроф.	8	2	2		4
Тема 7. Динамічний хаос.	8	2	2		4
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>70</b>	<b>20</b>	<b>20</b>		<b>30</b>
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>32</b>	<b>32</b>		<b>56</b>

### 4. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>Розділ 1. Популяційні алгоритми</b>		
1	Розв'язання задач оптимізації за допомогою популяційних алгоритмів	4
2	Розв'язання задач оптимізації за допомогою мурашиних алгоритмів	4
3	Розв'язання задач оптимізації за допомогою алгоритму диференціальної еволюції	4
<b>Розділ 2. Нелінійна динаміка в задачах оптимізації</b>		
4	Обчислення структурної стійкості й біфуркації динамічних систем	4
5	Аналіз хаотичних властивостей нелінійних систем за допомогою біфуркаційних діаграм.	4

6	Аналіз хаотичних властивостей нелінійних систем за допомогою павутинних діаграм.	4
7	Моделювання класичних фракталів.	4
8	Комп'ютерне моделювання найпростіших моделей динаміки популяцій.	4
	Разом	32

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Розглянути використання популяційних алгоритмів в задачах оптимізації.	6
2	Ознайомитися з алгоритмом методу рою частинок для розв'язання задач стохастичної оптимізації	4
3	Ознайомитися з мурашиним алгоритмом для розв'язання задач пошуку маршрутів на графах.	4
4	Ознайомитися з алгоритмами на основі штучної мікроімунної системи та з напрямками їх використання.	4
5	Розглянути алгоритм, який використовує ефект роїння бактерій, для розв'язання задач оптимізації.	4
6	Розглянути алгоритм, натхненний роєм світлячків, для розв'язання задач оптимізації.	4
7	Розглянути складання моделей типових динамічних систем. Навчитися визначати консервативні і дисипативні системи.	4
8	Ознайомитися з структурною стійкістю й біфуркаціями динамічних систем. Розглянути задачу про орбітальну стійкість супутника землі.	5
9	Ознайомитися із числовим аналізом процесу переходу до хаосу через біфуркації та хаотичної динаміки дивного атрактора.	4
10	Розглянути характеристики хаосу, турбулентності і дивних атракторів в динамічних системах.	4
11	Комп'ютерне моделювання фракталів різних структур.	5
12	Комп'ютерне моделювання втрати стійкості динамічною системою. Виявлення ознак наявності в системі катастроф.	4
13	Ознайомитися з поняттям та властивостями самоорганізації динамічних систем.	4
	Разом	56

### 6. Індивідуальні завдання

Індивідуальне завдання є контрольною роботою, яка полягає у складанні реферату за темами, які наведені у таблиці.

	Теми рефератів
1	Основні положення теорії стійкості
2	Консервативні та дисипативні системи
3	Теорія біфуркації
4	Теорія катастроф
5	Динамічний хаос
6	Теорія фракталів
7	Задачі пошукової оптимізації
8	Загальна схема еволюційних алгоритмів
9	Алгоритм рою частинок
10	Штучні імунні системи

11	Бактеріальна оптимізація
12	Оптимізація бджолиним роєм
13	Бур'янові алгоритми
14	Електромагнітний пошук

### 7. Методи контролю

Контроль засвоєння навчального матеріалу здійснюється шляхом:

- поточного контролю під час проведення лекцій та практичних занять;
- звіту з контрольної роботи за розділами курсу;
- проведення письмового підсумкового контролю знань (екзамен).

При дистанційному навчанні лекції проводяться із використанням сервісу відео-конференцій Google Meet, видача практичних завдань та контроль їх виконання здійснюється за допомогою сервісу дистанційного навчання Google Classroom. За темами лекцій студенти складають реферат. Підсумковий контроль у вигляді екзамену проводиться шляхом виконання письмового завдання та он-лайн опитування (сервіси відео-конференцій Google Meet, Google Classroom).

Студенти, які не виконали всі види робіт, що включені до навчального плану, до заліку або екзамену не допускаються.

### 8. Схема нарахування балів

#### Підсумковий контроль в формі екзамену

Поточне оцінювання та самостійна робота						Контрольні роботи, передбачені навчальним планом	Разом	Екзамен	Сума
Розділ 1			Розділ 2						
T1, 2	T3, 4, 5	T6, 7	T 1, 2	T 3,4	T 5, 6	1	60	40	100
7	7	7	6	12	6	15			

T1, T2 ... – теми розділів.

За темами T 1, 2 розділу 1 студент отримує 7 балів за виконання практичної роботи 1.

За темами T 3, 4, 5 розділу 1 студент отримує 7 балів за виконання практичної роботи

2.

За темою T 6,7 розділу 1 студент отримує 7 балів за виконання практичної роботи 3.

За темами T 1, 2 розділу 2 студент отримує 6 балів за виконання практичної роботи 4.

За темами T 3, 4 розділу 2 студент отримує 12 балів за виконання практичних робіт 5 і

6.

За темами T 5, 6 розділу 2 студент отримує 6 балів за виконання практичної роботи 7.

#### Критерії оцінювання знань студентів за практичні роботи

Вимоги	Кількість балів
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Завдання відзначається повнотою виконання без допомоги викладача.</li> <li>▪ Визначає рівень поінформованості, потрібний для прийняття рішень. Вибирає інформаційні джерела,.</li> <li>▪ Робить висновки і приймає рішення у ситуації невизначеності. Володіє вміннями творчо-пошукової діяльності.</li> </ul>	6-7
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Завдання – повні, з деякими огріхами, виконані без допомоги викладача.</li> <li>▪ Планує інформаційний пошук; володіє способами систематизації інформації;</li> </ul>	5



▪ Робить висновки і приймає рішення у ситуації невизначеності. Володіє уміннями творчо-пошукової діяльності.	
▪ Завдання відзначається неповнотою виконання без допомоги викладача. ▪ Студент може зіставити, узагальнити, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; вільно застосовує вивчений матеріал у стандартних ситуаціях.	3-4
▪ Завдання відзначається неповнотою виконання за консультацією викладача. ▪ Застосовує запропонований вчителем спосіб отримання інформації, має фрагментарні навички в роботі з підручником, науковими джерелами; ▪ Вибирає відомі способи дій для виконання фахових методичних завдань.	2
Завдання відзначається фрагментарністю виконання за консультацією викладача або під його керівництвом.	1

### Критерії оцінювання знань студентів за контрольну роботу

Вимоги	Кількість балів
Повнота виконання завдання повна, студент здатен формулювати закони та закономірності, структурувати судження, умовиводи, доводи, описи.	12-15
Повнота виконання завдання повна, студент здатен формулювати операції, правила, алгоритми, правила визначення понять.	10-11
Повнота виконання завдання елементарна, студент здатен вибирати відомі способи дій для виконання фахових завдань.	5-9
Повнота виконання завдання фрагментарна.	1-4

### Критерії оцінювання екзаменаційних робіт студентів

Вимоги	Кількість балів
Показані всебічні систематичні знання та розуміння навчального матеріалу; безпомилково виконані завдання.	35-40
Показані повні знання навчального матеріалу; помилки, якщо вони є, не носять принципового характеру.	30-35
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені помилки.	20-30
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені суттєві помилки	10-20
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки.	5-10
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки, які носять принциповий характер; обсяг знань не дозволяє засвоїти предмет.	1-5

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	

50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

### 9. Рекомендована література Основна література

1. Goldberg David E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning / David E. Goldberg. – Addison-Wesley Publishing Co., 1989. – 432 p.
2. Practical Handbook of Genetic Algorithms / Ed. L. D. Chambers // Complex Coding Systems, CRC Press, 1998. – V. III.
3. Haupt R. L. Practical Genetic Algorithms / Randy L. Haupt, Sue Ellen Haupt. – Wiley-Interscience, 2004. – 288 p.
4. Кононюк А.Ю. Нейроні мережі і генетичні алгоритми / А.Ю. Кононюк. – К. : «Корнійчук», 2008. – 446 с.
5. Корнієнко В. І. Інтелектуальне моделювання нелінійних динамічних процесів у системах керування, кібербезпеки, телекомунікацій / В. І. Корнієнко, О. Ю. Гусев, О. В. Герасіна. – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 536 с.
6. Теорія хаосу в економіці: підруч. / О.І. Черняк, П.В. Захарченко, Т.С. Клебанова. – Бердянськ: Видавець Ткачук О.В., 2014. – 244 с.
7. Трохимчук П. П. Нелінійні динамічні системи: підручник / П. П Трохимчук. – Луцьк : Вежа-Друк, 2015. – 275 с.
8. Crownower R.M. Introduction to Fractals and Chaos / Richard M. Crownower. – Boston, London: Jones and Bartlett Publishers, 1995. – 352 p.
9. Celso G. Chaos, Strange Attractors and Fractal Basin Boundaries in Nonlinear Dynamics / G. Celso, E. Ott, J. A. Yorke // Science. – 1987. – Vol. 238, Issue 4827. – P. 632-638.

### Допоміжна література

1. Koza John R. Genetic programming. On the programming of computers by means of natural selection / John R. Koza. – MIT Press, 1992.
2. Buontempo F. Genetic Algorithms and Machine Learning for proframmmers: Create AI Models and Enolve Solutions (Pragmatic Programmers) / Frances Buontempo. – Pragmatic Bookschelf, 2019. – 236 p.
3. Thompson J.M.T. Nonlinear dynamics and chaos / J.M.T. Thompson, H.B. Stewart. – N.Y.: Wiley, 2011. – 376 p.
4. Наконечний О. Г. Нелінійні задачі популяційної динаміки та їх застосування: монографія / О. Г. Наконечний, Ю. М. Шевчук. – К.: «Київський університет», 2020. – 187 с.
5. Aguirre J. Fractal structure in nonlinear dynamics / Jacobo Aguirre, Ricardo Viana, Miguel A. F. Sanjuan // Review of Modern Physics. – 2009. – Vol. 81 (1). – P. 333 – 386.
6. Булавін Л. А. Медична фізика: підручник. Т.1. Динамічні і статистичні моделі / Л. А. Булавін, Л. Г. Гречко, Л. Б. Лерман, А. В. Чалий. – К.: «Київський університет», 2010. – 600 с.

### 10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Nonlinear Dynamics & Chaos. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=bOpXQ7hGpmM&list=PLUeHTafWecAUqSh3Gy0NNr7H3OsXoC-aK>.
2. Основи нелінійної динаміки. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Xt9q8eubGFM>.
3. Genetic Algorithms Explained By Example. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=uQj5UNhCPuo>
4. Evolutionary Algorithms. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=L--IxUH4fac>.

5. Fractals are typically not self-similar. URL:  
<https://www.youtube.com/watch?v=gB9n2gHsHN4>.