

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМ. М. Є. ЖУКОВСЬКОГО  
«ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра інформаційно-комунікаційних технологій  
ім. О. О. Зеленського (№ 504)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми



(підпис)

Олексій РУБЕЛЬ

(ініціали та прізвище)

«31» серпня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ В МАШИННОМУ НАВЧАННІ»

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань:

12 «Інформаційні технології»

(цифра і найменування галузі знань)

Спеціальність:

126 «Інформаційні системи та технології»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма:

«Штучний інтелект та інформаційні системи»

(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

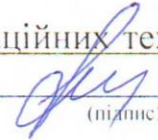
**Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)**

Харків 2023 рік

Розробник:

ВАСИЛЬЄВА Ірина, доцент кафедри інформаційно-комунікаційних технологій  
ім. О. О. Зеленського (№ 504), к.т.н., доцент

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри \_\_\_\_\_  
інформаційно-комунікаційних технологій ім. О. О. Зеленського (№ 504)

(назва кафедри)

Протокол № 1 від 31 серпня 2023 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор  
(науковий ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

Володимир ЛУКІН  
(ініціали та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	<b>Галузь знань</b> <u>12 «Інформаційні технології»</u> (шифр і найменування)	Обов'язкова
Кількість модулів – 1		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістовних модулів – 2	<b>Спеціальність</b> <u>126 «Інформаційні системи та технології»</u> (код і найменування)	2023/2024
Індивідуальне завдання – не передбачене (назва)		<b>Семестр</b>
Загальна кількість годин – 64 / 150	<b>Освітня програма</b> <u>«Штучний інтелект та інформаційні системи»</u> (найменування)	<b>6-й (4-й*)</b>
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи здобувача – 5,4		<b>Лекції**</b>
	<b>32 години</b>	
	<b>Практичні, семінарські**</b>	
	<b>32 години</b>	
	<b>Лабораторні**</b>	
	–	
	<b>Самостійна робота</b>	
<b>86 годин</b>		
<b>Вид контролю</b>	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:

64 годин аудиторних занять / 86 години самостійної роботи.

\*Для здобувачів, які навчаються за скороченим терміном.

\*\*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення:** закласти підґрунтя для подальшого вивчення принципів побудови та методів дослідження оптимізаційних моделей складних систем та процесів, навчити прийомам вирішення типових завдань машинного навчання із застосуванням оптимізаційного підходу.

**Завдання:** здобуття студентами навичок практичної реалізації та застосування методів розв'язання задач безперервної оптимізації, засвоєння принципів оптимізації та схем побудови структур чисельних алгоритмів оптимізації.

### Компетентності, які набуваються:

- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК7. Здатність розробляти та управляти проектами;
- ЗК8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;
- СК1. Здатність аналізувати об'єкт проектування або функціонування та його предметну область;
- СК3. Здатність до проектування, розробки та вдосконалення системного, комунікаційного та програмно-апаратного забезпечення інформаційних систем та технологій, Інтернету речей (IoT), комп'ютерно-інтегрованих систем та системної мережної структури, управління ними;
- СК4. Здатність проектувати та використовувати засоби реалізації інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій (методичні, інформаційні, алгоритмічні, технічні, програмні та інші);
- СК5. Здатність оцінювати та враховувати економічні та технологічні фактори на всіх етапах життєвого циклу інфокомунікаційних систем;
- СК6. Здатність використовувати сучасні інформаційні системи та технології (виробничі, підтримки прийняття рішень, інтелектуального аналізу даних та інші) під час виконання функціональних завдань та обов'язків;
- СК8. Здатність управляти якістю продуктів і сервісів інформаційних систем та технологій протягом їх життєвого циклу;
- СК11. Здатність до аналізу, синтезу і оптимізації інформаційних систем та технологій з використанням математичних моделей і методів;
- СК13. Здатність проводити обчислювальні експерименти, порівнювати результати експериментальних даних і отриманих рішень.

### **Очікувані результати навчання:**

- ПРН1. Знати лінійну та векторну алгебру, теорію функцій багатьох змінних, теорію рядів, операційне числення, теорію ймовірностей та математичну статистику в обсязі, необхідному для розробки та використання інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації;
- ПРН4. Проводити системний аналіз об'єктів проектування та обґрунтувати вибір структури, алгоритмів та способів передачі інформації в інформаційних системах та технологіях;
- ПРН6. Демонструвати знання сучасного рівня технологій інформаційних систем, практичні навички програмування та використання прикладних і спеціалізованих комп'ютерних систем та середовищ з метою їх запровадження у професійній діяльності.

**Пререквізити** – «Вища математика», «Основи програмування», «Системний аналіз і математичне моделювання інформаційних систем», «Основи машинного навчання».

**Кореквізити** – «Машинне навчання і аналіз даних», «Машинне навчання і аналіз даних (КП)».

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Модуль 1. Задачі оптимізації та методи їх розв'язання.**

#### **Змістовий модуль 1. Безумовна оптимізація.**

#### **Тема 1. Вступ до дисципліни «Методи оптимізації в машинному навчанні».**

Основні визначення, терміни й поняття. Загальна характеристика задач оптимізації. Предмет вивчення, структура та задачі дисципліни. Приклади задач машинного навчання із оптимізацією. Бібліографія.

#### **Тема 2. Основи теорії оптимізації**

Формулювання математичної задачі оптимізації. Класифікація задач оптимізації. Критерії оптимізації. Цільова функція. Градієнт та гесіан функції багатьох змінних, їх властивості, необхідні та достатні умови безумовного екстремуму. Опуклі множини і опуклі функції.

#### **Тема 3. Загальна характеристика і класифікація методів оптимізації**

Загальна характеристика чисельних методів оптимізації. Класифікація. Структура ітераційного процесу в оптимізації, критерії зупинки. Глобальна та локальна оптимізація, швидкість збіжності ітераційних процесів оптимізації.

#### **Тема 4. Методи одновимірної мінімізації**

Мінімізація функції без похідної: алгоритм пасивного пошуку, метод ди-

хотомії, метод золотого перерізу. Метод парабол. Гібридний метод мінімізації Брента. Методи пошуку глобального мінімуму одновимірних багатоекстремальних функцій. Метод перебору. Одновимірний метод Монте-Карло. Метод виділення інтервалів унімодальності.

### **Тема 5. Мінімізація функцій багатьох змінних**

Детерміновані прямі способи. Метод покоординатного спуску. Метод Хука–Джівса. Метод Розенброка. Метод сполучених напрямів. Градієнтні методи. Найшвидший спуск. Методи другого порядку: метод Ньютона та його модифікації. Квазиньютонівські методи оптимізації: DFP (Davidon-Fletcher-Powell), BFGS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno), L-BFGS (Limited Memory BFGS).

#### **Модульний контроль.**

### **Змістовий модуль 2. Спеціальні методи оптимізації.**

### **Тема 6. Методи умовної мінімізації**

Необхідні та достатні умови оптимальності у завданнях умовної оптимізації. Функція Лагранжа. Поняття активних і неактивних обмежень. Умови Куна-Таккера. Випуклі завдання умовної оптимізації. Багатовимірна локальна умовна оптимізація. Методи послідовної безумовної оптимізації. Метод штрафних функцій та метод бар'єрних функцій.

### **Тема 7. Стохастична оптимізація**

Загальна постановка задачі стохастичної оптимізації, приклад використання. Методи випадкового пошуку. Метод із поверненням при недостатньому кроці. Метод найкращої проби. Метод стохастичного градієнтного спуску, дві фази ітераційного процесу, використання усереднення та інерції. Стохастичний градієнтний спуск як метод оптимізації та як метод навчання.

### **Тема 8. Методи оптимізації за допомогою глобальних верхніх оцінок, що залежать від параметра**

Імовірнісна модель лінійної регресії з різними регуляризаціями: квадратичної, L1, Стюдента. Ідея методу оптимізації, що базується на використанні глобальних оцінок, збіжність. Приклад застосування методу навчання LASSO. EM-алгоритм, його застосування для імовірнісних моделей лінійної регресії. Побудова оцінок за допомогою дотичних та заміни змінної. Застосування оцінок навчання ймовірнісних моделей лінійної регресії.

#### **Модульний контроль.**

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовний модуль 1. Безумовна оптимізація</b>					
Тема 1. Вступ до дисципліни	10	2	2	–	6
Тема 2. Основи теорії оптимізації	10	2	2	–	6
Тема 3. Загальна характеристика і класифікація методів оптимізації	18	4	4	–	10
Тема 4. Методи одновимірної мінімізації	24	6	4	–	14
Тема 5. Мінімізація функцій багатьох змінних	32	6	8	–	18
Модульний контроль	2	–	2	–	–
<b>Разом за змістовним модулем 1</b>	<b>96</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>54</b>
<b>Змістовний модуль 2. Спеціальні методи оптимізації</b>					
Тема 6. Методи умовної мінімізації	20	4	4	–	12
Тема 7. Стохастична оптимізація	16	4	2	–	10
Тема 8. Методи оптимізації за допомогою глобальних верхніх оцінок, що залежать від параметра	16	4	2	–	10
Модульний контроль	2	–	2	–	–
<b>Разом за змістовним модулем 2</b>	<b>54</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>32</b>
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>86</b>

#### 5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено навчальним планом	–
	<b>Разом</b>	–

#### 6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступне заняття. Постановка задачі оптимізації. Приклади цільових функцій	2
2	Необхідні та достатні умови екстремальності в задачах безумовної мінімізації	2

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
3	Визначення інтервалу локалізації мінімуму	2
4	Метод дихотомії. Метод парабол	2
5	Пошук глобального мінімуму одновимірних багатоекстремальних функцій	2
6	Метод покоординатного спуску	2
7	Метод найшвидшого спуску	2
8	Метод сполучених градієнтів (схема Флетчера–Рівса)	2
9	Модульний контроль № 1	2
10	Метод Ньютона	2
11	Квазиньютонівські методи оптимізації (схема Давідона–Флетчера–Пауелла)	2
12	Метод Лагранжа для задач з обмеженнями-рівняннями	2
13	Метод Лагранжа для задач з обмеженнями-нерівностями	2
14	Метод спрямованого випадкового пошуку	2
15	Відновлення регресії. Метод найменших квадратів	2
16	Модульний контроль № 2	2
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

### 7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено навчальним планом	–
	<b>Разом</b>	–

### 8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ до дисципліни	6
2	Основи теорії оптимізації	6
3	Загальна характеристика і класифікація методів оптимізації	10
4	Методи одновимірної мінімізації	14
5	Мінімізація функцій багатьох змінних	18
6	Методи умовної мінімізації	12
7	Стохастична оптимізація	10
8	Методи оптимізації за допомогою глобальних верхніх оцінок, що залежать від параметра	10
	<b>Разом</b>	<b>86</b>



## 9. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом.

## 10. Методи навчання

Застосовуються наступні методи навчання: словесні, наочні та практичні, а саме: проведення лекцій (із застосуванням пояснювально-ілюстративного та проблемного викладання навчального матеріалу), робота на практичних заняттях, консультації протягом семестру, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

## 11. Методи контролю

Поточний контроль: робота на практичних заняттях, контроль засвоєння навчального матеріалу, запланованого на самостійне опрацювання студентом.

Тестовий контроль – проведення модульних контрольних робіт.

Семестровий контроль – іспит (проводиться у письмовій формі).

## 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на практичних заняттях	0...5	7	<b>0...35</b>
Модульний контроль	0...25	1	<b>0...25</b>
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на практичних заняттях	0...5	3	<b>0...15</b>
Модульний контроль	0...25	1	<b>0...25</b>
<b>Усього за семестр</b>			<b>0...100</b>

Білет для іспиту складається з 25 запитань (теоретичних питань та практичних завдань) з 4 варіантами відповідей. Тільки один варіант відповіді є вірним. За кожен вірну відповідь студент отримує 4 бали. На здачу екзаменаційного тесту відводиться фіксований час – 100 хвилин. Всього (за умов надання всіх вірних відповідей) студент отримує  $25 \times 4 = 100$  балів.

### Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Показати мінімально-достатній рівень знань та умінь. Вміти викладати отримані знання в усній чи письмовій формі; при цьому неповний обсяг засвоєного навчального матеріалу не повинен перешкоджати засвоєнню наступного програмного матеріалу; допускаються окремі істотні помил-

ки, виправлені за допомогою викладача. Виконати всі практичні роботи з навчальної дисципліни. Відповідати на теоретичні питання на елементарному рівні в межах конспекту лекцій. Вирішувати найпростіші задачі модульного контролю. Вміти пояснити типові алгоритми та програмні рішення, що використовувалися під час виконання практичних робіт.

**Добре (75-89).** Показати середній рівень знань та умінь. Викладати отримані знання в усній чи письмовій формі у достатньому обсягу, системно, відповідно до вимог навчальної програми (допускаються окремі несуттєві помилки, що виправляються студентом після указівки викладача). Виділяти істотні ознаки вивченого за допомогою операцій аналізу і синтезу; підкріпляти вивчений матеріал відомими фактами і відомостями; виявляти причинно-наслідкові зв'язки досліджуваних процесів та явищ; формулювати висновки і узагальнення, у яких можуть бути окремі несуттєві помилки. Виконати всі практичні роботи з навчальної дисципліни. Відповідати на теоретичні питання на достатньому рівні в межах конспекту лекцій та рекомендованих підручників, вміти обґрунтовано обирати типові рішення. Вирішувати задачі модульного контролю середнього рівня складності. Вміти розробляти типові алгоритми та програмні рішення, подібні використовуваним на практичних заняттях.

**Відмінно (90-100).** Показати відмінний рівень знань та умінь. Викладати отримані знання в усній чи письмовій формі у повному обсягу, системно, відповідно до вимог навчальної програми (припустимими є одиничні несуттєві помилки, які студент виправляє самостійно). Виділяти істотні ознаки вивченого за допомогою операцій аналізу і синтезу; вільно оперувати відомими фактами і відомостями; виявляти причинно-наслідкові зв'язки досліджуваних процесів та явищ; формулювати висновки і узагальнення. Виконати всі практичні роботи з навчальної дисципліни. Відповідати на теоретичні питання на високому рівні в межах конспекту лекцій, рекомендованих підручників та додаткової літератури, вміти аналізувати надану інформацію та пропонувати нестандартні рішення, вміти їх обґрунтовувати. Вирішувати задачі модульного контролю високого рівня складності. Вміти розробляти алгоритми та програмні рішення, відмінні від використовуваних на практичних заняттях.

### Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

### 13. Методичне забезпечення

1. Численные методы оптимизации: учеб. пособие по лаб. практикуму / Васильева И.К., Ельцов П.Е. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2009. – 65 с.

2. Навчально-методичні матеріали до практичних занять з дисципліни «Методи оптимізації в машинному навчанні» [Електронний ресурс] / Васильєва І. К. // Харків, НАУ «ХАІ», 2022. Режим доступу: <https://mentor.khai.edu>

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Григорків, В. С. Оптимізаційні методи та моделі : підручник [Текст] / В. С. Григорків, М. В. Григорків, О. І. Ярошенко. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2022. – 440 с.

2. Жалдак, М. І. Основи теорії і методів оптимізації [Текст] / М. І. Жалдак, Ю.В. Триус. – Черкаси : Брама-Україна, 2005. – 306 с.

#### Допоміжна

1. Optimization for Machine Learning / Edited by Suvrit Sra, Sebastian Nowozin, and Stephen J. Wright. – MIT Press, 2011. – 509 p.

2. Нефьодов, Ю. М. Методи оптимізації в прикладах і задачах : навч. посібник [Текст] / Ю. М. Нефьодов, Т. Ю. Балицька. – Київ : Кондор, 2011. – 324 с

### 15. Інформаційні ресурси

1. <https://mentor.khai.edu>

2. <https://library.khai.edu>