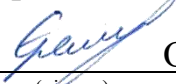


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Олег ЄРЕМЕЄВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

28 серпня 2025 р.

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методи оптимізації в машинному навчанні

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 126 «Інформаційні системи і технології»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Штучний інтелект та інформаційні системи»
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 р.

Розробник:

Васильєва І. К., доцент, к.т.н., доцент

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



(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри _____
інформаційно-комунікаційних технологій ім. О. О. Зеленського (№ 504)

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 28 » серпня 2025 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор

(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Володимир ЛУКІН

(ім'я та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:



(підпис)

Віолетта ІЛЬІНА

(ім'я та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Васильєва Ірина Карлівна

Посада: доцент

Науковий ступінь: канд. техн. наук

Вчене звання: доцент

Перелік дисциплін, які викладає:

Системний аналіз і математичне моделювання інформаційних систем; Мережеві технології; Методи оптимізації в машинному навчанні; Моделювання великих систем та комплексів

Напрями наукових досліджень:

методи розпізнавання образів, комп'ютерний зір, цифрова обробка зображень, статистичний аналіз, моделювання систем

Контактна інформація: i.vasilieva@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна
Семестр	6-й (4-й*)
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	5 кредитів ЄКТС / 150 годин (64 аудиторних, з яких: лекції – 32, практичні – 32; СРЗ – 86)
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	«Вища математика», «Основи програмування», «Системний аналіз і математичне моделювання інформаційних систем», «Основи машинного навчання»

* Для здобувачів, які навчаються за скороченим терміном.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Мета – формування теоретичних знань про методiku постановки та розв’язання прикладних проблем оптимізації, про базові принципи побудови оптимізаційних моделей складних систем та процесів і методів їх дослідження та розвиток здатності використання оптимізаційного підходу для вирішення типових завдань машинного навчання.

Завдання – набуття знань про загальні принципи оптимізації та типові схеми побудови структур чисельних алгоритмів оптимізації; набуття навичок практичної реалізації та застосування методів розв’язання задач нелінійної безперервної оптимізації.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в області інформаційних систем та технологій, або в процесі навчання, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, які потребують застосування теорій та методів інформаційних технологій.

Загальні компетентності (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- розробляти та управляти проектами;
- оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні компетентності

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- аналізувати об’єкт проектування або функціонування та його предметну область;
- здійснювати проектування, розробку 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;
- проектувати та використовувати засоби реалізації інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій (методичні, інформаційні, алгоритмічні, технічні, програмні та інші);
- оцінювати та враховувати економічні та технологічні фактори на всіх етапах життєвого циклу інфокомунікаційних систем;
- використовувати сучасні інформаційні системи та технології (виробничі, підтримки прийняття рішень, інтелектуального аналізу даних та інші) під час виконання функціональних завдань та обов’язків;

- управляти якістю продуктів і сервісів інформаційних систем та технологій протягом їх життєвого циклу;
- здійснювати аналіз, синтез і оптимізацію інформаційних систем та технологій з використанням математичних моделей і методів;
- проводити обчислювальні експерименти, порівнювати результати експериментальних даних і отриманих рішень.

Програмні результати навчання:

- знання лінійної та векторної алгебри, диференціального та інтегрального числення, теорії функцій багатьох змінних, теорії рядів, диференціальних рівнянь для функції однієї та багатьох змінних, теорії ймовірностей та математичної статистики в обсязі, необхідному для розробки та використання інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації;
- вміння проводити системний аналіз об'єктів проектування та обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та способів передачі інформації в інформаційних системах та технологіях;
- 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.

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовний модуль 1. Безумовна оптимізація

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

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

Лекція № 1. Вступ до дисципліни

Практична робота «Вступне заняття. Постановка задачі оптимізації. Приклади цільових функцій».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекції та вступної практичної роботи.

Тема 2. Основи теорії оптимізації

Основні питання: загальна постановка задачі 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.

Лекція № 2. Постановка математичної задачі оптимізації.

Практична робота «Необхідні та достатні умови екстремальності у завданнях безумовної мінімізації».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекції, виконання практичної роботи.

Тема 3. Загальна характеристика і класифікація методів оптимізації

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

Лекція № 3. Загальна характеристика чисельних методів оптимізації.

Практична робота «Пошук інтервалу локалізації мінімуму».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекції, виконання практичної роботи.

Тема 4. Методи одновимірної мінімізації

Основні питання: чисельні методи відшукування мінімуму функції однієї змінної. Мінімізація функції без похідної: алгоритм пасивного пошуку, метод дихотомії, 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.

Лекція № 4. Одновимірна безумовна мінімізація. Методи нульового порядку.

Лекція № 5. Методи парабол, BRE. Мінімізація багатоекстремальних функцій.

Практична робота «Чисельні методи мінімізації функції однієї змінної (метод дихотомії, метод парабол)».

Практична робота «Пошук глобального мінімуму одновимірних багатоекстремальних функцій».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт і оформлення звіту з практичного завдання № 1.

Тема 5. Мінімізація функцій багатьох змінних

Основні питання: чисельні методи відшукування мінімуму в багатовимірному проєктному просторі. 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).

Лекція № 6. Багатовимірна безумовна мінімізація. Типи рельєфу. Методи нульового порядку.

Лекція № 7. Симплекс-метод. Метод Нелдера–Міда. Градієнтні методи.

Лекція № 8. Метод сполучених напрямків. Метод сполучених градієнтів.

Лекція № 9. Метод Ньютона та його варіації.

Лекція № 10. Квазиньютонівські методи.

Практична робота «Методи покоординатного спуску».

Практична робота «Метод якнайшвидшого спуску».

Практична робота «Метод сполучених градієнтів. Схема Флетчера–Рівса».

Практична робота «Метод Ньютона».

Практична робота «Квазиньютонівські методи оптимізації».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт і оформлення звіту з практичного завдання № 2, підготовка до модульної контрольної роботи.

Модульний контроль 1.

Змістовний модуль 2. Спеціальні методи оптимізації

Тема 6. Методи умовної мінімізації

Основні питання: аналітичні та чисельні методи розв'язання задач відшукування мінімуму за наявності обмежень на простір пошуку. 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.

Лекція № 11. Метод Лагранжа для задач з обмеженнями-рівняннями.

Лекція № 12. Метод Лагранжа для задач з обмеженнями-нерівностями.

Лекція № 13. Методи штрафних функцій.

Практична робота «Метод Лагранжа для задач з обмеженнями-рівняннями».

Практична робота «Метод Лагранжа для задач з обмеженнями-нерівностями».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт і оформлення звіту з практичного завдання № 3.

Тема 7. Стохастична оптимізація

Основні питання: переваги та недоліки методів стохастичного програмування. Загальна постановка задачі стохастичної оптимізації, приклад використання. Неспрямований та спрямований випадковий пошук. Метод із поверненням при невдалому кроці. Метод найкращої проби. Методи випадкового пошуку з накопиченням, з самонавчанням і з адаптацією. Метод стохастичного градієнтного спуску (SGD), дві фази ітераційного процесу, використання усереднення та інерції. Стохастичний градієнтний спуск як метод оптимізації та як метод навчання.

Лекція № 14. Стохастична оптимізація. Неспрямований випадковий пошук. Прості методи спрямованого пошуку.

Лекція № 15. Методи випадкового пошуку з самонавчанням і з адаптацією. Стохастичний градієнтний спуск.

Практична робота «Метод спрямованого випадкового пошуку».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичної роботи і оформлення звіту з практичного завдання № 4.

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

Основні питання: методи редукції задач оптимізації за допомогою верхніх оцінок. 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.

Лекція № 16. Методи оптимізації за допомогою верхніх оцінок.

Практична робота «Відновлення регресії. Метод найменших квадратів».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичної роботи, підготовка до модульної контрольної роботи.

Модульний контроль 2.

5. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом.

6. Методи навчання

Використовуються наступні методи навчання: словесні, наочні та практичні, а саме: проведення лекцій (із застосуванням пояснювально-

ілюстративного та проблемного викладання навчального матеріалу), робота на практичних заняттях (із застосуванням як репродуктивного методу, так і проблемного викладання), консультації протягом семестру, самостійна робота за матеріалами, опублікованими кафедрою (навчальні посібники).

7. Методи контролю

Поточний контроль: виконання практичних робіт, контроль засвоєння навчального матеріалу, запланованого на самостійне опрацювання здобувачем освіти.

Тестовий контроль – проведення модульних контрольних робіт.

Семестровий контроль – іспит (проводиться у письмовій формі).

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

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

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача освіти від балів підсумкового контролю й за наявності допуску до іспиту.

Під час складання семестрового іспиту здобувач освіти має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з 25 запитань (теоретичних питань та практичних завдань) з 5 варіантами відповідей. Тільки один варіант відповіді є вірним. За кожен вірну відповідь студент отримує 4 бали.

Таблиця 8.2 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

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

Критерії оцінювання роботи здобувача освіти 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 помилки, 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. Скласти два підсумкові модульні контролі з результатами не менше 60% успішності за кожен. 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 вказівки викладача). Виділяти істотні ознаки вивченого за допомогою операцій аналізу і синтезу; підкріплювати 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. Скласти два підсумкові модульні контролі з результатами не менше 75% успішності за кожен. 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. Скласти два підсумкові модульні контролі з результатами не менше 90% успішності за кожен. Вміти розробляти алгоритми та програмні рішення, відмінні від використовуваних на практичних заняттях.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Відвідування лекційних та практичних занять є обов'язковим. Допускаються пропуски занять з таких поважних причин, як хвороба, сімейні обставини, участь в олімпіаді, творчому конкурсі тощо за попереднього домовленістю та згодою викладача за умов дозволу деканату (викладачу надаються копії довідок, документів або інших матеріалів, які підтверджують причину пропуску). За умов дистанційного навчання поважними причинами пропусків можуть бути порушення у функціонуванні електромереж і збої в роботі Інтернету. Відпрацювання пропущених занять є обов'язковим незалежно від причини пропущеного заняття. Відпрацювання лекційного матеріалу передбачає самостійне вивчення пропущеного теоретичного матеріалу та складання тесту за цим матеріалом. Відпрацювання практичного заняття полягає в самостійному виконанні завдань пропущеної практичної роботи та складанні письмового звіту з роботи.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману. У разі виявлення плагіату (шляхом порівняння звітів з практичних робіт) бали за роботу обнуляються без права її перескладання цієї роботи.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

1. Матеріали презентацій лекцій з дисципліни «Методи оптимізації в машинному навчанні» [Електронний ресурс] / Васильєва І. К. // Харків, НАУ «ХАІ», 2024. Режим доступу: <https://mentor.khai.edu>

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>

3. Однокрокові та багатокрокові моделі оптимізації в умовах визначеності : навч. посіб. до практ. занять та для самост. роботи студентів / М. П. Благодарний. – Харків. – Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 136 с.

11. 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. Оптимізаційні методи та моделі : навчальний посібник / Н. В. Буреннікова, О. В. Зелінська, І. М. Ушкаленко, Ю. Ю. Буренніков. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 121 с.

3. An Introduction to Optimization with Applications to Machine Learning / E. K. P. Chong, W.-Sh. Lu, S. H. Zak. – John Wiley & Sons Inc, 2023. – 672 p.

Допоміжна

1. Wheeler J. P. An Introduction to Optimization with Applications in Machine Learning and Data Analytics. –Chapman & Hall, 2023. – 473 p.

2. Modern Optimization Methods for Science, Engineering and Technology/ Edited by G. R. Sinha, Myanmar Institute of Information Technology Mandalay, Myanmar/ IOP Publishing, Bristol, UK, 2020. – 433 p.

3. Методи оптимізації : підручник / В. В. Ладогубець, Т. С. Ладогубець, О. Д. Фіногенов – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 229 с.

12. Інформаційні ресурси

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

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