

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри
інформатики та комп'ютерної техніки
Протокол № 21 від 29.08.2025 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з навчально-методичної
роботи

Каріна НЕМАШКАЛО



МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ

робоча програма навчальної дисципліни (РПНД)

Галузь знань	Ф "Інформаційні технології"
Спеціальність	Ф6 "Інформаційні системи і технології"
Освітній рівень	перший (бакалаврський)
Освітня програма	"Штучний інтелект"

Статус дисципліни	обов'язкова
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська

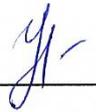
Розробник:
к.т.н., доц.

 **Ольга ТЮТЮНИК**

Завідувач кафедри
інформатики та комп'ютерної техніки

 **Сергій УДОВЕНКО**

Гарант програми

 **Сергій УДОВЕНКО**

**Харків
2025**

ВСТУП

Сучасний розвиток науки і обчислювальної техніки характеризується все більш зростаючим рівнем використання комп'ютерних моделей як для дослідження поведінки явищ і процесів, що оточують людину, так і для розв'язання практичних задач, пов'язаних з управлінням та прогнозуванням. Методи комп'ютерного моделювання широко застосовуються в усіх сферах людської діяльності – від конструювання моделей технічних, технологічних та організаційних систем до вирішення проблем розвитку людства та всесвіту. Вивчення дисципліни "Моделювання систем та методи оптимізації" передбачає набуття теоретичних знань та опанування практичними навичками стосовно основних підходів і принципів побудови моделей.

Дисципліна спрямована на формування у здобувачів вищої освіти загальних основ застосування загальновідомих методологій та сучасних технологій моделювання складних систем; оволодіння практичними навичками роботи в середовищі спеціалізованих пакетів моделювання.

Метою навчальної дисципліни "Моделювання систем та методи оптимізації" є формування знань і навичок стосовно основних підходів і принципів побудови моделей та надбання навичок їх застосування для розв'язання задач моделювання систем та методів їх оптимізації. При цьому велика увага приділяється практичній роботі здобувачів вищої освіти на персональних комп'ютерах із застосуванням математичних пакетів.

Завданнями навчальної дисципліни є: оволодіння теоретичними та практичними знаннями і узагальнення практичного досвіду роботи з математичного моделювання систем та використання методів оптимізації.

Предметом навчальної дисципліни є загальновідомі методології і сучасні технології моделювання складних систем та методи їх оптимізації.

Об'єкт навчальної дисципліни є різні (соціально-економічні, технічні, фізичні та ін.) системи (явища, процеси, об'єкти), з якими пов'язана людська діяльність.

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна визначено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна

Результати навчання	Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти
ПР 1	ІК, КЗ 1, КЗ 2, КЗ 3, КС 1, КС 11, КС 13
ПР 2	ІК, КЗ 2, КЗ 3, КС 11, КС 13
ПР 3	ІК, КС 13
ПР 4	ІК, КС 11
ПР 5	ІК, КС 13
ПР 6	ІК, КЗ 1, КЗ 2
ПР 7	ІК, КЗ 1, КЗ 2, КЗ 3

ПР 8	ІК, КС 11, КС 13
ПР 9	ІК, КС 13
ПР 11	ІК, КС 13
ПР 13	ІК, КС 1

де, ПР 1. Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, теорію функцій багатьох змінних, теорію рядів, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію ймовірностей та математичну статистику в обсязі, необхідному для розробки та використання інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації.

ПР 2. Застосовувати знання фундаментальних і природничих наук, системного аналізу та технологій моделювання, стандартних алгоритмів та дискретного аналізу при розв'язанні задач проектування і використання інформаційних систем та технологій.

ПР 3. Використовувати базові знання інформатики й сучасних інформаційних систем та технологій, навички програмування, технології безпечної роботи в комп'ютерних мережах, методи створення баз даних та інтернет-ресурсів, технології розроблення алгоритмів і комп'ютерних програм мовами високого рівня із застосуванням об'єктно-орієнтованого програмування для розв'язання задач проектування і використання інформаційних систем та технологій.

ПР 4. Проводити системний аналіз об'єктів проектування та обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та способів передачі інформації в інформаційних системах та технологіях.

ПР 5. Аргументувати вибір програмних та технічних засобів для створення інформаційних систем та технологій на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи і експлуатаційних умов; мати навички налагодження та тестування програмних і технічних засобів інформаційних систем та технологій.

ПР 6. 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.

ПР 7. Обґрунтовувати вибір технічної структури та розробляти відповідне програмне забезпечення, що входить до складу інформаційних систем та технологій.

ПР 8. Застосовувати правила оформлення проектних матеріалів інформаційних систем та технологій, знати склад та послідовність виконання проектних робіт з урахуванням вимог відповідних нормативно-правових документів для запровадження у професійній діяльності.

ПР 9. Здійснювати системний аналіз архітектури підприємства та його ІТ інфраструктури, проводити розроблення та вдосконалення її елементної бази і структури.

ПР 11. Демонструвати вміння розробляти техніко-економічне обґрунтування розроблення інформаційних систем та технологій та вміти оцінювати економічну ефективність їх впровадження.

ПР 13. Аналізувати та виявляти ризики неетичного використання інформаційних моделей штучного інтелекту в контексті вирішення практичної задачі, пропонувати методи уникання цих ризиків.

ІК. 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.

КЗ 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

КЗ 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

КЗ 3. Здатність до розуміння предметної області та професійної діяльності.

КС 1. Здатність аналізувати об'єкт проектування або функціонування та його предметну область.

КС 11. Здатність до аналізу, синтезу і оптимізації інформаційних систем та технологій з використанням математичних моделей і методів.

КС 13. Здатність проводити обчислювальні експерименти, порівнювати результати експериментальних даних і отриманих рішень.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Чисельні методи та методи оптимізації

Тема 1. Вступ до моделювання систем. Сутність чисельних методів.

Загальні поняття.

1.1. Предмет дисципліни, її зміст та задачі.

1.2. Сутність чисельних методів, їх загальні поняття.

1.3. Характеристики чисельних методів. Похибка рішення.

Тема 2. Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь.

2.1. Постановка задачі. Прямі та ітераційні методи, їх відмінність.

2.2. Прямі методи розв'язання систем алгебраїчних лінійних рівнянь.

2.3. Метод виключення Гауса. Метод Гауса з вибором головного елемента.

2.4. Ітераційні методи розв'язання систем алгебраїчних лінійних рівнянь. Метод простої ітерації, умови його збіжності. Метод дихотомії.

Тема 3. Чисельне диференціювання та інтегрування функцій. Чисельне інтегрування звичайних диференціальних рівнянь. Задача Коши.

3.1. Постановка задач наближення функцій, їх відмінність. Апроксимація функцій. Метод найменших квадратів для апроксимації функцій. Інтерполяція функцій. Інтерполяція лінійна та квадратична.

3.2. Інтерполяційний поліном Лагранжа. Інтерполяційний поліном Ньютона. Сплайн-інтерполяція. Формули чисельного диференціювання функцій. Формула трапецій. Формула Сімпсона.

3.3. Постановка задачі Коші для диференціального рівняння n -го порядку та системи диференціальних рівнянь.

Тема 4. Чисельні методи знаходження екстремуму функцій однієї змінної. Методи безумовної оптимізації. Методи лінійного та нелінійного програмування. Динамічне програмування

4.1. Загальна постановка задачі оптимізації. Поняття цільової функції та допустимої множини. Класифікація задач оптимізації. Математичне програмування. Безумовна та умовна оптимізація. Лінійне та нелінійне програмування.

4.2. Постановка задачі знаходження екстремуму функцій однієї змінної. Чисельні методи знаходження екстремуму функції однієї змінної: метод діхотомії, метод золотого січення.

4.3. Постановка задачі безумовної оптимізації. Необхідні умови мінімуму 1-го і 2-го порядків функції кількох змінних. Загальна схема чисельних методів рішення задачі безумовної оптимізації. Градієнтні методи.

4.4. Чисельні методи нелінійного програмування. Метод штрафних функцій. Метод модифікованої функції Лагранжа. Чисельні методи лінійного програмування. Симплекс-метод. Постановка задачі динамічного програмування.

Змістовий модуль 2. Моделювання систем

Тема 5. Моделювання: основні поняття, основні види моделювання. Формальні методи побудови моделей

5.1. Поняття системи. Поняття моделі. Поняття моделювання. Види моделей та їх класифікація за різними критеріями. Вимоги до моделей.

5.2. Основні види моделювання (аналітичне, імітаційне, статистичне), їх характеристики та відношення між собою.

5.3. Формальні методи побудови моделей: кібернетичний підхід, системна динаміка, теоретично-множинний підхід.

Тема 6. Ідентифікація параметрів математичної моделі. Принципи побудови моделей. Технологія моделювання

6.1. Постановка задачі ідентифікації, основні етапи її рішення та їх взаємозв'язок. Поняття адекватності, чутливості та несуперечливості моделі, формальні способи їх перевірки.

6.2. Основні принципи побудови моделей: інформаційної достатності, доцільності, здійсненності, множинності моделей, агрегації, параметризації, застосування методології ітераційного багаторівневого моделювання.

6.3. Технологія моделювання: основні етапи, їх взаємозв'язок та характеристики.

Тема 7. Імовірнісне моделювання. Моделювання випадкових процесів. Моделі розрахункових процесів та управління. Динамічні моделі, P, Q, F, A- схеми

7.1. Поняття імовірнісного моделювання. Метод Монте-Карло. Генератори псевдовипадкових чисел.

7.2. Моделювання випадкових процесів. Загальний вид математичної моделі системи.

7.3. Неперервно-детерміновані моделі (D-схеми), дискретно-детерміновані моделі (F-схеми), дискретно-стохастичні моделі (P-схеми), неперервно-стохастичні моделі (Q-схеми), узагальнені моделі (A-схеми).

Тема 8. Побудова моделі прогнозу. Нейромережеві моделі.

8.1. Поняття "прогнозування", принципи та методи прогнозування, коефіцієнт кореляції, регресійна модель прогнозу.

8.2. Поняття "нейромережа", моделі нейромереж. Побудова нейромережевої моделі.

Перелік лабораторних занять за навчальною дисципліною наведено в табл. 2

Таблиця 2

Перелік лабораторних занять

Назва теми та завдання	Зміст
Тема 1-2. Лабораторна робота 1. Завдання 1	Постановка задачі розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Чисельні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Постановка задачі розв'язання нелінійного рівняння з однією змінною. Чисельні методи розв'язання нелінійного рівняння з однією змінною
Тема 3-4. Лабораторна робота 2. Завдання 2	Модуль методу найменших квадратів для оцінки параметрів будь-якої апроксимуючої функції. Знаходження точки мінімуму функції декількох змінних 3-ма методами: найшвидшого спуску, сполучених градієнтів і Ньютона
Тема 5-6. Лабораторна робота 3. Завдання 3	Вирішення задач лінійного програмування
Тема 7. Лабораторна робота 4. Завдання 4	Підбір законів розподілів випадкових величин за експериментальними даними з використанням середовища статистичного пакета R
Тема 8. Лабораторна робота 5. Завдання 5	Побудова двофакторної лінійної регресійної моделі прогнозу
Тема 8. Лабораторна робота 6. Завдання 6	Модель простої нейронної мережі

Перелік самостійної роботи за навчальною дисципліною наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Перелік самостійної роботи

Назва теми	Зміст
Тема 1 - 8	Вивчення лекційного матеріалу
Тема 1 - 8	Підготовка до лабораторних робіт
Тема 1 - 8	Підготовка до контрольних робіт

Кількість годин лекційних та лабораторних занять та годин самостійної роботи наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

У процесі викладання навчальної дисципліни для набуття визначених результатів навчання, активізації освітнього процесу передбачено застосування таких методів навчання, як:

- словесні (лекції за темами 1-8), елементи проблемних лекцій (за темами 1-8);
- наочні (демонстрації (теми 1-8));
- практичні (лабораторні заняття за темами 1-8).

В умовах змішаної форми навчання подання лекційного матеріалу та/або проведення лабораторних занять та групових та індивідуальних консультацій відбувається з використанням платформи Zoom, в умовах звичайної аудиторної форми заняття проводяться очно, в аудиторіях та комп'ютерних залах.

ФОРМИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ

Університет використовує 100-бальну накопичувальну систему оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних та лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості здобувача вищої освіти до виконання конкретної роботи і оцінюється сумою набраних балів:

– для дисциплін з формою семестрового контролю залік: максимальна сума – 100 балів; мінімальна сума – 60 балів.

Підсумковий контроль включає семестровий контроль.

Семестровий контроль проводиться у формі заліку.

Підсумкова оцінка за навчальною дисципліною визначається:

– для дисциплін з формою семестрового контролю залік – сумуванням всіх балів, отриманих під час поточного контролю.

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються наступні контрольні заходи:

Поточний контроль: лабораторні роботи за варіантом (60 балів), письмові контрольні роботи (20 балів), індивідуальне завдання (10 балів), тест (10 балів).

Семестровий контроль: Залік

Більш детальну інформацію щодо системи оцінювання наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Обод І.І. Математичне моделювання систем: навчальний посібник. / За редакцією І.І. Обода – Харків : НТУ "ХПІ", Друкарня МАДРИД, 2019. – 268 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://openarchive.nure.ua/handle/document/9926>.

2. Моделювання та оптимізація систем: підручник / [Дубовой В.М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., А.В. Усов А. В.] – Вінниця : ПП "ТД"Едельвейс", 2017. – 804 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://nmetau.edu.ua/ua/mdiv/i2001/p2455>.

3. Оптимізаційні методи та моделі в підприємницькій діяльності: Навчальний посібник. / Л.О. Волонтир, Н.А. Потапова, І.М. Ушкаленко, І.А. Чіков., Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця : ВНАУ, 2020 – 404 с.

4. Математичні методи дослідження операцій. Лінійне програмування. Частина 1 : навчальний посібник / А. А. Яровий, Л. М. Ваховська, Л. В. Крилик. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 86 с.

5. Шабельник Т. В. Математичне моделювання соціально-економічних систем : навч. посібник / Т. В. Шабельник. – Маріуполь : МДУ, 2019. – 135 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://www.repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/28090>.

Додаткова

6. Моделювання систем та методи оптимізацій [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів галузі знань 12 "Інформаційні технології" першого (бакалаврського) рівня / уклад. В. М. Задачин. – Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 218 с. Режим доступу : <http://www.repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/22458>

7. Малярець, Л. М. Дослідження операцій та методи оптимізації [Електронний ресурс] : практикум : у 2-х ч. Ч. 2 / Л. М. Малярець, І. Л. Лебедева, Л. О. Норік ; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. - Електрон. текстові дан. (2,69 МБ). – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. - 160 с. Режим доступу : <http://www.repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/22002>

8. Дослідження операцій : конспект лекцій / О. В. Шибаніна, В. П. Клочан, І.В. Клочан та ін. – Миколаїв : МНАУ, 2021. – 150 с.

9. Чаговець Л.О. Моделі ідентифікації та прогнозування стану цифровізації країн у світовому просторі / Л. О. Чаговець, В. В. Чаговець // Комунальне господарство міст. – 2023. – № 1(175). – С. 2–12. Режим доступу : <http://www.repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/29885>
10. Теорія систем та системний аналіз: курс лекцій / В.В. Тютюнник, О.О. Писклакова. – Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2020. – 104 с.
11. Моделювання процесів і систем / Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 126 "Інформаційні системи та технології" / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. : О.В. Савчук, О.М. Моргаль. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 220 с.
12. Tiutiunyk V., Tiutiunyk O., Teslenko O., Brynza N. Peculiar properties of creating a system of support to make anti-crisis decisions by experts of the situational center at the cyber protection object. International Scientific and Practical Conference "Information Security and Information Technologies": Conference Proceedings. Kharkiv – Odesa : Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, 2021. – pp. 53-62. Режим доступу : <http://www.repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/27716>.
13. Левкін Д.А. Прикладні моделі та методи оптимізації систем / Левкін Д.А. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 2020, С.99-103.
14. B. Vorobiov, S. Senchenko, D. Pshenychnykov, N. Brynza and A. Tymoshchenko, "Neural Network Controller Based Slippage Prevention System For Electric Vehicle," 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Kharkiv, Ukraine, 2022, pp. 1-6, doi : 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916436.
15. 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.

Інформаційні ресурси

16. Сайт персональних навчальних систем ХНЕУ ім. С. Кузнеця [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://pns.hneu.edu.ua/enrol/index.php?id=9010>
17. Вступ до R [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://r-intro.kleban.page/>
18. Online R Compiler [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.mycompiler.io/new/r>