


Міністерство освіти і науки України
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
ННІ Інформаційних та освітніх технологій

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри прикладної математики та інформатики


О. В. Піскун

28.08.2024

Робоча програма навчальної дисципліни
Методи оптимізації

Освітній ступінь	Семестр за навч. планом	Спеціальність	Освітня програма	Обов'язковість дисципліни	Мова навчання	Погодження керівника ГЗ ОП*
бакалавр	6	113 Прикладна математика	Прикладна математика	обов'язкова	українська	О. А. Сердюк

* групи забезпечення освітньої програми

Розробники робочої програми

В. А. Дзюба	кафедра прикладної математики та інформатики	старший викладач	к. т. н.	В. А. Дзюба
-------------	----------------------------------------------	------------------	----------	-------------

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Семестр у межах дисципліни	К-сть кредитів (к-сть годин)	Форма навчання	Контроль розподілу годин	Кількість годин на аудиторні заняття			Кількість годин для самостійної роботи			Форма підсумкового контролю		
				загалом (у %)	у тому числі:		загалом (у %)	у тому числі:				
					лекції	лабораторні		практичні/семінарські	розрахункові роботи		індивідуальні завдання	підготовка до занять
перший	5	денна	за планом	50	20	30	0	100	0	50	50	залік
			розподілено	33%	20	30	0	67%	0	50	50	
	150											

МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета викладання навчальної дисципліни «Методи оптимізації» полягає у вивченні в систематизованій формі та активному засвоєнні студентами основ теорії і методів розв'язування, аналізу та використання задач на знаходження екстремуму цільової функції на множині допустимих варіантів у широкому спектрі теоретико-економічних та практичних проблем на всіх рівнях ієрархії управління виробничими, технічними та соціально-економічними процесами.

МІЖДИСЦИПЛІНАРНІ ЗВ'ЯЗКИ

При вивченні дисципліни використовуються знання з дисциплін «Математичний аналіз», «Лінійна алгебра та геометрія», «Методи обчислень», «Програмування», «Мови програмування».

ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

ПРН 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.

ПРН 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.

ПРН 13. Вміти будувати стратегії розв'язання практичних і наукових задач у галузі інтелектуального аналізу даних, машинного навчання, штучного інтелекту; обирати найбільш ефективний метод розв'язання та реалізовувати його з використанням сучасних мов програмування та спеціалізованого програмного забезпечення.

Результатом вивчення навчальної дисципліни «Методи оптимізації» є формування комплексу компетентностей:

- загальні компетентності:

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

- фахові компетентності:

СК 12. Здатність управляти та користуватися сучасними інформаційно-комунікаційними системами та технологіями (у тому числі такими, що базуються на використанні Інтернет).

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

ЗАСОБИ І КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Поточними формами контролю є: комп'ютерні тести; презентації результатів виконаних завдань та досліджень; завдання онлайн курсів.

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання може бути досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання навчальної дисципліни, який визначається до кожного завдання через якісні критерії і трансформується в мінімальну позитивну оцінку обраної для даної дисципліни шкали. Після завершення курсу використана шкала перенормовується у накопичувальну 100-бальну і ЄКТС (A, B, C, D, E, FX, F) шкали.

Контроль проводиться у чотири етапи: вхідний (у формі тесті для визначення рівня підготовки студентів з дисциплін, що забезпечують цей курс; за результатами цього контролю розробляються заходи індивідуальної допомоги студентам, коригування освітнього процесу тощо), поточний (при проведенні лекцій, практичних, лабораторних, семінарських та інших занять і має на меті перевірку рівня засвоєння студентом матеріалу курсу та підготовленості студента до виконання конкретних видів навчальної діяльності), проміжний (модульного; при завершенні вивчення логічно завершеної частини навчальної дисципліни) та семестровий контроль.

МЕХАНІЗМ ОЦІНЮВАННЯ ЗА ОКРЕМИМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Загальна система оцінювання курсу.

Система оцінювання курсу відбувається згідно з критеріями оцінювання навчальних досягнень студентів, що регламентовані в університеті. Студент за семестр може набрати максимум 100 балів.

Вимоги до виконання завдань курсу:

Передбачено 7 індивідуальних завдань за варіантами (максимум по 10 балів за кожне), та двох модульних контролів у вигляді комп'ютерних тестів

Політика курсу

Загальна максимальна сума балів, яка присвоюється студентові за курс, становить 100 балів, яка є сумою балів за виконання лабораторних завдань, самостійну роботу, модульний контроль (модулі 1, 2) та бали отримані за індивідуальні завдання.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Аудиторна робота «Слухай, читай, обговорюй» (Лк – лекція, Лб – лабораторне заняття, Пр – практичне заняття, См - семінарське заняття)

Самостійна робота «Думай, пиши, аналізуй, досліджуй, твори» (Рр – розрахункова робота, Інд – індивідуальне завдання, Пз – підготовка до занять)

Контроль «Захищай, відстоюй, неси відповідальність» (МК – модульний контроль; ПК – підсумковий контроль)

Вид навчального заняття	Тема навчального заняття	К-сть годин за денною/заочною формами навчання	Засіб оцінювання	Результати навчання і критерії оцінювання за окремим заняттям	Макс. к-сть балів за денною/заочною формами навчання
ПЕРШИЙ СЕМЕСТР ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ					
Загалом за семестр		150	0	Загалом за поточний контроль	100
	Вхідний контроль	---	---	тест	---
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи оптимізації					12
Лк1	Вступ до оптимізації – Постановка задач оптимізації. Основні означення і поняття. – Приклади виробничих, технічних і економічних задач, математична модель яких являє собою екстремальну задачу певного класу, та їх формалізація. – Геометрична інтерпретація задач оптимізації та її застосування для розв'язування одно- і двовимірних задач. – Основи опуклого аналізу. Л-ра: 1-4, 10-11	2		Знати постановку задач оптимізації, розуміти геометричну інтерпретацію задач оптимізації	
Лб1	Опуклі множини та функції – Опуклі множини – Опуклі функції та їх властивості. Критерії опуклості функцій Л-ра: 1-4	2	опитування	Розуміти поняття опуклої множини, вміти визначати опуклість множини, наводити приклади опуклих множин. Знати означення опуклої функції, вміти досліджувати функції на опуклість, знати властивості опуклих функцій, наводити приклади опуклих функцій	1
Пз1	Побудова графіків функцій та ліній рівня за допомогою бібліотеки Matplotlib Л-ра: 12, 13	2	опрацювання матеріалу	Вміти будувати графіки двовимірних і тривимірних функцій та ліній рівня у середовищі Jupyter Notebook за допомогою бібліотеки Matplotlib	

Лк2	Необхідні і достатні умови екстремуму функцій – Градієнт і матриця Гессе функції. Критерій знаковизначеності квадратичної форми (критерій Сільвестра). – Необхідні та достатні умови безумовного екстремуму (для функції від однієї змінної та багатьох змінних). – Необхідні і достатні умови мінімуму в задачах умовної оптимізації. Л-ра: 1-4, 10-11	2			Вміти знаходити градієнт функції та матрицю Гессе, розуміти геометричний зміст вектора градієнта, знати необхідні і достатні умови екстремуму функцій для функції від однієї змінної та багатьох змінних, знати необхідні і достатні умови мінімуму для задач умовної оптимізації		
Лб2	Знаходження екстремуму функцій Л-ра: 1-4, 10-11	2			Вміти знаходити екстремум функцій, використовуючи необхідні і достатні умови екстремуму	1	
Пз2	Використання <code>scipy.optimize.minimize</code> з бібліотеки SciPy Л-ра: 12, 13	2	опрацювання матеріалу		Вміти знаходити екстремум функцій у середовищі Jupyter Notebook за допомогою функції <code>minimize</code> з бібліотеки SciPy		
Інд1	Виконання індивідуальних завдань за варіантом у лабораторній роботі "Знаходження екстремуму функцій" Л-ра: 1-4	6	звіт		Вміти знаходити екстремум функцій за допомогою необхідних і достатніх умов екстремуму та у середовищі Jupyter Notebook за допомогою функції <code>minimize</code> з бібліотеки SciPy	10	
Змістовий модуль 2. Чисельні методи розв'язування задач оптимізації						46	
Лк3	Чисельні методи одновимірної мінімізації – Постановка задачі. Унімодальні функції. – Пошук відрізка локалізації точки мінімуму. – Методи нульового порядку (метод дихотомії, метод золотого перерізу, метод квадратичної апроксимації, метод Фібоначчі, метод порозрядного пошуку). – Методи першого і другого порядку (метод середньої точки, метод хорд, метод Ньютона). Л-ра: 1-4, 10-11	2			Розуміти постановку задачі одновимірної мінімізації, знати чисельні методи одновимірної мінімізації та особливості їх застосування		

Лб3	Чисельні методи одновимірної мінімізації нульового порядку – Метод дихотомії. – Метод золотого перерізу. – Метод квадратичної апроксимації. – Метод Фібоначчі. – Метод порозрядного пошуку. Л-ра: 1-4, 10-11	2		опитування	Вміти реалізовувати чисельні методи одновимірної мінімізації нульового порядку мовою програмування Python	1	
Пз3	Використання <code>scipy.optimize.minimize_scalar</code> з бібліотеки SciPy Л-ра: 12, 13	2		опрацювання матеріалу	Вміти знаходити екстремум функцій від однієї змінної у середовищі Jupyter Notebook за допомогою функції <code>minimize_scalar</code> з бібліотеки SciPy		
Лб4	Чисельні методи одновимірної мінімізації – Методи першого і другого порядку (метод середньої точки, метод хорд, метод Ньютона). Л-ра: 1-4, 10-11	2		опитування	Вміти реалізовувати чисельні методи одновимірної мінімізації першого і другого порядку мовою програмування Python	1	
Пз4	Порівняльний аналіз методів одновимірної мінімізації унімодальних функцій Л-ра: 1-4, 10-11	4		опрацювання матеріалу	Навчитися проводити порівняльний аналіз методів одновимірної мінімізації, які реалізовані мовою програмування Python		
Інд2	Виконання індивідуальних завдань за варіантом у лабораторній роботі "Чисельні методи одновимірної мінімізації" Л-ра: 1-4	8		звіт	Вміти локалізувати та знаходити мінімум функцій від однієї змінної за допомогою чисельних методів одновимірної мінімізації	10	
Лк4	Чисельні методи безумовної багатовимірної мінімізації (нульового порядку) – Загальні принципи побудови чисельних методів багатовимірної оптимізації. – Метод Нелдера-Міда – Метод покоординатного спуску – Метод конфігурацій (Хука-Дживса). Л-ра: 1-4, 10-11	2			Розуміти постановку задачі безумовної багатовимірної мінімізації. Знати загальні принципи побудови чисельних методів багатовимірної оптимізації, умови зупинки відповідного ітераційного процесу. Знати чисельні методи багатовимірної мінімізації нульового порядку та особливості їх застосування		
Лб5	Чисельні методи безумовної мінімізації (нульового порядку) Л-ра: 1-4, 10-11	2		опитування	Вміти реалізовувати чисельні методи безумовної багатовимірної мінімізації нульового порядку мовою програмування Python.	1	

Пз5	Використання функцій <code>fmin</code> та <code>fmin_powell</code> з бібліотеки <code>SciPy</code> Л-ра: 12, 13	4		опрацювання матеріалу	Вміти знаходити екстремум функцій від багатьох змінних у середовищі <code>Jupyter Notebook</code> за допомогою функцій <code>fmin</code> та <code>fmin_powell</code> з бібліотеки <code>SciPy</code>		
Лк5	Чисельні методи безумовної багатовимірної мінімізації (першого і другого порядку) – Методи першого порядку (метод найшвидшого градієнтного спуску, метод спряжених градієнтів). – Методи другого порядку (метод Ньютона та його модифікації, метод Макварда). Л-ра: 1-4, 10-11	2			Знати чисельні методи багатовимірної мінімізації першого і другого порядку та особливості їх застосування		
Лб6	Чисельні методи безумовної мінімізації (першого і другого порядку) Л-ра: 1-4, 10-11	2		опитування	Вміти реалізовувати чисельні методи безумовної багатовимірної мінімізації першого і другого порядку мовою програмування <code>Python</code>	1	
Пз6	Порівняльний аналіз методів безумовної багатовимірної мінімізації Л-ра: 1-4, 10-11	4		опрацювання матеріалу	Навчитися проводити порівняльний аналіз методів безумовної багатовимірної мінімізації, які реалізовані мовою програмування <code>Python</code>		
Інд3	Виконання індивідуальних завдань за варіантом у лабораторній роботі "Чисельні методи багатовимірної мінімізації" Л-ра: 1-4	8		звіт	Вміти знаходити мінімум функцій від багатьох змінних за допомогою чисельних методів багатовимірної мінімізації	10	
Лк6	Чисельні методи умовної багатовимірної мінімізації – Класична задача на умовний екстремум. – Принципи побудови чисельних методів пошуку умовного екстремуму. – Метод штрафних функцій (зовнішніх штрафних функцій). – Метод бар'єрних функцій (внутрішніх штрафних функцій). Л-ра: 1-4, 10-11	2			Розуміти постановку класичної задачі на умовний екстремум. Знати принципи побудови чисельних методів пошуку умовного екстремуму. Знати чисельні методи умовної багатовимірної мінімізації		
Лб7	Розв'язування задач умовної мінімізації – Метод штрафних функцій. – Метод бар'єрних функцій. Л-ра: 1-4, 10-11	2		опитування	Вміти реалізовувати метод штрафних функцій і метод бар'єрних функцій мовою програмування <code>Python</code>	1	

Пз7	Використання minimize, LinearConstraint та NonlinearConstraint з бібліотеки SciPy Л-ра: 12, 13	4		опрацювання матеріалу	Вміти використовувати класи LinearConstraint та NonlinearConstraint з бібліотеки SciPy для розв'язування задач умовної мінімізації		
Лб8	Метаевристичні методи оптимізації – Метод імітації відпалу та його модифікації (Больцманівський відпал, відпал Коші, швидкий відпал). – Метод рою частинок та його модифікації Л-ра: 2-4, 6-8	2		опитування	Вміти реалізовувати метод імітації відпалу та метод рою частинок мовою програмування Python	1	
Пз8	Використання scipy.optimize.dual_annealing і scipy.optimize.basinhopping з бібліотеки SciPy Л-ра: 12, 13	2		опрацювання матеріалу	Вміти використовувати dual_annealing і basinhopping з бібліотеки SciPy для розв'язування задач глобальної оптимізації		
Лб9	Методи ройового інтелекту – Особливості та класифікація методів ройового інтелекту – Метод кажанів. – Метод сірих вовків. Л-ра: 6-8	2		опитування	Вміти реалізовувати методи ройового інтелекту мовою програмування Python	1	
Пз9	Використання бібліотеки SwarmPackagePy Л-ра: 12, 13	4		опрацювання матеріалу	Вміти використовувати Bat Algorithm, Cuckoo Search Optimization, Firefly algorithm, Grey Wolf Optimizer та Particle Swarm Optimization для розв'язування задач глобальної оптимізації		
Інд4	Виконання індивідуальних завдань за варіантом у лабораторній роботі "Стохастичні та метаевристичні методи оптимізації" Л-ра: 1-4	8		звіт	Вміти знаходити мінімум функцій від багатьох змінних за допомогою стохастичних та метаевристичних методів оптимізації	10	
МК1	Питання до модульного контролю 1					9	
Змістовий модуль 3. Математичне програмування та дослідження операцій						42	

Лк7	Загальна задача лінійного програмування та геометричний метод її розв'язування – Загальна задача лінійного програмування та її подання в канонічній формі. – Поняття плану, опорного плану, невідродженого опорного плану, оптимального плану задачі лінійного програмування. – Приклади задач лінійного програмування. – Властивості розв'язків задачі лінійного програмування. Л-ра: 1-3, 5, 9-11	2			Знати постановку задач лінійного програмування, розуміти поняття плану, опорного плану, невідродженого опорного плану, оптимального плану задачі лінійного програмування. Наводити приклади реальних практичних задач, які зводяться до задачі лінійного програмування.		
Лб10	Геометричний метод розв'язування задачі лінійного програмування – використання програми Extremum. Л-ра: 1-3, 5, 9-11	2	опитування	Вміти розв'язувати задачі лінійного програмування від двох змінних геометричним методом. Навчитись використовувати програму Extremum	1		
Пз10	Використання scipy.optimize.linprog з бібліотеки SciPy Л-ра: 12, 13	4	опрацювання матеріалу	Вміти розв'язувати задачі лінійного програмування за допомогою функції linprog з бібліотеки SciPy			
Лк8	Симплекс-метод розв'язування задачі лінійного програмування – Теоретичні основи симплекс-методу. – Алгоритм симплекс-методу. Л-ра: 1-3, 5, 9-11	2		Знати і розуміти основні етапи розв'язування задачі лінійного програмування симплекс-методом			
Лб11	Розв'язування задач лінійного програмування симплекс-методом Л-ра: 1-3, 5, 9-11	2	опитування	Вміти розв'язування задачі лінійного програмування симплекс-методом	1		
Лб12	Розв'язування задач лінійного програмування методом штучного базису – Побудова розширеної задачі лінійного програмування. – Особливості побудови симплекс-таблиць для розширеної задачі лінійного програмування. – Основні етапи розв'язування задачі лінійного програмування методом штучного базису. Л-ра: 1-3, 5, 9-11	2	опитування	Вміти будувати розширену задачу лінійного програмування. Вміти розв'язувати розширені задачі лінійного програмування методом штучного базису			

Лб13	Двоїста задача лінійного програмування та методи її розв'язування Л-ра: 1-3, 5, 9-11	2		опитування	Вміти будувати двоїсту задачу лінійного програмування. Вміти знаходити розв'язок двоїстої задачі з розв'язку прямої задачі		
Пз11	Економічна інтерпретація задачі, двоїстої до задачі про використання ресурсів Л-ра: 1-3, 5, 9-11	6		опрацювання матеріалу	Розуміти економічну інтерпретацію задачі, двоїстої до задачі про використання ресурсів		
Інд5	Виконання індивідуальних завдань за варіантом у лабораторній роботі "Розв'язування задач лінійного програмування симплекс-методом та методом штучного базису" Л-ра: 1-3, 5, 9-11	8		звіт	Вміти розв'язувати задачі лінійного програмування симплекс-методом та методом штучного базису.	10	
Лк9	Цілочислові задач лінійного програмування та методи їх розв'язування – Математична постановка цілочислових задач лінійного програмування. – Область застосування цілочислових задач лінійного програмування у плануванні й управлінні виробництвом. – Нерівність Гоморі. – Метод Гоморі для розв'язування задачі цілочислового лінійного програмування. – Метод гілок і меж. Л-ра: 1-2, 5, 9-11	2			Знати математичну постановку цілочислових задач лінійного програмування та методи їх розв'язування. Наводити приклади практичних задач, які зводяться до задач цілочислового лінійного програмування		
Лб14	Розв'язування задач цілочислового лінійного програмування – Метод Гоморі. – Метод гілок і меж. Л-ра: 5, 9-11	2		опитування	Вміти розв'язувати задачі цілочислового лінійного програмування методом Гоморі та методом гілок і меж	1	
Пз12	Розв'язування задач цілочислового лінійного програмування за допомогою MS Excel Л-ра: 5, 9-11	6		опрацювання матеріалу	Вміти розв'язувати задачі цілочислового лінійного програмування за допомогою надбудови "Пошук рішення" у MS Excel		

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації.: Черкаси: Брама-Україна, 2005.-620 с.
2. Івченко І.Ю. Математичне програмування: Навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури, 2007. – 232 с
3. Кутковецький В.Я. Дослідження операцій: Навчальний посібник. Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. П. Могили, 2003. – 260 с.
4. Мартинюк П.М., Мічута О.Р. Методи оптимізації та дослідження операцій: Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2011. - 283 с.
5. <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/optimize.html#module-scipy.optimize>

Додаткова література

1. Kochenderfer M.J., Wheeler T.A. Algorithms for Optimization. - Boston: The MIT Press, 2019.-521 p.
2. Цегелик Г.Г. Лінійне програмування. Світ, 1995. 216 с.

Інструменти, обладнання та програмне забезпечення

Python 3 і Jupyter Notebook (дистрибутив Anaconda)