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

ПОГОДЖЕНО
Начальник
навчально-методичного відділу
_____ Т. В. Запорожець
_____

ЗАТВЕРДЖЕНО
Завідувач кафедри прикладної математики та інформатики

_____ О. В. Піскун
_____

Робоча програма навчальної дисципліни

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ

Освітній ступінь	Семестр за навч. планом	Спеціальність	Освітня програма	Обов'язковість дисципліни	Мова навчання	Погодження керівника ГЗ ОП*
бакалавр	6-7	126 Інформаційні системи та технології	Інтелектуальний аналіз даних	обов'язкова	українська	Красношлик Н.О.

* групи забезпечення освітньої програми

Розробники робочої програми

Н. О. Красношлик	кафедра прикладної математики та інформатики	доцент	к. т. н.	доцент

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Форма навчання	Семестр у межах дисципліни	Кількість кредитів	Загальна кількість годин	Аудиторна робота				Самостійна робота			Форма підсумкового контролю
				лекції	лабора-торні	прак-тичні	семінар-ські	розрахункові роботи	індивіду-альні завдання	підготовка до занять	
денна	перший	6	180 год	60 год / 33 %				120 год / 67 %			екзамен
				30 год	30 год			20 год	50 год	50 год	
	другий	6	180 год	60 год / 33 %				120 год / 67 %			екзамен
				30 год	30 год				70 год	50 год	

МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета викладання навчальної дисципліни «Методи оптимізації та дослідження операцій» 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.

Основні завдання вивчення дисципліни «Методи оптимізації та дослідження операцій»:

- подати у систематизованій формі теоретичні відомості про задачі і методи відшукання екстремумів функцій різних типів як при наявності обмежень, так і без них, сформувати практичні навички їх застосування до розв'язування реальних виробничих, економічних, технічних і управлінських задач;
- підвищити рівень професійної підготовки майбутніх фахівців за рахунок сучасних досягнень в галузі прикладної математики, зокрема математичного програмування, дослідження операцій;
- поглибити знання з питань, які стосуються коректності постановки задачі, математичного моделювання і обчислювального експерименту, дослідження ефективності чисельних методів розв'язування математичних задач за допомогою комп'ютерної техніки, аналізу та інтерпретації отриманих результатів.
- поєднання теоретичного і практичного аспектів її змісту. При цьому практичний аспект пов'язаний з набуттям студентами навичок роботи з готовим програмним забезпеченням, а також написанням ними програм, які реалізують чисельні методи оптимізації та дослідження операцій на мові програмування Python. Тому на лабораторних заняттях, при організації самостійної роботи для виконання допоміжних обчислень і розрахунків, а також для безпосереднього розв'язування екстремальних задач, використовується середовище Jupyter Notebook.

ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ ТА УЗГОДЖЕННЯ З ІНШИМИ ДИСЦИПЛІНАМИ

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

ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- приклади виробничих, технічних і економічних задач, математична модель яких являє собою екстремальну задачу певного класу;
- математичну постановку задачі оптимізації;
- основні означення і поняття теорії оптимізації;
- геометричну інтерпретацію задач оптимізації та її застосування для розв'язування одно- і двовимірних задач;
- основні класи екстремальних задач;
- класичні методи знаходження екстремумів функцій однієї і багатьох змінних, необхідні і достатні умови екстремуму та їх застосування;
- означення опуклої множини, приклади опуклих множин в просторі, означення опуклої оболонки множини;
- означення опуклої функції, графіка і надграфіка функції, властивості опуклих функцій, операції над опуклими функціями, критерії опуклості диференційовних функцій;
- загальну характеристику ітераційних методів для розв'язування задач оптимізації, поняття збіжності та швидкості збіжності ітераційних методів, умови завершення ітераційного процесу;
- означення унімодальної функції та її властивості;
- наближені методи одновимірної оптимізації для унімодальних функцій;
- чисельні методи безумовної багатовимірної оптимізації;
- чисельні методи умовної багатовимірної мінімізації;
- методи ройового інтелекту;
- методи розв'язування задачі ЛП: симплекс-метод, метод штучного базису, двоїстий симплекс-метод, методи розв'язування двоїстої задачі ЛП;
- економічну і математичну постановку транспортної задачі, методи побудови опорного плану, випадок виродження, методи розв'язування транспортної задачі (метод потенціалів);
- постановку і методи розв'язування задачі дробово-лінійного програмування;
- постановку і методи розв'язування задачі цілочислового лінійного програмування;
- постановку і методи розв'язування задачі комівояжера;
- задачі і методи теорії ігор.

вміти:

- будувати математичні моделі виробничих, технічних, економічних задач, математична модель яких являє собою екстремальну задачу певного класу;

- застосовувати класичні методи знаходження екстремумів функцій однієї і багатьох змінних;
- програмно реалізовувати наближені методи одновимірної оптимізації;
- програмно реалізовувати чисельні методи безумовної оптимізації;
- програмно реалізовувати методи ройового інтелекту;
- розв'язувати задачі ЛП симплекс-методом, методом штучного базису, двоїстим симплекс-методом;
- будувати опорний плану транспортної задачі та розв'язувати її методом потенціалів;
- розв'язувати задачі дробово-лінійного програмування;
- розв'язувати задачі цілочислового програмування;
- розв'язувати задачі теорії ігор.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

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 системою з відповідністю у національній («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та ЄКТС (A, B, C, D, E, FX, F) шкалах.

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 завершення вивчення логічно завершеної частини навчальної дисципліни) та семестровий контроль.

Формою семестрового (підсумкового) контролю з курсу «Методи оптимізації та дослідження операцій» є екзамен.

Передумовою отримання студентом позитивної екзаменаційної оцінки з дисципліни є:

1. успішне виконання всіх завдань лабораторних робіт;
2. позитивна оцінка результату виконання розрахункової роботи/міні-проекту.

Бали студент набирає протягом семестру. Для покращення результатів при недостатній кількості балів студент може виконати додаткові індивідуальні завдання.

ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

Залік; звіти з лабораторних робіт; розрахунково-графічна робота (міні-проект); опитування; тест; модульні контрольні роботи.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Аудиторна робота *«Слухай, читай, обговорюй»* (**Л** – 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)

Тема	**Тема навчального заняття**	**К-сть годин за денною/ заочною формами навчання**	**Засіб оцінювання**	**Максимальна кількість балів за формами навчання**
Вхідний контроль			тест	---
Перший семестр				
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи оптимізації				**13 / ---**
1.1. Вступ до оптимізації	**Л1** 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. *Л-ра: 1-4, 10-11*	2 / ---	---	---
1.2 Основи опуклого аналізу	**Лб1** Постановка задач оптимізації та їх розв'язування за допомогою Python – Побудова математичної моделі задач оптимізації – Огляд модулю scipy.optimize. *Л-ра: 1-4, 12, 13*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Л2 Основи опуклого аналізу – Опуклі множини, приклади опуклих множин в просторі. – Опукла оболонка множини, теорема Каратеодорі. – Конус, опуклий конус, спряжений конус, многогранники, симплекс. – Графік і надграфік функції. Означення опуклої функції.	2 / ---	---	---

	– Властивості опуклих функцій. Операції над опуклими функціями. – Критерії опуклості диференційовних функцій. *Л-ра: 1-4*			
	Лб2 Опуклі множини та функції – Опуклі множини – Опуклі функції та їх властивості. Критерії опуклості функцій *Л-ра: 1-4*	2 / ---	письмове домашнє завдання	2 / ---
	Пз1 Побудова графіків функцій та ліній рівня за допомогою бібліотеки Matplotlib *Л-ра: 12, 13*	5 / ---	самостійна робота	1 / ---
1.3 Безумовний екстремум функцій	**Л3** Безумовний екстремум функцій – 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 / ---	---	---
	Лб3 Знаходження екстремуму функцій *Л-ра: 1-4, 10-11*	2 / ---	письмове домашнє завдання	2 / ---
	Пз2 Використання scipy.optimize.minimize з бібліотеки SciPy *Л-ра: 12, 13*	10 / ---	---	1 / ---
Модульний контроль	**МК1** Модульна контрольна робота за матеріалами змістового модуля 1	11 / ---	контрольна робота	5 / ---
Змістовий модуль 2. Чисельні методи розв'язування екстремальних задач				**37 / ---**
2.1 Чисельні методи одновимірної мінімізації	**Л4** 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). *Л-ра: 1-4, 10-11*	2 / ---	усне опитування	2 / ---

	Лб4 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 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Пз3 Використання scipy.optimize.minimize_scalar з бібліотеки SciPy *Л-ра: 12, 13*	10 / ---	---	---
	Л5 Чисельні методи одновимірної мінімізації – Методи першого і другого порядку (метод середньої точки, метод хорд, метод Ньютона). *Л-ра: 1-4, 10-11*	2 / ---	усне опитування	1 / ---
	Лб5 Чисельні методи одновимірної мінімізації першого і другого порядку – Метод середньої точки. – Метод хорд. – Метод Ньютона. *Л-ра: 1-4, 10-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Пз4 Порівняльний аналіз методів одновимірної мінімізації унімодальних функцій *Л-ра: 1-4, 10-11*	15 / ---	усне опитування	1 / ---
2.2 Чисельні методи безумовної багатовимірної мінімізації	**Л6** Чисельні методи безумовної багатовимірної мінімізації – Загальні принципи побудови чисельних методів багатовимірної оптимізації. – Методи нульового порядку. Метод Нелдера-Міда *Л-ра: 1-4, 10-11*	2 / ---	---	1 / ---
	Лб6 Метод Нелдера-Міда *Л-ра: 1-4, 10-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---

	Л7 Чисельні методи безумовної багатовимірної мінімізації – Метод покоординатного спуску, – Метод конфігурацій (Хука-Дживса). *Л-ра: 1-4, 10-11*	2 / ---	---	---
	Лб7 Метод покоординатного спуску і метод Хука-Дживса *Л-ра: 7*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Л8 Чисельні методи безумовної багатовимірної мінімізації – Методи першого порядку (метод найшвидшого градієнтного спуску, метод спряжених градієнтів). *Л-ра: 1-4, 10-11*	2 / ---	---	1 / ---
	Лб8 Градієнтні методи безумовної багатовимірної мінімізації – Метод найшвидшого градієнтного спуску. – Метод спряжених градієнтів. *Л-ра: 1-4, 10-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Л9 Чисельні методи безумовної багатовимірної мінімізації – Методи другого порядку (метод Ньютона та його модифікації, метод Макварда). *Л-ра: 1-4, 10-11*	4 / ---	---	1 / ---
	Лб9 Метод Ньютона та його модифікації *Л-ра: 1-4, 10-11*	4 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Пз5 Порівняльний аналіз методів безумовної багатовимірної мінімізації *Л-ра: 1-4, 10-11*	15 / ---	усне опитування	1 / ---

2.3 Чисельні методи умовної мінімізації	**Л10** 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*	4 / ---	---	1 / ---
	Лб10 Розв'язування задач умовної мінімізації – Метод штрафних функцій. – Метод бар'єрних функцій. *Л-ра: 1-4, 10-11*	4 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
2.4 Мета-евристичні методи оптимізації	**Л11** Метаевристичні методи оптимізації – Метод імітації відпалу. Загальний алгоритм методу – Модифікації методу відпалу (Больцманівський відпал, відпал Коші, швидкий відпал). *Л-ра:*	2 / ---	---	---
	Лб11 Метод імітації відпалу та його модифікації *Л-ра: 6-8*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Пз6 Використання scipy.optimize.dual_annealing і scipy.optimize.basinhopping з бібліотеки SciPy *Л-ра: 12, 13*	15 / ---	усне опитування	1 / ---
	Л12 Метод рою частинок та його модифікації *Л-ра: 6-8*	2 / ---	---	---
	Лб12 Метод рою частинок *Л-ра: 2, 3, 4*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
2.5 Методи ройового інтелекту	**Л13** Методи ройового інтелекту – Особливості та класифікація методів ройового інтелекту – Метод кажанів.	2 / ---	---	---

	– Метод сірих вовків. – метод світлячків. *Л-ра: 6-8*			
	Лб13 Методи ройового інтелекту – Метод кажанів, – Метод сірих вовків; *Л-ра: 6-8*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Пз7 Порівняльний аналіз метаевристичних методів *Л-ра:*	15 / ---	усне опитування	1 / ---
	Л14 Реалізація бібліотеки чисельних методів оптимізації *Л-ра: 12, 13*	2 / ---	---	----
	Лб14 Використання бібліотеки SwarmPackagePy *Л-ра: 12, 13*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	1 / ---
	РР1 Міні-проект	20 / ---	---	5 / ---
		Разом за поточний контроль		**50**
Підсумковий контроль	**ПК** Питання до екзамену		екзамен	**50**
		Всього за навчальну дисципліну		**100**
		Другий семестр		
		Змістовий модуль 3. Математичне програмування та дослідження операцій		**50 / ---**
3.1 Задача лінійного програмування і методи її розв'язу-	**Л15** Загальна задача лінійного програмування та геометричний метод її розв'язування – Загальна задача лінійного програмування та її подання в канонічній формі. – Поняття плану, опорного плану, невиродженого опорного плану, оптимального плану задачі лінійного програмування. – Опуклі множини та їх властивості.	2 / ---	усне опитування	1 / ---

вання	– Властивості роз в’язків задачі лінійного програмування. – Геометричний метод розв’язування задачі лінійного програмування. *Л-ра: 1, 3, 5, 9-11*			
	Лб15 Геометричний метод розв’язування задачі лінійного програмування *Л-ра: 1, 3, 5, 9-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Л16 Симплексний метод розв’язування задачі лінійного програмування – Теоретичні основи симплекс-методу. – Алгоритм симплекс-методу. *Л-ра: 1, 3, 5, 9-11*	2 / ---	---	---
	Лб16 Розв’язування задач лінійного програмування симплексний методом *Л-ра: 1, 3, 5, 9-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Пз8 Симплекс-таблиці та їх перетворення. *Л-ра: 1, 3, 5, 9-11*	15 / ---	усне опитування	1 / ---
	Л17 Метод штучного базису – Побудова розширеної задачі лінійного програмування. Поняття штучних змінних і штучного базису. – 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*	4 / ---	---	---
	Лб17 Розв’язування задач лінійного програмування методом штучного базису *Л-ра: 1, 3, 5, 9-11*	4 / ---	звіт з лабораторної роботи	3 / ---
	Пз9 Використання scipy.optimize.linprog з бібліотеки SciPy для розв’язування задач лінійного програмування *Л-ра: 12, 13*	15 / ---	усне опитування	---

3.2 Двоїста задача лінійного програмування	**Л18** Двоїста задача лінійного програмування та методи її розв'язування – Пряма і двоїста задачі лінійного програмування. – Зв'язок між розв'язками прямої і двоїстої задач. Теореми двоїстості. – Геометрична інтерпретація двоїстих задач. – Застосування симплекс-методу до розв'язання двоїстої задачі. *Л-ра: 5, 9-11*	2 / ---	---	---
	Лб18 Двоїста задача лінійного програмування *Л-ра: 5, 9-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Пз9 Економічна інтерпретація задачі, двоїстої до задачі про використання ресурсів *Л-ра: 5, 9-11*	10 / ---	усне опитування	1 / ---
3.3 Цілочислові задач лінійного програмування	**Л19** Цілочислові задач лінійного програмування та деякі з основних методів їх розв'язування та аналізу – 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: 5, 9-11*	4 / ---	---	---
	Пз9 Двоїстий симплекс метод *Л-ра: 5, 9-11*	10 / ---	усне опитування	1 / ---
	Лб19 Метод Гоморі для розв'язування задач цілочислового лінійного програмування *Л-ра: 5, 9-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Лб20 Метод гілок і меж розв'язування задач цілочислового лінійного програмування *Л-ра: 5, 9-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Пз9 Розв'язування задач цілочислового лінійного програмування за допомогою MS Excel	12 / ---	усне опитування	1 / ---

	Л-ра: 5, 9-11			
3.4 Задача дробово-лінійного програмування	**Л20** Задача дробово-лінійного програмування та методи її розв'язування – Економічна та математична постановка задачі дробово-лінійного програмування. – Геометричний метод розв'язування задачі дробово-лінійного програмування. – Зведення задачі дробово-лінійного програмування до задачі лінійного програмування. – Аналіз оптимального плану задачі ДЛП. *Л-ра: 5, 9-11*	2 / ---	---	---
	Лб21 Розв'язування задач дробово-лінійного програмування *Л-ра: 5, 9-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
Модульний контроль	**МК2** Модульна контрольна	30 / ---	контрольна робота	8 / ---
3.5 Транспортна задача	**Л21** Транспортна задача та методи її розв'язання – Економічна та математична постановка транспортної задачі. – Умови існування розв'язку транспортної задачі. – Методи побудови опорного плану. – Визначення оптимального плану транспортної задачі методом потенціалів. *Л-ра: 1, 5, 9-11*	4 / ---	---	---
	Лб22 Розв'язування транспортної задачі *Л-ра: 1, 5, 9-11*	4 / ---	звіт з лабораторної роботи	3 / ---
	Пз10 Розв'язування транспортної задачі за допомогою MS Excel, Matlab та ін. *Л-ра: 1, 5, 9-11*	12 / ---	усне опитування	1 / ---
3.6 Задача комівояжера	**Л22** Задача комівояжера та методи її розв'язування – Загальні відомості про задачу комівояжера – Методи розв'язання задачі комівояжера *Л-ра: 9-11*	4 / ---	---	---

	Лб23 Задача комівояжера *Л-ра: 9-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	3 / ---
	Пз10 Порівняльний аналіз методів розв'язання задачі комівояжера *Л-ра: 1, 5, 9-11*	10 / ---	усне опитування	1 / ---
3.7 Елементи теорії ігор	**Л23** Елементи теорії ігор – Основні поняття теорії ігор. – Класифікація ігор. – Матричні ігри двох осіб. Платіжна матриця. Гра в чистих стратегіях. Максімінні і мінімаксні стратегії. – Змішані стратегії. Основні теореми теорії ігор. – Геометрична інтерпретації задач теорії ігор. – Зведення задач теорії ігор до задач лінійного програмування. *Л-ра: 5, 9-11*	2 / ---	---	---
	Лб24 Задачі теорії ігор *Л-ра: 5, 9-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
3.8 Задачі і нелінійного програмування	**Л24** Задачі і методи нелінійного програмування – Постановка задачі, геометрична інтерпретація. Графічний метод розв'язування. – Задачі опуклого програмування. – Метод виключення частини змінних і метод множників Лагранжа. – Терема Куна-Таккера. *Л-ра: 5, 9-11*	2 / ---	усне опитування	1 / ---
	Лб25 Розв'язування задач нелінійного програмування – Метод виключення частини змінних. – Метод множників Лагранжа. *Л-ра: 1, 5, 9-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Пз11 Використання scipy.optimize.minimize з бібліотеки SciPy для розв'язування задач нелінійного програмування *Л-ра: 12, 13*	5 / ---	---	---

	Л25 Підсумкова оглядова лекція *Л-ра: 1-13*	2 / ---	усне опитування	2 / ---
	Л626 Розв'язування задач квадратичного програмування *Л-ра: 9-11*	2 / ---	звіт з лабораторної роботи	2 / ---
	Разом за поточний контроль			**50**
Підсумковий контроль	**ПК** Питання до екзамену		екзамен	**50**
	Всього за навчальну дисципліну			**100**

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учебн. пособие. – 2-е изд. – М.: Высш. шк.., 2005. – 544 с
2. Нефьодов Ю.М., Балицька Т.Ю. Методи оптимізації в прикладах і задачах: навчальний посібник. – К.: Кондор, 2011. – 324 с.
3. Гончаров В. А. Методы оптимизации. – М.: «Высшее образование», 2009. – 191 с.
4. Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації. – Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 620 с.
5. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. – 3-е изд. – СПб.: Лань, 2011. – 352 с.
6. Скобцов Ю.А., Федоров Е.Е. Метаэвристики: монография / Ю.А. Скобцов, Е.Е. Федоров. – Донецк: Изд-во «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2013. – 426 с.
7. Карпенко А. П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой : учебное пособие / А. П. Карпенко. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 446 с.
8. Пантелеев А. В., Скавинская Д. В. Метаэвристические алгоритмы глобальной оптимизации / А.В. Пантелеев, Д. В. Скавинская.– М.: Вузовская книга, 2019. – 332 с.
9. Івченко І.Ю. Математичне програмування: Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 232 с.
10. Кутковецький В.Я. Дослідження операцій: Навчальний посібник. – Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. П. Могили, 2003. – 260 с.
11. Мартинюк П.М., Мічута О.Р. Методи оптимізації та дослідження операцій: Навчальний посібник. – Рівне : НУВГП, 2011. – 283 с.
12. Вандер Плас Python для сложных задач. Наука о данных и машинное обучение. Руководство. – М.: Питер, 2018. – 759 с.
13. 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. Таха Х.А. Введение в исследование операций: 7-е издание. – М.: Вильямс, 2005. – 912 с.
3. Цегелик Г.Г. Лінійне програмування. – Світ, 1995. – 216 с.

Інформаційні ресурси

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Колективний_інтелект Колективний інтелект

ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Персональний комп’ютер/ноутбук
2. Python 3 і Jupyter Notebook (дистрибутив Anaconda)