

Розробник: доцент Зінько П.М., к.ф.-м.н., доцент кафедри системного аналізу та теорії прийняття рішень

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри «Системного аналізу та теорії прийняття рішень»

_____ Олена КАПУСТЯН

Протокол № від « » червня 20 року

Схвалено. Гарант освітньо-професійної програми першого рівня вищої освіти "Системний аналіз"

_____ Михайло ШАРАПОВ

Протокол від « ____ » _____ 20 ____ року № ____

Голова науково-методичної комісії _____ Тетяна КАРНАУХ

(підпис)

1. **Мета дисципліни:** засвоєння базових знань по методах і алгоритмах розв'язання задач оптимізації великої розмірності та оволодіння навичками розв'язання типових задач теорії оптимізації систем великої розмірності.

2. **Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни**

Знати базові поняття математичного аналізу, алгебри та геометрії, дискретної математики, теорії ймовірностей, дослідження операцій.

Вміти розв'язувати типові задачі з цих курсів.

3. **Анотація навчальної дисципліни:** Предметом навчальної дисципліни «Методи оптимізації систем великої розмірності» є вивчення застосовуваних в теорії оптимізації систем великої розмірності алгоритмів та методів при різноманітних умовах та різних способах задавання цілі. Дисципліна «Методи оптимізації систем великої розмірності» є базовою для вивчення таких спеціальних дисциплін як „Задачі прикладного системного аналізу”, «Сучасні проблеми оптимізації та ідентифікації», «Прикладні проблеми теорії прийняття рішень та системного аналізу» і є логічним продовженням такої дисципліни, як "Дослідження операцій".

4. **Завдання (навчальні цілі):**

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен опанувати:

ФКСАПР 2. Здатність будувати моделі та використовувати на практиці методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування, які виникають при проектуванні систем управління та прийняття рішень.

К21. Здатність формувати задачі оптимізації при проектуванні систем управління та прийняття рішень, а саме: математичні моделі, критерії оптимальності, обмеження, цілі управління; обирати раціональні методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування.

5. **Результати навчання за дисципліною:**

Результат навчання (РН) (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)	Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оці- нювання (за необхідності)		Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
РН 1.1	Знати основні поняття теорії оптимізації систем великої розмірності	Лекція	Контрольна робота, 60% правильних відповідей, іспит	18%
РН 1.2	Знати основні постановки задач	Лекція		18%
РН 1.3	Знати основні методи розв'язання задач	Лекція		18%
РН 2.1	Вміти застосовувати основні методи постановки та розв'язання задач	Семінарське заняття, самостійна робота	Робота на семінарських заняттях, іспит	18%
РН 2.2	Вміти застосовувати основи теорії оптимізації систем великої розмірності на практиці	Семінарське заняття, самостійна робота		18%
РН 4.1	Організувати свою самостійну роботу для досягнення результату	Семінарське заняття, самостійна робота	Поточне оцінювання, Робота на семінарських заняттях	6%
РН 4.2	Відповідально ставитися до виконуваних робіт, нести відповідальність за їх якість	Семінарське заняття, самостійна робота	Поточне оцінювання, Робота на семінарських заняттях	4%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	РН 1.1	РН 1.2	РН 1.3	РН 2.1	РН 2.2	РН 4.1	РН 4.2
ПРСАПР 2. Вміти розробляти алгоритмічне забезпечення для систем підтримки прийняття рішень та розв'язування задач системного аналізу				+	+	+	+
ПР9. Вміти створювати ефективні алгоритми для обчислювальних задач системного аналізу та систем підтримки прийняття рішень	+	+	+				

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів: Контроль знань студентів здійснюється за кредитно-трансферною системою. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою.

Семестрове оцінювання. Робота в семестрі складається з 2-х частин. При виставленні балів за кожну частину враховується:

оцінка за модульну контрольну роботу: РН1.1, РН1.2, РН1.3 – 15 балів/9 балів.,
робота студентів на семінарських заняттях: РН2.1, РН2.2, РН4.1, РН4.2 – 10 балів/6 балів,
виконання самостійної роботи – 5 балів/3 бали.

Підсумковий контроль проводиться у формі іспиту – 40 балів/24 бали..

Результати навчання які будуть оцінюватись: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН2.1, РН2.2.

Форма проведення і види завдань: письмова робота.

Види завдань: 3 теоретичних питання та 1 задача.

Підсумкова оцінка $100=2*(15+10+5)+40$.

Критерії оцінювання на екзамені

Завдання	Види завдань	Максимальний відсоток від 40 балів	Всього відсотків
Завдання 1,2,3	Теоретичні питання	$3 \times 23,3\% = 70\%$	100%
Завдання 4	Задача	30%	

Запитання для підготовки до іспиту

1. Поняття «задача великої розмірності». Аналіз технологічних способів. Задача планування виробництва і керування запасами.
2. Приклади типових задач оптимізації. Числові методи розв'язування систем рівнянь великої розмірності.
3. Економічні задачі трансобчислювальної складності.
4. Необхідна умова мінімуму диференційованої функції.
5. Умови оптимальності для задач оптимізації з обмеженнями.
6. Теорема Каруша-Куна-Такера для задач опуклої оптимізації.
7. Методи штрафів для задач оптимізації з обмеженнями.
8. Метод мінорант.
9. Методи наближено повного перебору.
10. Методи цілеспрямованого перебору.
11. Методи Монте-Карло.

12. Прискорені методи оптимізації.
13. Методи оптимізації з розтягуванням простору.
14. Методи оптимізації другого порядку.
15. Задачі варіаційного числення.
16. Методи Холеського.
17. Алгоритм Гібса .
18. Стрічкові та профільні методи.
19. Профільне упорядкування .
20. Метод фактор-дерев.
21. Евристичний алгоритм побудови фактор-дерева.
22. Прямі методи для розріджених несиметричних лінійних систем.
23. Стратегія Марковиця та її модифікації.
24. Гаусове виключення.
25. Ітераційне уточнення. Метод бар'єру.
26. Методи Ньютона. Модифіковані методи Ньютона.
27. Дискретні методи Ньютона.
28. Дискретні методи Ньютона для функцій із розрідженими матрицями Гессе
29. Задачі оптимального керування: Понтрягіна, Лагранжа, Майєра, Больця та задачі математичного програмування
30. Скінчено-різницевий метод у задачах оптимального керування.
31. Теорема про збіжність скінчено-різницевого методу.
32. Дискретні задачі оптимального керування.
33. Дискретний принцип максимуму.
34. Нелінійні дискретні задачі оптимального керування.
35. Методи градієнтного типу в задачах безумовної оптимізації.
36. Методи градієнтного типу в задачах умовної оптимізації.
37. Метод розкладання Данцига-Вульфа.
38. Метод розкладання для розв'язування задач лінійного програмування з блочно-діагональною матрицею.
39. Метод, що використовує узагальнений градієнтний спуск.
40. Ітераційний метод Петшиковського..
41. Ітераційний метод, що використовує модифіковану функцію Лагранжа.
42. Ітераційний метод для розв'язання двоїстих задач.

Студент допускається до складання іспиту, якщо кількість набраних ним балів за семестр становить не менше 36 балів. Іспит вважається не зданим, якщо сумарна кількість балів з дисципліни складає менше 60 балів.

Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит не може бути меншою за 24 бали.

7.2 Організація оцінювання:

Терміни проведення форм оцінювання:

1. *Контрольна робота №1: до 6 тижня семестру.*
2. *Контрольна робота №2: до 12 тижня семестру.*

Студент має право на одне перескладання кожної контрольної роботи із можливістю отримання максимально 80% початково визначених за цю контрольну роботу балів. Термін перескладання визначається викладачем.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу”.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план занять

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин		
		лекції	семінари	Самостійна робота
Частина 1. Задачі оптимізації та оптимального керування				
1	Тема 1. Вступ. Задачі великої розмірності зі спеціальною структурою матриці умов. Приклади типових задач оптимізації <i>Самостійна робота:</i> Динамічна модель затрати-випуск	2	2	6
2	Тема 2. Економічні задачі трансобчислювальної складності <i>Самостійна робота:</i> Блочні задачі зі зв'язаними змінними та обмеженнями	2	2	7
3	Тема 3. Умови оптимальності й методи мінімізації диференційованих функцій багатьох змінних <i>Самостійна робота:</i> Методи одновимірної оптимізації. Методи Фібоначчі, золотого перерізу, Ньютона, глобального пошуку	2	2	7
4	Тема 4. Прискорені методи оптимізації. Умови оптимальності та методи оптимізації в задачах з обмеженнями <i>Самостійна робота:</i> Оптимізація у системах з ієрархічною структурою.	2	2	7
5	Тема 5. Задачі варіаційного числення та неперервного оптимального керування. Методи розв'язання типових задач неперервного оптимального керування <i>Самостійна робота:</i> Принцип декомпозиції. Оптимальний розподіл ресурсів	2	2	7
6	Тема 6. Числові методи побудови неперервного оптимального керування <i>Самостійна робота:</i> Релаксація. Процедура розчленування Розена	2	2	7
7	Тема 7. Скінчено-різницевий метод у задачах оптимального керування. Спеціальна задача нелінійного програмування <i>Самостійна робота:</i> Задачі лінійного програмування з великим числом рядків чи стовпців	2	2	6
8	Тема 8. Дискретні задачі оптимального керування <i>Самостійна робота:</i> Нелінійні оптимізаційні задачі зі зв'язаними змінними	2		7
	<i>Контрольна робота 1</i>		2	
	<i>Всього за частиною 1</i>	16	16	54
Частина 2. Методи розв'язання оптимізаційних задач з блочно-діагональною структурою				

9	Тема 9. Метод розкладання Данцига-Вульфа <i>Самостійна робота:</i> Процедури розчленування у нелінійному програмуванні	2	2	6
10	Тема 10. Ітераційні методи розв'язування оптимізаційних задач великої розмірності <i>Самостійна робота:</i> Двоїстість і декомпозиція у математичному програмуванні. Декомпозиція, що використовує механізм цін	2	2	7
11	Тема 11. Методи Холеського для розв'язування симетричних матричних задач <i>Самостійна робота:</i> Універсальні розріджені методи. Алгоритм мінімального степеня.	2	2	6
12	Тема 12. Використання теорії графів для дослідження розріджених матриць великої розмірності <i>Самостійна робота:</i> Схеми зберігання розріджених матриць	2	2	6
13	Тема 13. Прямі методи для розріджених несиметричних матричних задач <i>Самостійна робота:</i> Числові методи, основані на редукції до задач нелінійного програмування. Застосування до диференціальних ігор	2	2	6
14	Тема 14. Методи Ньютона у задачах великої розмірності <i>Самостійна робота:</i> Методи регуляризації. Метод стабілізації. Метод нев'язки	2		7
15	<i>Контрольна робота 2</i>		2	
	<i>Всього за частиною 2</i>	12	12	38
	Всього	28	28	92

Загальний обсяг – 150 год., в тому числі:

Лекцій - 28 год.

Семінарські заняття - 28 год.

Консультації – 2 год.

Самостійна робота - 92 год.

Теми семінарських занять.

- Задачі великої розмірності із спеціальною структурою матриці умов. Нелінійні задачі із зв'язними змінними. Частково-цілочисельні задачі та проблема розміщення. [1,3,8]
- Метод декомпозиції Данцига-Вульфа. Випадок обмеженості додаткової області. [2]
- Метод декомпозиції Данцига-Вульфа. Випадок необмеженості додаткової області. [2]
- Ітераційний метод, який використовує модифіковану функцію Лагранжа для розв'язання двоїстої пари задач лінійного програмування. [2]
- Застосування методів оптимізації в нескінченновимірних просторах. [2,7]
- Метод розкладання для розв'язання задач лінійного програмування з блочно-діагональною матрицею. [2]
- Методи проекції узагальненого градієнта для розв'язання граничних екстремальних задач. [2]
- Квазіградієнтні методи розв'язання неперервних мінімаксних задач стохастичного програмування. [2,5]
- Методи компактного обертання матриць. Приклад застосування методу врахування узагальнених двосторонніх обмежень на змінні. [2]
- Методи розв'язання задач оптимізації з нескінченною кількістю обмежень. [2,7]
- Багатокритеріальні задачі для варіаційних рівнянь. [2,7,8]

12. Двоїстість та декомпозиція в математичному програмуванні. [2,3]
13. Стохастичні квазіградієнтні методи. [2]
14. Приклади ієрархічних систем керування. [1,2,3]

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Вітлінський В.В., Терещенко Т.О., Савіна С.С. Економіко-математичні методи та моделі. Оптимізація: навч. посібник. – Київ, КНЕУ. – 2016. – 303 с.
2. Бейко І.В., Зінько П.М., Наконечний О.Г. Задачі, методи та алгоритми оптимізації: навч. посіб. 2-ге вид., перероб. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2012. – 799 с.
3. Сергієнко І.В. Методи оптимізації та системного аналізу для задач транс обчислювальної складності. – К.: Академперіодика, 2010. – 293 с.
4. Бартіш М.Я. Методи оптимізації. Теорія і алгоритми: навч. посіб. – Л.: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2006. – 223 с.
5. Данилов В.Я., Зінько П.М. Числові алгоритми оптимізації: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 312 с. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/9192>
6. Зайченко О.Ю., Зайченко Ю.П. Дослідження операцій: збірник задач – К.: Вид. дім «Слово», 2007. – 472 с.
7. Моклячук М.П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі: підр. – К.: 2004. – 384 с.
8. Моклячук М.П. Негладкий аналіз та оптимізація: навч. посіб. – К.: ВПЦ «Київ. університет», 2008. – 400 с.
9. Ржевський С.В., Александрова В.М. Дослідження операцій: підручник. – К.: Академвидав, 2006. – 558 с.
10. Weiguo Zhao, Liying Wang, Zhencing Zhang, New Optimization Algorithms and their Applications: Atom-Based, Ecosystem—Based and Economics-Based, Elsevier, 2021. – 178 p.
11. Mykel J. Kochenderber and Tim A. Wheeler, Algorithms for Optimization, Mit Press Ltd, 2019. – 520 p.
12. Eiselt H.A., Carl-Louis Sandblom, Nonlinear Optivization: Methods and Applications, Springer, 2020. – 366 p.
13. Andreas Antonion, Wu-Sheng Lu, Practical Optimization: Algorithms and Engineering Applications, Springer, 2021. – 722 p.

Додаткові:

14. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій: підручник. – К.: Видавничий дім «Слово», 2006. – 816 с.
15. Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації. – Черк.: Брама-Україна, 2005.- 608 с.