

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Дослідження операцій та задачі побудови оптимальних рішень**

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Розробник

В.о. завідувача кафедри розробника

В.о. завідувача кафедри спеціальності

Гарант освітньої програми

Декан факультету

Начальник НМВ

Трунов О.М.

Сіделев М.І.

Сіделев М.І.

Трунов О.М.

Бойко А.П.

Шкірчак С. І.

### Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Характеристика дисципліни	
Найменування дисципліни	Дослідження операцій та задачі побудови оптимальних рішень	
Галузь знань	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації	
Спеціальність	174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»	
Спеціалізація (якщо є)		
Освітня програма	«Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»	
Рівень вищої освіти	Магістр	
Статус дисципліни	Нормативна	
Курс навчання	1	
Навчальний рік	2024-2025	
Номер(и) семестрів	Денна форма	Заочна форма
	1,2	---
Загальна кількість кредитів ЄКТС/годин	кред.8,5/255 год.	
Структура курсу: – лекції – семінарські заняття (практичні, лабораторні, півгрупові) – годин самостійної роботи студентів	Денна форма	Заочна форма
	33	---
	51	---
	171	
Відсоток аудиторного навантаження	33%	
Мова викладання	Українська	
Форма проміжного контролю (якщо є)		
Форма підсумкового контролю	Залік, екзамен	

#### 1. Мета, завдання та результати вивчення дисципліни Мета, завдання та результати вивчення дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є формування системи знань з методів структурування об'єктів та процесів у спеціальні форми для відомих математичних моделей, що описують процеси у АСК ТП, а також дозволяють перевіряти їх на адекватність, формувати систему обмежень та ставити і розв'язувати задачі пошуку оптимальних рішень за такими критеріями як ефективність, прибуток, якість у сукупності з технічними критеріями, які визначаються функціональним призначенням.

Завдання вивчення навчальної дисципліни полягає в набутті магістрами професійних знань, навичок та компетенцій щодо методів постановки і методів розв'язання та екпертної оцінки оптимальних рішень.

Передумовами вивчення дисципліни є знання, які студенти отримали при вивченні наступних дисциплін: «Фізика», «Математика», «Теоретична механіка», «Прикладна механіка», «Метрологія», «Датчики та сенсори РТС», «Теорія автоматичного керування», «Мікропроцесори і ЕОМ», «Прикладне програмування».

Очікувані результати навчання з дисципліни мають відповідати освітній програмі.

В результаті вивчення дисципліни студент

***має знати:***

Методи застосування спеціального математичного інструментарію для математичного моделювання та ідентифікації процесів, обладнання, засобів і систем автоматизації, контролю, діагностики, випробування та керування складними організаційно-технічними об'єктами і системами з використанням сучасних технологій проведення наукових досліджень, що деталізується наступним чином:

- основні категорії дисципліни дослідження операцій, методи побудови задач прийняття оптимальних рішень для детермінованих, динамічних та стахостичних і нечітких моделей, визначення їх адекватності, спрощення та візуального представлення моделей;
- основні типи задач дослідження операцій;
- основні теореми та леми;
- основні методи постановки та розв'язання задач.

***має вміти:***

Формувати відповідно до функціональних блок-схем, моделі у формах їх подання для демонстрації інтерактивної взаємодії, що здійснюється сучасними інструментами комп'ютерного відображення, у тому числі і динаміки змін у ході проектування, які конкретизуються наступним чином:

- сформульованою задачею дослідження операцій;
- розв'язком задачі дослідження операцій одним з методів;
- обґрунтуванням методу, що застосовується та доведенням застосуванням основних теорем та лем існування та справедливості роїв'язку.

**Загальні компетентності:**

ЗК1. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

**Спеціальні компетентності:**

ФК3. Здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, робото-технічними комплексами і системами безпілотних повітряних, наземних, надводних і підводних роботів.

ФК11. Здатність застосовувати проблемно-орієнтовані методи аналізу, синтезу та оптимізації систем автоматизації, кіберфізичних виробництв, процесів управління технологічними комплексами.

ФК12. Здатність презентувати результати науководослідницької діяльності, готувати наукові публікації, брати участь у науковій дискусії на наукових конференціях, симпозіумах та здійснювати педагогічну діяльність у закладах освіти.

### **Програмні результати навчання:**

ПРН3. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій для розв'язування складних задач професійної діяльності.

ПРН4. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

ПРН5. Розробляти комп'ютерно-інтегровані системи управління складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, застосовуючи системний підхід із врахуванням нетехнічних складових оцінки об'єктів автоматизації.

ПРН8. Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв та робото-технічними комплексами і системами безпілотних повітряних надводних і підводних роботів.

ПРН13. Застосовувати сучасні технології наукових досліджень, спеціалізований математичний інструментарій для дослідження, моделювання та ідентифікації об'єктів автоматизації і робототехнічних комплексів і систем безпілотних повітряних надводних і підводних роботів.

ПРН15. Застосовувати методи аналізу, синтезу та оптимізації кіберфізичних виробництв, систем автоматизації управління виробництвом, життєвим циклом продукції та її якістю.

## **2. Програма навчальної дисципліни**

Денна форма:

	Теми	Лекції	Практичні	Самостійна робота
1	Перший семестр ТЕМА 1 Основні принципи та етапи дослідження операцій.	2	1	6
2	ТЕМА 2 Фундаментальні засади та методи нелінійного програмування у задачах дослідження операцій.	2	4	12
3	ТЕМА 3 Квадратичне програмування і НМП	8	6	28
4	ТЕМА 4 Геометричне програмування	3	4	14

5	Другий семестр ТЕМА 5 Чисельні методи розв'язку задач НМП	4	14	43
6	Тема 6 Компаративіська теорія її застосовність та розширення	2	4	12
7	Тема7 Чисельно аналітичні методи	2	3	8
8	ТЕМА 8 Динамічне програмування та задачі розподілу .	2	6	16
9	ТЕМА 9 Нечіткі множини	4	4	16
10	ТЕМА 10 Постановка задачі про оцінку динамічних змін декількох факторів	4	5	16
	Всього за курсом	<b>33</b>	<b>51</b>	<b>171</b>

### Зміст навчальної дисципліни

#### 2.1. План лекцій

№	Тема заняття / план
1	<p>Перший семестр</p> <p>ТЕМА 1 Основні принципи та етапи дослідження операцій.</p> <p>Лекція 1 Етапи дослідження операцій.</p> <p>1.1. Постановка задачі та розробка концептуальної моделі.</p> <p>1.2. Розробка коцептуальної та узагальненої математичної моделі.</p> <p>1.3. Класифікація за типами та вибір методу і алгоритму розв'язання задачі.</p> <p>1.4. Перевірка адекватності та корегування моделі.</p> <p>1.5. Пошук розв'язку на моделі.</p> <p>1.6. Реалізація знайденого розв'язку на практиці.</p>
2	<p>ТЕМА 2 Фундаментальні засади та методи нелінійного програмування у задачах дослідження операцій.</p> <p>Лекція 2 <b>Фундаментальні засади дослідження операцій</b></p> <p>2.1. Теорема існування екстремумів.</p> <p>2.2. Глобальні та локальні екстремуми. Необхідні та достатні умови екстремумів</p> <p>2.3. Частинні похідні та градієнт</p> <p>2.4. Методи знаходження коренів нелінійних рівнянь та систем нелінійних рівнянь.</p> <p>Тема 3 Методи класичний та множників Лагранжа</p> <p>Лекція 3 Класичний та метод множників Лагранжа для пошуку розв'язку задач НМП</p> <p>3.1. Задача ДО, як узагальнений алгоритм постановки та пошуку оптимального рішення</p> <p>3.2. Метод множників Лагранжа для обмежень рівностей</p> <p>3.3. Теорема Куна –Таккера</p> <p>Лекція 4 Метод множників Лагранжа для задачі обмежень нерівностей</p> <p>3.4. Узагальнена задача оптимізації для обмежень нерівностей</p> <p>3.5. Узагальнений критерій оптимальності для одномірного або n мірного вектору стратегій.</p>

	3.6. Сідлова точка її особливості та зв'язок із задачею оптимізації з обмеженнями нерівностями
<b>3</b>	<p>Лекція 5 Квадратичне програмування</p> <p>3.7. Квадратична форма цільової функції та лінійні обмеження нерівності. Функція Лагранжа.</p> <p>3.8. Перехід від системи алгебраїчних рівнянь нерівностей до системи рівнянь. Введення допоміжних векторів</p> <p>Лекція 6 Збільшення ступеню повноти системи для пошуку оптимальних рішень</p> <p>3.9. Розклад функції Лагранжа з <math>n</math> компонентним вектором стратегій</p> <p>3.10. Доповнення рівняннями системи</p> <p>3.11. Представлення допоміжного вектору через градієнти функції Лагранжа</p> <p>3.12. Збільшення вимірності вектору стратегій або кількості обмежень</p>
<b>4</b>	<p>ТЕМА 4 Геометричне програмування</p> <p>Лекція 7 Задачі геометричного програмування з обмеженнями рівностями</p> <p>4.1. Позіноми та особливості цільової функції у задачах геометричного програмування.</p> <p>4.2. Геометрична нерівність. Коефіцієнти ваг</p> <p>4.3. Властивості позіномів та умова мінімуму для них</p> <p>4.4. Передвоїта та двоїста функція. Умови ортогональності та нормування як зведення нелінійної задачі оптимізації до розв'язку лінійної системи для коефіцієнтів ваг</p> <p>4.5. Алгоритм розв'язку задачі геометричного програмування без обмежень</p> <p>Лекція 8 Задачі геометричного програмування з обмеженнями нерівностями</p> <p>4.6. Побудова функції Лагранжа для геометричного програмування з обмеженнями нерівностями</p> <p>4.7. Коефіцієнти ваг. Умови ортогональності і нормування</p> <p>4.8. Алгоритм розв'язку задачі геометричного програмування з обмеженнями</p>
<b>5</b>	<p>Другий семестр</p> <p>ТЕМА 5 Чисельні методи розв'язку задач НМП</p> <p>Лекція 9 Методи чисельні та аналітичні: Ньютона-Канторовича, квазілінеаризації та Ейлера і Рунге - Кути</p> <p>5.1. Класифікація чисельних методів</p> <p>5.2. Метод найшвидшого спуску Коші</p> <p>5.3. Метод Ньютона- Канторовича</p> <p>5.4. Метод квазілінеаризації.</p> <p>5.5. Метод Ейлера, Рунге Кути</p> <p>Лекція 10 Метод рекурентної апроксимації</p> <p>5.6. Метод рекурентної апроксимації, сутність та його порівняння</p> <p>5.7. Монотонний оператор та особливості застосування методу рекурентної апроксимації до розв'язку нелінійного алгебраїчного рівняння та системи нелінійних алгебраїчних рівнянь</p> <p>5.8. Рекурентна послідовність та оцінка її збіжності через максимальні</p>

	значення старшої похідної.
<b>6</b>	<p>Тема 6 Компаративіська теорія її застосовність та розширення</p> <p>Лекція 11 Компаративіська теорія і вектор-індикатор та його застосування</p> <p>6.1. Компаратор, предикати, набори констант та умов</p> <p>6.2. Трирівневий компаратор та представлення неперервних величин у дискретному просторі обмеженого набору чисел <math>(-1, 0, 1)</math> Вектор-індикатор.</p> <p>6.3. Розвинення неперервних величин з використанням вектору індикатору</p>
<b>7</b>	<p>Тема 7 Чисельно-аналітичні методи в задачах з осцилюючим оператором</p> <p>Лекція 12 Метод рекурентної апроксимації як наближення за лінійною формою для осцилюючих операторів</p> <p>7.1. Неперервність як необхідна і достатня умова формування вектора-індикатора.</p> <p>7.2. Представлення нелінійного оператора через значення вектора-індикатора</p> <p>7.3. Оцінка збіжності та характер рекурентної послідовності</p>
<b>8</b>	<p>ТЕМА 8 Динамічне програмування та задачі розподілу</p> <p>Лекція 13 Динамічне програмування</p> <p>8.1. Види цільової функції та обмежень у задачі динамічного програмування</p> <p>8.2. Зведення задачі ДП до послідовності розв'язку задачі про оптимізацію розподілу одновимірної функції</p> <p>8.3. Основне рекурентне відношення у задачах розподілу</p> <p>8.4. Приклад алгоритму розподілу ресурсу при відомій прибутковості та з табличним її описом</p> <p>8.5. Алгоритм динамічного програмування для мультиплекативної цільової функції</p>
<b>9</b>	<p>ТЕМА 9 Нечіткі множини</p> <p>Лекція 14 Нечіткі множини та операції над ними</p> <p>9.1. Визначення нечіткої множини. Функція належності</p> <p>9.2. Види функцій належності операція нормалізації</p> <p>9.3. Операції над нормалізованими множинами. Операції об'єднання перетину, доповнення, концентрування, розтягу, декартового добутку та представлення через множини рівня.</p> <p>Лекція 15 Розв'язок задачі НМП у постановці Белмана-Заде</p> <p>Функція нечітко визначеної мети</p> <p>9.4. Обмеження як нечіткі множини</p> <p>9.5. Розв'язок задачі нечіткого МП у постановці Белмана-Заде</p> <p>9.6. Розв'язок задачі нечіткого МП за декількома критеріями із визначеними коефіцієнтами ваг</p>
<b>10</b>	<p>ТЕМА 10 Постановка задачі про оцінку динамічних змін декількох факторів</p> <p>Лекція 16 Оцінка ефективності процесу за результатами виміру чотирьох факторів.</p> <p>10.1. Пошуки узагальненого показника ефективності.</p> <p>10.2. Фактори, що визначають ефективність та способи їх виміру</p>

<p>10.3. Узагальнений показник ефективності та його обчислення для різних прикладів. Лекція 17 Оцінка якості. Координація як принцип керування складними системами</p> <p>10.4. Координація як парадигма керування складними системами.</p> <p>10.5. Якість. Оцінка якості процесу.</p> <p>10.6. Оцінка якості інтерфейсу єдиним показником.</p>
--

## 2.2. План практичних занять

№	Тема заняття / план	години
1	Перший семестр Практичне заняття №1 Цільова функція, обмеження	1
2	Практичне заняття №2 Метод множників Лагранжа з обмеженнями рівностями	2
3	Практичне заняття №3 Метод множників Лагранжа з обмеженнями рівностями	2
4	Практичне заняття №4 Метод множників Лагранжа з обмеженнями нерівностями	2
5	Практичне заняття №5 Контрольна робота 1	2
6	Практичне заняття №6 Задачі ГП без обмежень	2
7	Практичне заняття №7 Контрольна робота 2	2
8	Практичне заняття №8 Геометричне програмування з обмеженнями	2
		<b>15</b>
9	Другий семестр Практичне заняття №9 Числьні методи. Метод Ейлера і Рунге-Кутти Практичне заняття №10 Метод Ньютона Канторовича Практичне заняття №11 Квазілінеаризація Беллмана Калаби та її застосування до розв'язку нелінійних задач оптимізації	6
10	Практичне заняття №12 Метод рекурентної апроксимації (МРА) як лінійне наближення та його застосування до розв'язку нелінійних рівнянь Практичне заняття №13 МРА як наближення за квадратичною формою	4
11	Практичне заняття №14 Розв'язок нелінійних систем рівнянь пошуку оптимального рішення за МРА Практичне заняття №15 Застосування МРА до розв'язку нелінійних крайових задач динаміки	4
12	Практичне заняття №16 Розв'язок нелінійних задач пошуку коефіцієнтів ваг рекурентної мережі.	3
13	Практичне заняття №17 МРА як наближення за лінійною формою для осцилюючих операторів	2
14	Практичне заняття №18 Динамічне програмування (розподіл в таблицях) Практичне заняття №19 Динамічне програмування (розподіл	8



	аналітичний) Практичне заняття №20 Розв'язок задачі оптимального підключення електронних блоків Практичне заняття №21 Розв'язок задачі оптимального підключення електронних блоків	
15	Практичне заняття №22 Оптимізація в задачах нечіткого МП Практичне заняття №23 Оптимізація в задачах нечіткого МП	4
16	Практичне заняття №24 Інтегральні показники багатofакторних процесів (Ефективність) Практичне заняття №25 Інтегральні показники багатofакторних процесів (Якість)	5
	Разом	51

### 3.4. Завдання для самостійної роботи

	Теми	Самостійна робота	годин
1	9 семестр ТЕМА 1 Основні принципи та етапи дослідження операцій.	Розглянути матеріал лекції та провести пошук і порівняти коцептуальну будову узагальненої задачі ДО, приклади цільової функції, алгоритму перевірки придатності моделі для подальшого застосування.	6
2	ТЕМА 2 Фундаментальні засади та методи нелінійного програмування у задачах дослідження операцій.	Оновити знання з матаналізу про частинні похідні, градієнт, екстремуми, мінімум максимум і умови необхідні і достатні їх визначення, глобальні та локальні екстремуми. Методи знаходження коренів нелінійних рівнянь та систем нелінійних рівнянь. Розглянути повехні другого порядку, сідлову точку.	12
3	Тема 3 Квадратичне програмування	Розглянути матричне представлення квадратичної форми цільової функції та лінійні обмеження нерівності. Умова єдинності розв'язку системи алгебраїчних рівнянь. Ступінь повноти системи алгебраїчних рівнянь	28
4	ТЕМА 4 Геометричне програмування	Розглянути позіноми та їх властивості похідні степеневих функцій, геометричну нерівність, поняття коефіцієнтів ваг	14
5	10 семестр ТЕМА 5 Чисельні методи розв'язку задач НМП	Розглянути поняття вектор функції, провести пошук та порівняти чисельні методи за типами. Вивести формули для шуканої оптимальної величини вектор функції і оцінки похибки, що виникає для знайдених прикладів застосування	43

		чисельних методів. Розібрати сутність методів, золотого перетину, штрафних функцій, Розентейка, квазі лінеаризації.	
6	Тема 6 Компаративіська теорія її застосовність та розширення	Розглянути компаративіське порівняння як процес утворення висновку да-ні. Вивести форми для висновку при ідентифікації та інші як операції з виначеними предикатами та одним еталонном або декількома.	12
7	Тема7 Чисельно-аналітичні методи	Розглянути приклади методів вибору першого наближення, та формування послідовності дій оптимального пошуку нового наближення. Провести пошук та порівняти за типами методи. Проаналізувати формули для рішення та оцінки похибок для знайдених прикладів	8
8	ТЕМА 8 Динамічне програмування та задачі розподілу	Розглянути приклади адитивних та мультиплекативних функцій. Для знайдених прикладів провести пошук розв'язаних задач. Поставити задачу динамічного програмування як спосіб проектування дій при створенні організаційних структур АСК або схем мінімальної структури із заданною якістю та функціями у своїх проектах.	16
9	ТЕМА 9 Нечіткі множини	Розглянути способи організації експертних оцінок. Провести пошук прикладів створення нечітких регуляторів та способів їх будови. Провести аналіз існуючих типів функцій належності та способів їх аналітичного утворення і конструювання функцій належності із стандартного набору.	16
10	ТЕМА 10 Постановка задачі про оцінку динамічних змін декількох факторів	Розглянути способи оцінки багатфакторних явищ та процесів, провести пошук методів та прикладів такої оцінки. Порівняти за типами. Проаналізувати формули для емпіричного та обґрунтованого виводу виразів інтегральних характеристик технічних об'єктів маніпулятора захватів або інших необхідних при проектуванні та представленні інноваційних продуктів.	16
	Всього за курсом		<b>171</b>

#### 4. Питання для самоконтролю

1. Які основні принципи дослідження операцій Ви опанували та у чому полягає їх сутність?
2. Які класи задач дослідження операцій Ви розрізняєте та у чому їх особливості та відмінність, дайте коротку змістовну характеристику?
3. Сформулюйте ознаки опуклості та вгнутості функції.
4. Де можуть міститися оптимальні розв'язки задач нелінійного програмування (НП)?
5. У чому полягає класичний метод відшукування умовного екстремуму функції?
6. До яких задач застосовується метод множників Лагранжа?
7. Запишіть необхідні умови оптимальності розв'язку задач НП згідно з теоремою Куна-Таккера.
8. Що таке умови регулярності в теоремі Куна-Таккера? Який вигляд вони можуть мати?
9. Сформулюйте достатні умови оптимальності для задач опуклого та вгнутого програмування.
10. Як різняться між собою множники Лагранжа в задачах НП з обмеженнями-рівностями та обмеженнями-нерівностями?
11. Який зв'язок існує між оптимальним розв'язком задачі НП та теоремою Куна-Таккера та сідловою точкою функції Лагранжа?
12. Назвіть методи розв'язування задачі опуклого програмування.
13. Сформулюйте необхідні та достатні умови оптимальності розв'язків задач квадратичного програмування.
14. Назвіть основні ідеї методів розв'язування задач квадратичного програмування.
15. Що таке функція-позіном?
16. У чому полягає метод розв'язування простої задачі геометричного програмування (ГП) без обмежень?
17. Як пов'язані між собою форми запису прямої та двоїстої задач ГП?
18. Який зв'язок існує між оптимальними розв'язками прямої та двоїстої задачами ГП?
19. Назвіть основні ідеї методу розв'язування задач ГП загального вигляду
20. Як розв'язують задачу ГП у випадках, коли розв'язок обмежень нормалізації та ортогональності не задовольняє умову невід'ємності?
21. Які пошукові методи НП належать до групи методів першого і другого порядків та прямих методів?

22. У чому полягає ідея методів змінної метрики. Умови збіжності цих методів.
23. На яких ідеях ґрунтуються прямі методи: дихотомічний пошук, золотого перетину та Фібоначчі? Як оцінити їхню ефективність?
24. Що зветься можливим напрямком спуску?
25. Назвіть основні етапи методу можливих напрямків для задач з лінійними та нелінійним обмеженнями.
26. Що таке бар'єрна функція? Основні ідеї методу бар'єрних поверхонь. Недоліки цього методу.
27. Що таке штрафна функція? Як її записати для обмежень-рівностей та обмежень-нерівностей?
28. Які основні ідеї методу штрафних функцій?
29. Що таке квазиградієнт і чим він відрізняється від градієнта?
30. Сформулюйте умови збіжності узагальненого градієнтного методу.
31. Назвіть основні властивості задач, до яких можна застосувати метод динамічного програмування.
32. Сформулюйте принцип оптимальності Беллмана і поясніть його зміст.
33. За яких умов задачі динамічного програмування розв'язуються у зворотному напрямку, а в яких у прямому напрямку?
34. Поясніть зміст "прокляття багатовимірності" Беллмана. Які існують методи зниження вимірності задач динамічного програмування? На яких ідеях ґрунтується метод розв'язування динамічних задач управління запасами? Назвіть критерії оцінки нескінченних послідовностей ефектів. Які співвідношення зв'язують їх між собою?
35. Які критерії використовуються для прийняття рішень в умовах невизначеності і на яких гіпотезах вони ґрунтуються?
36. Які розв'язки зветься Парето-оптимальними або ефективними?
37. Які способи відшукування ефективних альтернатив Вам відомі?
38. Означення компромісного розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації.
39. Як знайти компромісний розв'язок (ефективну альтернативу) в задачі багатокритеріальної оптимізації?
40. Сформулюйте основні аксіоми теорії корисності.
41. Опишіть методіку визначення корисності довільного числа альтернатив (результатів).
42. Сформулюйте теорему про стаціонарну стратегію для Марківської моделі з нескінченним плановим періодом і поясніть її зміст.

43. Запишіть функціональні рівняння для системи, що описується Марковським процесом. Чим вони відрізняються від рівнянь для детермінованого випадку?
44. Які є методи розв'язання функціональних рівнянь для Марківської моделі?
45. На яких ідеях ґрунтується метод ітерацій за критерієм та за стратегіями для марківської моделі?
46. У чому полягають спільні риси та в чому відміна між методом СКГ та методом випадкового спуску?
47. Які існують операції над нечіткими множинами та як визначаються відповідні функції належності? Поняття множини рівня і як розкладається нечітка множина по відповідних множинах рівня?
48. Що зветься нечітким відношенням і які операції над ними існують?
49. Як визначається композиція нечітких множин та які бувають форми композиції?
50. Запишіть основні класи задач нечіткого математичного програмування (НМП). У чому полягає підхід Беллмана-Заде для відшукування нечіткої мети за нечіткими ф.н.?
51. Що таке відношення переваги і які особливості воно має?
52. Як задається нечітке відношення строгої переваги?
53. Що таке нечітка множина невідоміть альтернатив і як визначається її функція належності?
54. Як формулюється принцип узагальнення для визначення образу нечіткої множини?
55. Як задається узагальнене нечітке відношення нестрогої переваги?
56. Які властивості має узагальнене нечітке відношення строгої переваги?
57. Як розв'язати загальну задачу НМП на основі узагальненого нечіткого відношення переваги?
58. До якого вигляду зводиться задача ЛП з нечіткою цільовою функцією (ц.ф.)? Як знайти компромісний розв'язок задачі ЛП з нечіткою ц.ф. з використанням функції належності?
59. Як довести, що дана множина точок задовільняє лінійному закону?
60. Як довести, що дана множина точок задовільняє квадратичному закону?
61. Як поставити задачу знаходження коефіцієнтів апроксимації як задачу мінімізації з додатковими умовами?
62. У чому полягає метод спрямлення координат?
63. Як подати у вигляді єдиного критерію вираз ефективності технологічної операції?
64. Як подати у вигляді єдиного критерію вираз якості технологічної операції?

65. Як визначити адекватність за декількома критеріями єдиним виразом?

66. Як оцінити похибку інтегрального показника, що визначено єдиним виразом?

#### 4.2. Забезпечення освітнього процесу

Спеціалізована аудиторія Автоматизації. Оснащено захватом та маміпулятором підводного апарата, безпроводними камерами, кроковими двигунами та драйверами, лінійними приводами, дроном, мобільними автономними керованими по вай-фай каналу маніпуляторами, машинками та іншими пристроями .

Її також оснащено засобами для проведення занять ноутбуком, стаціонарним комп'ютером, проектором, екраном, електронною указкою-пультом, камерою і Wi-Fi доступом мережі Internet.

Описи завдань розміщено у системі дистанційного навчання Moodle для PhD-програми.

#### 5. Питання підсумкового контролю

Перший семестр

1. Принципи та етапи дослідження операцій. Узагальнена форма та класи задач дослідження операцій
2. Екстремуми, локальні та глобальні мінімуми та максимуми, найбільші та найменші значення функції. Необхідні і достатні умови.
3. Сформулюйте ознаки опуклості та вгнутості функції.
4. Де можуть міститися оптимальні розв'язки задач нелінійного програмування (НП)?
5. У чому полягає класичний метод відшукування умовного екстремуму функції?
6. До яких задач застосовується метод множників Лагранжа його обґрунтування та вивід для задачі оптимізації з обмеженнями рівностями функції Лагранжа?
7. Запишіть необхідні умови оптимальності розв'язку задач НП згідно з теоремою Куна-Таккера.
8. Застосування методу множників Лагранжа до задач НП з обмеженнями нерівностями. Єдиний критерій необхідної і достатньої умови оптимальності.
9. Сідлова точка. Сформулюйте достатні умови оптимальності для задач опуклого та вгнутого програмування (мінімізації та максимізації).
10. Який зв'язок існує між оптимальним розв'язком задачі НП та теоремою Куна-Таккера та сідловою точкою функції Лагранжа?
11. Назвіть методи розв'язування задачі опуклого програмування.
12. Сформулюйте необхідні та достатні умови оптимальності розв'язків задач квадратичного програмування.

13. Назвіть основні ідеї методів розв'язування задач квадратичного програмування.
14. Що таке функція-позином, цільова функція у задач геометричного програмування її властивості?
15. У чому полягає метод розв'язування простої задачі геометричного програмування (ГП) без обмежень?
16. Алгоритм розв'язку задачі ГП без обмежень.
17. Як пов'язані між собою форми запису прямої та двоїстої задач ГП?
18. Який зв'язок існує між оптимальними розв'язками прямої та двоїстої задач ГП?
19. Метод розв'язування простої задачі геометричного програмування (ГП) з обмеженнями нерівностями?
20. Що таке ступінь складності задачі ГП?
21. Назвіть основні ідеї методу розв'язування задач ГП загального вигляду
22. Як розв'язують задачу ГП у випадках, коли розв'язок обмежень нормалізації та ортогональності не задовольняє умову невід'ємності?

#### Другий семестр

23. Які пошукові чисельні методи НП належать до групи методів першого і другого порядків та прямих методів?
24. У чому полягає ідея методів змінної метрики. Умови збіжності цих методів.
25. Метод найшвидшого спуску Коші, Ньютона- Канторовича, квазілінеаризації їх зміст та порівняння.
26. Метод Ейлера, Рунге Кути їх зміст та порівняння.
27. Метод рекурентної апроксимації, сутність та застосування до розв'язку нелінійного алгебраїчного рівняння та системи нелінійних алгебраїчних рівнянь
28. Неперервне рекурентне розвинення у обмеженому інтервалі через рекурентні форми, оцінка похибки через старшу похідну.
29. Побудова послідовності наближень методу рекурентної апроксимації та визначення різниці норм двох послідовних наближень і оцінка характеру змін різниці з ростом номера наближення
30. Компаративіська теорія, трирівневий компаратор і вектор-індикатор та їх застосування для представлення неперервних величин у вигляді ряду
31. Застосовність методу рекурентної апроксимації для синтезу елементів нейронних та рекурентних мереж.
32. Нейронна мережа з експоненціальним базовим елементом та аналітичне представлення коефіцієнтів ваг через сукупність множин входів та виходів як миттєве навчання
33. Приклади аналітичного представлення коефіцієнта ваг через сукупність множин входів для 1, 2, 3 компонентного входного вектора.

34. Види цільової функції та обмежень у задачі динамічного програмування
35. Зведення задачі ДП до послідовності розв'язків задачі про оптимізацію розподілу одновимірної функції
36. Основне рекурентне відношення у задачах розподілу. Приклад алгоритму розподілу ресурсу при відомій прибутковості з табличним її описом
37. Алгоритм динамічного програмування для мультиплекативної цільової функції
38. Приклад довгострокового розподілу ресурсу між двома галузями при аналітичному описі прибутковості та витрат
39. Розв'язок задачі про мінімальну схемотехнічну структуру при заданих показниках якості. Двокроковий алгоритм урізання.
40. Нечіткі множини та операції над ними. Функція належності її види та операція нормалізації
41. Операції над нормалізованими нечіткими множинами. Операції об'єднання перетину, доповнення, концентрування, розтягу, декартового добутку та представлення через множини рівня.
42. Розв'язок задачі нечіткого МП у постановці Белмана-Заде за одним та декількома критеріями.
43. Оцінка динамічних змін декількох факторів єдиним показником. Геометрична нерівність та вимоги до елементів позіному при представленні узагальнених показників у виді суми позіномів
44. Норми і особливості нормування кількісно представлених часових рядів
45. Ковзне вікно та оцінка часових рядів. Зв'язок оцінки похибки та паретрів ряду
46. Оцінка ефективності процесу за результатами виміру чотирьох факторів. Узагальненого показник ефективності та його оцінка.
47. Фактори, що визначають ефективність, способи їх виміру та його обчислення для різних прикладів.
48. Оцінка якості інтерфесу ПЗ Набір параметрів, що визначають якість інтерфейсу ПЗ.
49. Способи нормування величин факторів кількісного виміру
50. Оцінка факторів, що носять характер якісних величин і не оцінюються кількісно та є випадковими величинами
51. Координація як парадигма керування складними системами.
52. Якість. Оцінка якості процесу. Оцінка якості єдиним показником.
53. На яких ідеях ґрунтуються прямі методи: дихотомічний пошук, золотого перетину та Фібоначчі? Як оцінити їхню ефективність?
54. Можливий напрямок спуску. Які основні етапи методу можливих напрямків для задач з лінійними та нелінійним обмеженнями.
55. Бар'єрна функція, основні ідеї методу бар'єрних поверхонь. Недоліки цього методу.
56. Штрафна функція, особливості її запису для обмежень-рівностей та обмежень-нерівностей.



57. Сформулюйте умови збіжності узагальненого градієнтного методу.
  58. Назвіть основні властивості задач, до яких можна застосувати метод динамічного програмування.
  59. Сформулюйте принцип оптимальності Беллмана і поясніть його зміст.
  60. За яких умов задачі динамічного програмування розв'язуються у зворотному напрямку, а в яких у прямому напрямку?
  61. Поясніть зміст "прокляття багатовимірності" Беллмана. Які існують методи зниження вимірності задач динамічного програмування? На яких ідеях ґрунтується метод розв'язування динамічних задач управління запасами? Назвіть критерії оцінки нескінченних послідовностей ефектів. Які співвідношення зв'язують їх між собою?
  62. Як формулюється теорема про стаціонарну стратегію в задачах з нескінченним плановим періодом?
  63. Запишіть систему функціональних рівнянь для сітьової моделі. Які є методи розв'язування системи функціональних рівнянь для сітьової моделі. На яких методах ґрунтується метод ітерацій за критерієм для сітьової моделі з нескінченним плановим періодом?
  64. На яких методах ґрунтується метод ітерацій за стратегіями для сітьової моделі? Чим він відрізняється від методу ітерацій за критерієм?
  65. Сформулюйте теорему про стаціонарну стратегію для марківської моделі з нескінченним плановим періодом і поясніть її зміст.
  66. Запишіть функціональні рівняння для системи, що описується марковським процесом. Чим вони відрізняються від рівнянь для детермінованого випадку?
  67. Які є методи розв'язання функціональних рівнянь для марківської моделі?
  68. На яких ідеях ґрунтується метод ітерацій за критерієм та за стратегіями для марківської моделі?
- Які існують операції над нечіткими множинами та як визначаються відповідні функції належності? Поняття множини рівня і як розкладається нечітка множина по відповідних множинах рівня?
69. До якого вигляду зводиться задача ЛП з нечіткою цільовою функцією (ц.ф.)? Як знайти компромісний розв'язок задачі ЛП з нечіткою ц.ф. з використанням функції належності?
  70. Як довести, що дана множина точок задовільняє квадратичному закону?
  71. Як поставити задачу знаходження коефіцієнтів апроксимації як задачу мінімізації з додатковими умовами?
  72. У чому полягає метод спрямлення координат?
  73. Як подати у вигляді єдиного критерію вираз ефективності технологічної операції?
  74. Як визначити адекватність за декількома критеріями єдиним виразом?

75. Як оцінити похибку інтегрального показника, що визначено єдиним виразом?

## 6. Критерії оцінювання та засоби діагностики результатів навчання

### 6.1 Критерії оцінювання та засоби діагностики результатів навчання

#### 1. Критерії оцінювання та засоби діагностики результатів навчання

Дев'ятий семестр

№	Вид діяльності (завдання)	Кількість балів за 1 захід	Кількість заходів	Разом
1	Контрольна робота 1	15	1	15
2	Контрольна робота 2	15	1	15
3	Аудиторна робота, розв'язок задачі за темами курсу	2	5*	10
4	Завдання 1+усний захист	15	1	15
5	Самостійна робота+усний захист	15	1	15
6	Залік	30		
	<b>Всього</b>	<b>100</b>		

\*В умовах військового часу дозволяється за бажанням студентів кількість опитувань під час аудиторної роботи збільшити до 7. Однак Загальна кількість балів за семестр не перевищує 70.

Критерії оцінювання.

Контрольна 1

Завдання 1

Алгебраїчне перетворення функції 1 бал

Взяття частинної похідної 1 бал за кожен похідну, а їх 3

Запис градієнта 1 бал

Разом 5 балів

Завдання 2

Множення матриць

Множення 4x1 бал +1бал додавання

5 балів

Завдання 3

Алгебраїчне перетворення цільової функції - 1 бал

Складання функції Лагранжа - 1 бал

Взяття частинної похідної по компонентам вектора стратегій 3x1 бал.

Разом 5 балів

Разом 15 балів

Незначні помилки алгебраїчні зменшують бали на 0,2 бали, значні на 0,3 ( від виду робіт).

Контрольна 2

Алгебраїчне перетворення цільової функції - 1 бал

Складання функції Лагранжа - 1 бал

Взяття частинної похідної по компонентам вектора стратегій 5x1 бал.

Разом 7 балів

Розв'язок системи 8 балів

Разом 15 балів

Незначні помилки алгебраїчні зменшують бали на 0,2 бали, значні на 0,3 ( від виду робіт).

### Самостійна робота 1

Критерії оцінювання.

Побудова системи рівнянь для визначення коефіцієнтів ваг:

Запис умов ортогональності для кожного з компонент вектора стратегій  $\bar{t}$  - 0, 5 балів кожне x 3=1,5 балів разом;

Запис умови нормування для коефіцієнтів ваг - 0,5 балів.

Розв'язок системи -2 бали

Разом 4 бали

Знаходження значення двоїстої функції -1,5 бали

Побудова системи рівнянь для визначення компонент вектора стратегій  $\bar{t}$  :

Запис рівняння для кожного з коефіцієнтів ваг - 0, 5 балів кожне x 4=2 балів разом;

Розв'язок системи -2 бали:

Разом 4 бали

Оформлення роботи 0,5 бали.

В цілому самостійна робота оцінюється у 10 балів. 5 балів захист

Незначні помилки алгебраїчні зменшують бали на 0,2 бали, значні на 0,3 ( від виду робіт).

### Другий семестр

№	Вид діяльності (завдання)	Кількість балів за 1 захід	Кількість заходів	Разом
1	Завдання 1	20	1	20
2	Завдання 2	20	1	20
3	Аудиторна робота, розв'язок задачі за темами курсу	2	5*	10
4	Завдання 3	10	1	10
5	Самостійна робота *	10	1	10
6	Екзамен		40	
	<b>Всього</b>		<b>100</b>	

\*Альтернативне креативне завдання . Креативне доповнення до завдання надається для студентів, які пропонують своє бачення розв'язку проблеми із

використанням КІТ, у вигляді програмного продукту. Програма реалізує операції предмету і спрямована на альтернативне розв'язання завдання або вцілому або проблемних його аспектів. Додаткові бали 10 балів, але у сумі не більше 60 балів за семестр.

Критерії оцінювання завдань

Завдання 1

1. Перетворення для умов варіанту та початкових умов, що подає розв'язок у загальному виді положення і кінетичну енергію у момент часу  $t$  5- балів
  2. Розв'язок за допомогою чисельних методів або квазілінеаризації, що подано у таблиці у інтервалі часу  $[0,2]$ , 10 значень.. 5- балів
- Захист роботи за пунктом 1 та 2 -2x5 = 10 балів. Разом 20-балів

Завдання 2

1. Перетворення за методом квазілінеаризації 2x3=6 балів
  2. Розв'язок системи 2X3=6 балів
  3. Запис розв'язку системи для наближень та занесення до таблиці у інтервалі часу  $[0,2]$ , 10 значень. 1x3=3 бали
- Захист 5 балів.

Разом 20 балів

Допускається додаткова робота над завданням і виправлення помилок та захист до 18 балів разом максимум.

Завдання 3

Розвинення рівнянь у ряд Тейлора за методом квазілінеаризації 1x3=3 бали

Розв'язок системи 1X3=3 бали

Запис розв'язку системи для наближень та занесення результатів до таблиці 2

1x3=3 бали

Захист 1 балів.

Разом 10 балів

Допускається додаткова робота над завданням і виправлення помилок та захист до 8 балів разом максимум.

Критерії оцінки самостійної роботи, подається за бажанням як альтернатива

Правильно визначений визначені супремуми, що раціонально записано -2 бали за три супремуми для проведення операцій нормалізації.

Правильно визначені та записані значення унормованих функцій належності 1 бал за кожну функцією належності

Правильно здійснено визначення перетину функції належності 2 бали

Знайдено значення оптимального рішення 1 бал

Оформлення звіту 2 бали

Разом 10 балів

Незначні помилки алгебраїчні зменшують бали на 0,2 бали, значні на 0,3 ( від виду робіт).

## 6.2. Критерії оцінювання завдань для досягнення максимальної кількості балів

Перевірка отриманих знань та навичок студентами відбувається шляхом проведення усного опитування на практичних заняттях та виконання самостійних домашніх завдань (індивідуальне завдання). Поточна рейтингова оцінка складається з балів, які студент отримує протягом засвоєння даного курсу - виконання та захист домашніх завдань, виступи на практичних заняттях. Якщо студент успішно (з позитивними за національною шкалою оцінками) виконав передбачені в даному курсі всі види навчальної роботи, то він допускається до підсумкового контролю.

Протягом семестру студент виконує три види завдань: Розв'язок задач за темами курсу в аудиторії; розв'язок задачі за темами курсу в домашніх умовах та які захищаються в аудиторії; Контрольна робота, самостіна та завдання.

Якщо під час розв'язку задач студентом або при поясненні розв'язаних задач допускаються незначні неточності, то кількість балів зменшуються на 5%. Якщо студентом допускаються значні неточності, але принципи не викривлено то на 10%, якщо помилки суттєві, то бали зменшуються на 20%.

Захист роботи після роботи над помилками, що представлено звітом оцінюється у 2 бали. Якщо студент виконав не свій варіант, але захищає усно, то максимальна кількість балів оцінки роботи зменшується на 30%. Студенту також надається можливість виконати свій варіант за скорочений термін без зміни максимальної кількості балів. При плагіаті максимальна кількість балів зменшується на 50% обом студентам та призначається усний захист

Форма підсумкового контролю навчання – залік. Оцінювання роботи студентів здійснюється за принципами рейтингової системи. Вся робота за семестр оцінюється у 100 балів. Тридцять балів студент отримує за умов відмінного складання заліку. Якщо проходження підсумкового контролю оцінюється на «відміно», «добре» або «задовільно» це відповідає 30, 20 і 15 балам відповідно. Розподіл максимальної кількості балів по питанням здійснюється рівномірно – десять балів за кожне питання. Якщо при відповіді студентом допускаються незначні неточності, то кількість балів зменшуються на 5%. Якщо при виконанні студентом допускаються значні неточності, але принципи не викривлено то на 10%, якщо помилки суттєві, але студент робить виводи обґрунтовуючи свої відповіді то бали зменшуються на 20%, якщо студент не виводить, а формулює основні принципи та правильно описує результати то відповідь оцінюється у 40 % від максимуму за питання.

Задачі на заліку за проханням студентів за темою оцінюється таким чином: одна задача 3.33 бали а три – десять балів.

Якщо при при відповіді студентом допускаються незначні неточності, то кількість балів зменшуються до 3 балів. Якщо при виконанні студентом допускаються значні неточності, але принципи не викривлено то на оцінюється у 2 бали, якщо помилки суттєві, але студент робить виводи обґрунтовуючи свої відповіді то бали зменшуються 1 балів, а якщо студент не виводить, не формулює основні принципи та не правильно описує результати то відповідь оцінюється у 0 балів.

### **1.3. Білет для підсумкового контролю:**

#### **Перший семестр**

#### **МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

#### **Чорноморський національний університет імені Петра Могили**

#### **Факультет комп'ютерних наук**

Кафедра АКІТ, Спеціальність 174 «Автоматизація, КІТ та робототехніка»

Дисципліна «Дослідження операцій та задачі побудови оптимальних рішень»

#### **Білет № 0**

1. Необхідні і достатні умови максимуму та мінімуму, градієнт і критерії, що їх представляє єдиним виразом.
2. Метод множників Лагранжа для обмежень нерівностей. Вивід системи рівнянь та формування алгоритму розв'язку.
3. Етапи дослідження операцій та основні види задач.

Д. т. н., професор \_\_\_\_\_ О.М. Трунов      Зав. кафедрою \_\_\_\_\_ М. І. Сіделєв  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_р.      “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_р.

#### **Другий семестр**

#### **МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

#### **Чорноморський національний університет імені Петра Могили**

#### **Факультет комп'ютерних наук**

Кафедра АКІТ, Спеціальність 174 «Автоматизація, КІТ та робототехніка»

Дисципліна «Дослідження операцій та задачі побудови оптимальних рішень»

#### **Білет № 0**

1. Які критерії використовуються для прийняття рішень в умовах невизначеності і на яких гіпотезах вони ґрунтуються?
2. Класифікація та чисельні методи розв'язку задач дослідження операцій?

3. Метод динамічного програмування.

Д. т. н., професор \_\_\_\_\_ О.М. Трунов      Зав. кафедрою \_\_\_\_\_ М. І. Сіделєв  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_р.      “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_р.

## Рекомендовані джерела

### 7. Рекомендовані джерела інформації

#### Основні:

1. Руська Р. В. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Дослідження операцій». Тернопіль, ЗУНУ, 2022. 123 с.
2. В. М. Малкіна, О. Г. Зінов'єва, М.Ю. Мірошніченко. Дослідження операцій: навчальний посібник / В. М. Малкіна, О. Г. Зінов'єва, М.Ю. Мірошніченко. – Мелітополь: Люкс, 2020. – 201 с. – ISBN
3. Дослідження операцій. Конспект лекцій / Уклад.: О.І. Лисенко, І.В. Алексєєва, – К: НТУУ «КПІ», 2016. – 196 с.
4. [Michael Carter](#), [Camille C. Price](#), [Ghaith Rabadi](#). Operations ResearchA Practical Introduction. Published March 29, 2023. 471 Pages 100 B/W Illustrations by CRC Press. 2nd Edition. ISBN 9781032476063
5. [Карл-Луї Сандблом](#), [Г. А. Айзельт](#). Operations Research: A Model-Based Approach. [Springer](#) . 2023 рік
6. Pardis Seyedi, Michael W. Carter and Kourosh Eshghi. [Central intake optimization and decentralized decomposition for appointment scheduling and sequencing](#) Journal: Flexible Services and Manufacturing Journal, 2024. DOI: [10.1007/s10696-024-09538-w](#) This item cites DOI: [10.1007/978-3-662-08011-5\\_10](#)
7. Salem Aljazzar. Exploring the nexus among information sharing, information technology and supply chain performance: an empirical study. Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications Vol. 7, Issue 2, 2024, pp. 1-17. ISSN: 2620-1607eISSN: 2620-1747DOI: <https://doi.org/10.31181/oresta/070201>.

#### Допоміжна

1. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій. Підручник / Ю. П. Зайченко. – 7-ме вид., переробл. та допов. – Київ : Видавничий дім «Слово», 2006. – 816 с.
2. Нефьодов Ю. М. Методи оптимізації в прикладах і задачах : навчальний посібник / Ю. М. Нефьодов, Т. Ю. Балицька. – Київ : Кондор, 2011. – 324 с.

3. Карагодова О.О. Дослідження операцій: Навч. Посібник.- К.: Центр учбової літератури, 2007 – 250с.
4. Дзюбан І. Ю. Методи дослідження операцій / І. Ю. Дзюбан, О. Л. Жиров, О. Г. Охріменко. – Київ : ІВЦ «Видавництво «Політехніка », 2005. – 108 с.
5. Ульяновченко О.В. – Дослідження операцій в економіці. – Харків: Гриф, 2003.– 578 с..
6. Наконечний С. І. Математичне програмування : навч. посіб. / С. І. Наконечний, С. С. Савіна. – Київ : КНЕУ, 2003. – 452 с.
7. Дослідження операцій в економіці : підручник / за ред. І. К. Федоренко, О. І. Черняка. – Київ : Знання, 2007. – 558 с. – (Вища освіта ХХІ століття).
8. Ю.Д.Попов, В.І.Тюптя, В.І.Шевченко “Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з методів оптимізації”, К.1995, 1998, 2000.
9. Толбатов Ю. А. Математичне програмування : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Ю. А. Толбатов, Є. Ю. Толбатов. – Тернопіль : Підручники і посібники, 2008. – 432 с.
- 10.Ю.Д.Попов, В.І.Тюптя, В.І.Шевченко “Методи оптимізації”, К.,2000
- 11.Ларіонов Ю. І. Дослідження операцій в інформаційних системах : навч. посібник / Ю. І. Ларіонов, В. М. Левикін, М. А. Хажмурадов. – 2-ге вид. – Харків : Компанія СМІТ, 2005. – 364 с.
- 12.Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. Механотроніка. Навчальний посібник. Київ -2012.- С. 353
- 13.Трунов О. М. Рекурентна апроксимація у задачах моделювання та проектування : монографія / О. М. Трунов. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – 272 с.
- 14.Трунов О. М. Розвиток методів оцінки ефективності систем управління роботизованими комплексами у глибоководних технологіях / О. М. Трунов // Вестник ХНТУ. – Херсон, 2013. – № 1(46). – С. 328–337.
- 15.Трунов О. М. Застосування методу рекурентної апроксимації до синтезу нейронної мережі визначення гідродинамічних характеристик підводних апаратів / О. М. Трунов // Проблеми інформаційних технологій. Журнал. – Т. 02(016). – Грудень, 2014. – С. 39–47.
- 16.Трунов А. Н. Оценка эффективности технологии программирования / А. Н. Трунов // Научно-технический журнал. Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков : «ХАИ», 2014. – № 10(117). – С. 178–182.
- 17.Трунов О. М. Максимізація адекватності як інструмент формування та удосконалення моделі / О. М. Трунов // Проблеми інформаційних технологій. Журнал. – Травень, 2015. – Т. 01(017). – С. 70–76.
- 18.Трунов О. М. Реалізація принципу координації як вимога удосконалення інструментів автоматизації / О. М. Трунов // Проблеми інформаційних технологій. Журнал. – Травень, 2017. – Т. 01(021). – С. 52–63.



19. West D., and Grant T., (2010), Agile Development: Mainstream Adoption Has Changed Agility Cambridge: Forrester Research, 22 p.
20. Trunov, A. N. (2013) Intellectualization of the models' transformation process to the recurrent sequence, European Applied Sciences, Ort Publishing, № 9, P. 123–130.
21. Trunov, A. N. (2014) The formation of unified method of technological process effectiveness evolution / Problemy informacijnyh tehnologij, Vol. 1, Issue 14. – P. 104–108.
22. Trunov, A. N. (2014) The Increasing of Degree of Completeness for Solution of Financial and Business Problems in Nonlinear Programming with Constraints Inequalities / Journal of Computational Optimization in Economics and Finance. – Nova Science Publishers, Inc. 400 Oser Avenue, Suite 1600 Hauppauge, New York, 11788-3619, U.S.A. – P. 243–253.
23. Trunov, A. N. (2015) Application of Analytical Learning to the Synthesis of a Neural Network for Process Control Physical Rehabilitation / Biomedical engineering and Electronics, № 2.
24. Trunov, A. N. (2015). Modernization of means for analysis and solution of nonlinear programming problems. QUANTITATIVE METHODS IN ECONOMYCS, Vol. XVI, No. 2, Warsaw, P. 133–141.
25. Trunov, A. (2016) Vector indicator as a tool of recurrent artificial neuron net for processing data: Eurika Physics and Engineering, Vol. 4(5), P. 55–60.
26. Trunov, A. THE VECTOR ROTOR OF SECOND ORDER AS MEANS OF IMPRUVEMENT OF TOOLS FOR AUTOMATION OF IMAGE PREPROCESSING // Биомедицинская инженерия и электроника. – 2017. – № 3; URL: [biofbe.esrae.ru/212-1110](http://biofbe.esrae.ru/212-1110) (дата обращения: 18.06.2017). DOI: 10.6084/m9.figshare.5117089.
27. Trounov, A.N. (Nikolaev ) **Application of sensory modules for adaptive robots.** Proceedings of the 4th International Conference on Robot Vision and Sensory Control. -Alan Pugh – 1984 <https://books.google.com.ua/books?isbn>.
28. Трунов О. М. Критерій адекватності як оцінка ефективності процесу побудови моделі / О. М. Трунов // ЕЕJET. Mathematic and Cibernetics Apliyd Aspects. – Charkiv, 2015. – № 1/4(73). – С. 36–41.
29. Trunov, A. N. (2016) Peculiarities of the Interaction of Electromagnetic Waves with Bio Tissue and Tool for Early Diagnosis, Prevention and Treatment / A. N. Trunov // Proceedings are available in IEEE Xplore Digital Library, IEEE 36th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). – April, Kyiv, Ukraine, P. 169–174.
30. Trunov, A. (2016) Realization of Paradigm of Prescribed Control of Nonlinear object as the Maximization Adequacy Problem. Eastern-European Journal Enterprise Technologies, № 4/4 (82), 2016, pp. 50–58.
31. Trunov, A. (2016) Recurrent Approximation as the Tool for Expansion of Functions and modes of operation of Neural Network. Eastern-European Journal Enterprise Technologies, № 5/4 (83), 2016, pp. 41–48.

32. Trunov, A. (2016) Criteria for the Evaluation of Model's Error for a Hybrid Architecture DSS in the Underwater Technology ACS. Eastern-European Journal Enterprise Technologies, № 6/9 (84), 2016, pp. 55–62.
33. Trunov, A. (2016) Theoretical Predicting the Probability of Electron Detachment for Radical of Cell Photo Acceptor / Proceedings are available in IEEE Xplore Digital Library, IEEE 37th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). – 2017, April, Kyiv, Ukraine, p. 353–357.
34. Trunov, A. (2016) Recurrent Transformation of the Dynamics Model for Autonomous Underwater Vehicle in the Inertial Coordinate System. Eastern-European Journal Enterprise Technologies, №2/4 (86), 2017, pp. 39–47.
35. Trunov, A. Recurrent Approximation in the Tasks of the Neural Network Synthesis for the Control of Process of Phototherapy. Chapter 10 In book Computer Systems for Healthcare Editors Piotr Bilski, Warsaw University of Technology Poland Francesca Guerriero, University of Calabria Italy, River Publishers, Alsbjergvej 109260 Gistrup Denmark, 2017, P. 213-248 Computer.
36. Trunov A., Beglytsia V., Gryshchenko G., Ziuzin V., Koshovyi V. Methods and tools of formation of general indexes for automation of devices in rehabilitative medicine for post-stroke patients. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4, No. 2 (112). P. 35–46. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239288. ISSN 1729-3774.
37. Byelozorov Z., Trunov A. Increasing quality of the wireless module for monitoring and supervision of sound series of the expanded purpose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 6, No. 5 (114). P. 28–40. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.247658. ISSN 1729-3774.
38. Trunov A. Koshovyi V. The formation of method for evaluation of integral parameters of the patient's condition monitoring, forecasting of consolidated data. Advanced Information and Communication Technologies (AICT) : Proc. of the IEEE 4th Int. Conf., Lviv, Sept. 21–25, 2021. P. 189–192. DOI: 10.1109/AICT52120.2021.9628986.
39. Trunov A., Byelozorov Z. Formation of a model for determining the coordinates according to the registration of the characteristic phases of the wave sources of sound anomalies. CSIT Proc. 2021. Vol. 1. P. 251–254. DOI: 10.1109/CSIT52700.2021.9648802.
40. Trunov A., Kazan P., Aliksieiev V., Korolova O., Sliusarenko O., Dronyuk I. Functioning model of the ground robotic complex. CSIT Proc. 2021. Vol. 2. P. 128–131. DOI: 10.1109/CSIT52700.2021.9648595.
41. Trunov A., Byelozorov Z.O., Maltsev S.I., Skoroid M. Formation of a method for estimating the error of determining the coordinates of the source of a sound anomaly. CEUR Workshop Proc. 2022. Vol. 3137. P. 164–174.
42. Alexander Trunov Formation of Indicators for Evaluating the Model Based on a Set of Interconnected Data Sets in the Tasks of Communication Technologies in Healthcare. IDDM'2023: 6th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine, November 17 - 19, 2023, Bratislava, Slovakia. CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org)

### Інформаційні ресурси:

1. Бібліотека для студентів [http:// www. ebooktime.net/book\\_16\\_glava\\_66](http://www.ebooktime.net/book_16_glava_66) 2. Офіційний вісник України <http://www.gdo.kiev.ua> НУБіП України МОДУЛЬ I
2. Інтернет-ресурси <http://do.unicyb.kiev.ua/index.php/uk/2015-01-22-11-29-43/171-2015-02-17-20-08-41>
3. Віра Любченко, Євген Берлізов. Алгоритм знаходження Парето-оптимального рішення задачі наступного релізу. Електротехнічні та комп'ютерні системи. МОН України. Науково-технічний журнал. № 19 (95). Липень 2015 с. 165-168. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/280066845\\_Algoritm\\_znahodzenna\\_Pareto-optimalnogo\\_risenna\\_zadaci\\_nastupnogo\\_relizu#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/280066845_Algoritm_znahodzenna_Pareto-optimalnogo_risenna_zadaci_nastupnogo_relizu#fullTextFileContent) [accessed Jun 12 2024]. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/280066845\\_Algoritm\\_znahodzenna\\_Pareto-optimalnogo\\_risenna\\_zadaci\\_nastupnogo\\_relizu#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/280066845_Algoritm_znahodzenna_Pareto-optimalnogo_risenna_zadaci_nastupnogo_relizu#fullTextFileContent) [accessed Jun 12 2024]. 7 West D., and Grant T., (2010), Agile Development: Mainstream Adoption Has Changed Agility Cambridge: Forrester Research, 22 p.