



### Реквізити навчальної дисципліни

Назва українською мовою	Дослідження операцій Частина2. Нелінійне програмування
Назва англійською мовою	Operations Research
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 «Комп'ютерні науки »
Освітня програма	«Системи і методи штучного інтелекту»
Статус дисципліни	Обов'язкова (ПО25.2)
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	3 кредити ЄКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н.,доцент Зайченко О.Ю. zaichenko.helen@lil.kpi.ua Практичні д.т.н.,доцент Зайченко О.Ю.
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/MTUyNzM5NTM0MTUw?cjc=42h764f">https://classroom.google.com/c/MTUyNzM5NTM0MTUw?cjc=42h764f</a>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна “ Дослідження операцій ” належить до спеціальних дисциплін навчального плану підготовки бакалаврів з комп'ютерних наук і вона має виключне значення в формуванні світогляду майбутніх фахівців. Дана дисципліна є однією з фундаментальних в освітній програмі. Вивчення навчальної дисципліни націлено на формування, розвиток та закріплення у здобувачів таких загальних та фахових компетентностей: ЗК 2 Здатність планувати і управляти часом; ЗК 8 Здатність генерувати нові ідеї (креативність); ЗК10 Здатність бути критичним і самокритичним ; ЗК11 Здатність приймати обґрунтовані рішення ;ЗК 12 Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт ; ФК5 Здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх оптимальні розв'язки, будувати моделі оптимального управління з

урахуванням змін економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії; ФК16 Здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на

основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації

Внаслідок вивчення курсу студент повинен бути здатний продемонструвати такий програмний результат навчання ОПП:

ПР5 Проектувати, розробляти та аналізувати алгоритми розв'язання обчислювальних та логічних задач, оцінювати ефективність та складність алгоритмів на основі застосування формальних моделей алгоритмів та обчислюваних функцій; ПР 7 Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно-та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування ; ПР21 Формалізувати змістовну задачу дослідження операцій, побудувати її математичну модель та виконати оцінку адекватності розробленої математичної моделі, застосовувати методи та моделі дослідження операцій в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень в різних предметних областях; ПР 22 Вибирати та застосовувати відповідний метод розв'язування задачі оптимізації, знаходити її оптимальний розв'язок, коригувати модель й розв'язок на основі отриманих нових знань про задачу, обґрунтовано вибрати відповідний метод оптимізації прийняття рішень в залежності від класу моделей і розробити відповідний алгоритм

У кінці вивчення курсу студент повинен знати:

1. основні особливості задач лінійного цілочисельного програмування ЛЦП. Ознаки оптимальності розв'язку та нерозв'язності задачі лінійного цілочисельного програмування,
2. методи дискретного програмування, а саме ,метод відсікаючих площин Гоморі, метод гілок та меж, метод оберненої матриці, метод послідовного аналізу та відсіву варіантів (ПАВ),
3. методи нелінійного програмування, а саме , метод множників Лагранжа, метод змінної метрики, прямі методи пошуку, умови оптимальності Куна-Таккера для задач квадратичного програмування , методи геометричного програмування , методи динамічного програмування.

вміти:

1. розробляти моделі задач прийняття рішень в техніці та економіці,
2. грамотно вибирати відповідні методи нелінійного програмування для пошуку оптимальних рішень,
3. застосовувати сучасні методи нелінійного програмування для вирішення практичних задач,
4. формувати систему для оцінки адекватності розроблених математичних моделей, коригувати модель та розв'язок на основі отриманих нових знань про задачу й операцію.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Навчальна дисципліна “ Дослідження операцій ” базується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін “Вища математика ”, “Лінійна алгебра”. Знання теоретичних і прикладних положень неперервного та дискретного аналізу, включаючи аналіз нескінченно малих, інтегральне числення, аналітичну геометрію, диференціальні рівняння, функціональний аналіз, комбінаторику, теорію графів.

Отримані в результаті вивчення дисципліни знання та практичні навички використовуються в наступних спецдисциплінах "Теорія прийняття рішень", "Методи та системи штучного інтелекту", "Моделювання систем".

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

#### *Розділ 1. ДИСКРЕТНЕ ПРОГРАМУВАННЯ*

##### *Тема 1.1. Метод відсікаючих площин Гоморі.*

*Особливості задач ЛЦП. Алгоритм методу відсікаючих площин Гоморі. Ознаки оптимальності розв'язку та нерозв'язності задачі лінійного цілочисельного програмування (ЛЦП) при використанні методу Гоморі.*

##### *Тема 1.2. Метод гілок та меж в задачі ЛЦП.*

*Загальна схема методу гілок та меж. Основні процедури методу. Ознака оптимальності. Алгоритм методу гілок та меж для задачі ЛЦП. Процедура розбиття множини на підмножини варіантів та знаходження оцінок в задачі ЛЦП. Ознака оптимальності. Приклад застосування.*

##### *Тема 1.3. Метод гілок та меж в задачі комівояжера.*

*Постановка задачі комівояжера. Теорема про оптимальний план задачі. Опис алгоритму методу гілок та меж в задачі комівояжера. Ознака оптимальності.*

##### *Тема 1.4. Метод послідовного аналізу та відсіву варіантів (ПАВ) в задачі ЛЦП.*

*Загальна схема та основні процедури методу ПАВ. Ознаки оптимальності. Алгоритм методу ПАВ для задач ЛЦП. Процедура відсіву за обмеженнями. Процедура відсіву за критерієм .*

#### *Розділ 2. НЕЛІНІЙНЕ ПРОГРАМУВАННЯ*

##### *Тема 2.1. Постановка задач нелінійного програмування (НП) і дослідження їхньої структури.*

*Теорема про розташування оптимальних розв'язків задачі НП. Визначення опуклої та вгнутої функції. Ознаки опуклості та вогнутості. Алгоритм класичного методу умовної оптимізації. Метод множників Лагранжа. Теорема Куна-Такера та її роль в нелінійному програмуванні (НП).*

*Тема 2.2. Методи знаходження оптимальних рішень задач нелінійного програмування. Класичний метод пошуку умовного екстремуму. Метод змінної метрики. Прямі методи пошуку.*

*Тема 2.3. Задача квадратичного програмування та метод її розв'язання. Форма запису задачі. Умови оптимальності Куна-Такера для задач квадратичного програмування. Алгоритм ЛП для задач квадратичного програмування. Метод перебору варіантів.*

#### *Розділ 3. Геометричне програмування(ГП)*

Тема 3.1.. Задача геометричного програмування без обмежень і метод її розв'язання.

Загальна характеристика задач ГП Задача геометричного програмування без обмежень і метод її розв'язання..

Тема 3.2. Пряма та двоїста задачі ГП. Основна теорема геометричного програмування.

Пряма та двоїста задачі ГП. Основна теорема геометричного програмування. критерій оптимальності та розв'язувальні множники. Метод розв'язання загальної задачі геометричного програмування.

Розділ 4. Динамічне програмування.

Тема 4.1. Обчислювальний метод динамічного програмування.

Обчислювальний метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Беллмана.

Тема 4.2. Послідовні задачі прийняття рішень.

Застосування динамічного програмування для оптимізації послідовних процесів прийняття рішень.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій: К. ЗАТ „Віпол”. - 688с..
2. Зайченко О.Ю., Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. -К:Видавничий дім “Слово”, 2014.-472 с.
3. Hamdy A. Taha .Operations Research: An Introduction 10th Edition: -2017.-848 p.
4. Навчально-методичний посібник до практичних занять з курсу «Математичні методи оптимізації» для студентів магістратури усіх спеціальностей /Уклад. О.Ю. Зайченко -К.: Політехніка .-88с.
5. Оптимізаційні методи та моделі : підручник / В.С. Григорків, М.В. Григорків, О.І. Ярошенко. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2022. – 440 с.

Допоміжна:

1. Wayne L. Winston. Operations Research: Applications and Algorithms 4th Edition. ISBN: 9780534423605.-2021.
2. Дослідження операцій.:Пер с англ./под ред.Дж. Моудера,С.Элмаграби.: -712с

**Навчальний контент**

**5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)**

**Лекційні заняття**

*Лекційні заняття*

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Постановка задач дискретного програмування і дослідження їхньої структури. [1,5] (2 год)
2	Алгоритм методу відсікаючих площин Гоморі. Ознаки оптимальності розв'язку та нерозв'язності задачі лінійного цілочисельного програмування (ЛЦП) [1,5] (2 год)
3	Метод гілок та меж в задачі ЛЦП. Загальна схема методу гілок та меж. Основні процедури методу. Ознака оптимальності. [3,5] (2 год)
4	Алгоритм методу гілок та меж для задачі ЛЦП. [3,5] (2 год)
5	Метод гілок та меж в задачі комівояжера. Постановка задачі комівояжера. Теореми про оптимальний план задачі. Опис алгоритму методу гілок та меж в задачі комівояжера. Процедура розбиття множини на підмножини. Ознака оптимальності. [3,5] (2 год)
6	Загальна схема та основні процедури методу ПАВ. Ознаки оптимальності. [3,5] (2 год).
7	Метод послідовного аналізу та відсіву варіантів (ПАВ) в задачі ЛЦП. Алгоритм методу ПАВ для задач ЛЦП. [3,5] (2 год).
8	Постановка задач нелінійного програмування (НП) і дослідження їхньої структури. Класичний метод пошуку умовного екстремуму. Теорема Вейерштрасса про існування максимуму функції. Теорема про розташування оптимальних розв'язків задачі НП. [3,5] (2 год).
9	Визначення опуклої та вгнутої функції. Ознаки опуклості та вогнутості. Алгоритм класичного методу умовної оптимізації [3,5] (2 год).
10	Метод множників Лагранжа. Форма запису задачі НП. Теорема про множники Лагранжа. Теоретичне обґрунтування методу. Алгоритм методу множників Лагранжа. [3,5] (2 год).
11	Теорема Куна-Таккера та її роль в нелінійному програмуванні (НП). Форма запису задачі НП. Теорема Куна-Таккера та її доведення. Умови додаткової нежорсткості та їх зміст. Умови регулярності. Задача опуклого програмування. Умови Куна-Таккера оптимальності розв'язку задачі опуклого програмування. [3,5] (2 год).
12	Умови оптимальності Куна-Таккера для задач квадратичного програмування. Алгоритм для задач квадратичного програмування. Метод перебору варіантів. [3,5] (2 год).
13	Задача геометричного програмування без обмежень. Постановка задачі геометричного програмування та її властивості. Максимум двоїстої функції та умови оптимальності. Знаходження оптимального розв'язку прямої задачі ГП без обмежень. [3,5] (2 год).
14	Загальна задача ГП та метод її розв'язання. Пряма та двоїста задачі ГП та їхні взаємозв'язки. Основна теорема геометричного програмування. Ступінь складності

	<i>задачі ГП. Теорема про оптимальний розв'язок двоїстої задачі ГП. [3,5] (2 год).</i>
15	<i>Алгоритм розв'язання загальної задачі ГП з ступенем складності <math>d &gt; 0</math>. Приклад застосування алгоритму. [3,5] (2 год).</i>
16	<i>Обчислювальний метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Беллмана. [3,5] (2 год).</i>
17	<i>Послідовні задачі прийняття рішень. застосування динамічного програмування для оптимізації послідовних процесів прийняття рішень.</i>
18	<i>Динамічні задачі керування запасами [3,5] (2 год).</i>

### **Практичні заняття**

<i>№</i>	<i>Тема практичного заняття</i>	<i>К-ть годин</i>
1	<i>Розв'язання задач методом відсікаючих площин Гоморі.</i>	2
2	<i>Розв'язання задач ЛЦП методом гілок та меж</i>	2
3	<i>Метод гілок та меж для задачі комівояжера.</i>	2
4	<i>Розв'язання задач ЛЦП методом ПАВ</i>	2
5	<i>Розв'язання задач квадратичного програмування</i>	2
6	<i>Метод перебору варіантів для задач квадратичного програмування.</i>	2
7	<i>Метод знаходження оптимального розв'язку задачі ГП без обмежень.</i>	2
8	<i>Застосування динамічного програмування для оптимізації послідовних процесів прийняття рішень.</i>	2
9	<i>МКР</i>	2

### **6. Самостійна робота**

*Самостійна робота включає такі активності, як підготовка до лекційних та практичних аудиторних занять, ознайомлення з порядком виконання та змістом практичних робіт, виконання практичних завдань і задач, наведених у посібнику до курсу, формування звітів, перевірка власних завдань вправами для самоконтролю, підготовка до захисту практичних робіт, підготовка до написання контрольної роботи з дисципліни.*

Головною метою надання студентам завдань для самостійної роботи є оволодіння практичними вміннями та навичками в застосуванні математичних методів оптимізації для розв'язання практичних задач.

По темі, що виноситься на самостійну роботу, складається короткий план теми, перелік основних понять та теоретичних відомостей (знань) які повинні отримати студенти. Даються контрольні питання, завдання, тести для перевірки отриманих знань та умінь в результаті виконання СРС. Методичні рекомендації до виконання СРС, варіанти завдань, термін виконання надає лектор всім групам потоку і зазначає у гугл-класі. Викладачі, які ведуть практичні заняття, у двотижневий термін з призначеної дати здачі студентами робіт, перевіряють роботи та виставляють рейтингові бали.

Усі роботи студенти мають прикріплювати в особистому кабінеті гугл-класу. Дедлайни кожного завдання позначені в щотижневих завданнях у гугл-класі. Роботи мають бути виконані з дотриманням академічної доброчесності. Політика та принципи академічної доброчесності, етична поведінка студентів визначені у Кодексі честі <https://kpi.ua>

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На кожному практичному занятті студенти повинні активно залучатися до розв'язання задач та обговоренню тематики практичного заняття. Для цього викладач на кожній лекції повинен приділяти увагу до застосування прочитаних тем в різних галузях науки. Захист індивідуальної роботи повинен виявити наскільки студент може не тільки абстрактно та логічно мислити, а й аналізувати результат. Усі роботи студенти мають прикріплювати в особистому кабінеті гугл-класу. Терміни здачі кожного завдання позначені в щотижневих завданнях у гугл-класі. Роботи мають бути виконані з дотриманням академічної доброчесності.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: фронтальний (усний, письмовий), контрольні роботи.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Рейтингова система оцінювання включає всі види тестування: контрольні роботи, активність на практичних заняттях. Кожний студент отримує свій підсумковий рейтинг по дисципліні.

Семестровий рейтинг з дисципліни «Дослідження операцій» складається з рейтингових балів (див. табл.1), і не перевищує  $R_{\max} = 100$ . В семестрі студент може набрати 60 балів, відповідно на іспиті – 40 балів.

Таблиця 1. Система рейтингових балів.

№	Контрольний захід	Бали
	Індивідуальне завдання (реферативна робота)	15
	Модульна контрольна робота	30
	Активна робота на практичних заняттях	15

*Реферативна робота зараховується тільки за умови її захисту . Для захисту реферативної роботи надається не більше трьох спроб. В залежності від того, з якої спроби була захищена робота, нараховується наступна кількість балів:*

*захист з першої спроби - 15 балів;*

*захист з другої спроби -10 балів;*

*захист з третьої спроби і останній – 5 балів.*

*Модульний контроль.*

*МКР складається з двох контрольних робіт.*

*Ваговий бал – 30. Максимальна кількість балів за дві контрольні роботи дорівнює 30 балів.*

*Критерії оцінювання:*

*Критерії нарахування балів за контрольні заходи:*

*~ “відмінно”: 95 -100% - здобувач виявив всебічні, систематичні та глибокі знання навчального матеріалу з дисципліни; продемонстрував уміння вільно виконувати всі завдання, передбачені програмою; засвоїв основну та додаткову літературу; проявив творчі здібності в розумінні, в логічному, чіткому, стислому та ясному трактуванні навчального матеріалу; засвоїв взаємозв’язок основних понять дисципліни, їх значення для подальшої професійної діяльності*

*~ “дуже добре”: 85-94% - здобувач виявив систематичні знання навчального матеріалу з дисципліни вище середнього рівня; продемонстрував уміння добре виконувати всі завдання, передбачені програмою, допустивши незначні помилки; засвоїв основну та додаткову літературу; засвоїв взаємозв’язок основних понять дисципліни, їх значення для подальшої професійної діяльності*

*~ “добре”: 75-84% - здобувач виявив загалом добрі знання навчального матеріалу при виконанні передбачених програмою завдань, але припустив ряд помітних помилок; засвоїв основну літературу; показав систематичний характер знань з дисципліни; здатний до їх самостійного використання та поповнення в процесі подальшої навчальної роботи і професійної діяльності*

*~ “задовільно”: 65-74% - здобувач виявив знання основного навчального матеріалу з дисципліни в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої професійної діяльності; ознайомився з основною літературою; впорався з виконанням завдань, передбачених програмою, але припустив значну кількість помилок або недоліків на запитання при співбесіді, тестуванні та при виконанні завдань тощо, принципів з яких може усунути самостійно*

*~ “достатньо”: 60-64% - здобувач виявив знання основного навчального матеріалу з дисципліни в мінімальному обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої професійної діяльності; ; ознайомився з основною літературою; в основному виконав завдання, передбачені програмою, але припустив помилки у відповіді на запитання при співбесідах, тестуванні та при виконанні завдань тощо, які він може усунути лише під керівництвом та за допомогою викладача*

*~ “незадовільно”: 30-59% - здобувач мав значні прогалини в знаннях основного навчального матеріалу; допускав принципові помилки при виконанні передбачених програмою завдань, але спроможній самостійно доопрацювати програмний матеріал і підготуватися для перездачі дисципліни*



~ “незадовільно”: 0-29% - здобувач не мав знань зі значної частини навчального матеріалу з дисципліни; допускав принципові помилки при виконанні більшості передбачених програмою завдань або не виконував ці завдання

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш ніж 15 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів «ідеальний» студент має отримати 30 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш ніж 30 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів «ідеальний» студент має отримати 60 балів).

Умови допуску до іспиту: стартовий рейтинг за семестр складає не нижче 30 балів.

Критерії екзаменаційного оцінювання:

вичерпні відповіді на всі питання залікового білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять – 40 балів;

в деяких відповідях мають місце певні неточності – 35-30 балів;

допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою викладача, має місце знання основних понять і величин – 20-15 балів;

припускаються суттєві помилки, непорозуміння основних понять – 5 балів.

Семестровий контроль: екзамен

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою.

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

*Теоретичні питання:*

1. *Метод апроксимуючого програмування*
2. *Метод проєкції градієнта Розена*
3. *Задачі з лінійними обмеженнями*
4. *Методи можливих напрямків.*
5. *Що таке альтернатива?*
6. *Алгоритм Зойтендейка у випадку лінійних обмежень*
7. *Алгоритм Зойтендейка у випадку нелінійних обмежень-нерівностей*
8. *Модифікація методу можливих напрямків*
9. *Метод Бройдена*
10. *Метод Девідона–Флетчера–Пауелла*
11. *Прямі методи пошуку:*
12. *Дихотомічний пошук*
13. *Метод золотого перетину*
14. *Багатокритеріальна задача нелінійного програмування*
15. *Багатокритеріальна                      задача                      дискретного                      програмування*

*Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):*

*Складено*

*проф. кафедри*

*математичних методів системного аналізу, д.т.н., доц. Зайченко О.Ю.*

**Ухвалено** кафедрою ММСА (протокол № 13 від 05.06.2024)

**Погоджено** Методичною комісією НН ІПСА (протокол № 10, від 24. 06.2024)