



# МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### • Реквізити навчальної дисципліни

|   |   |
|---|---|
| Рівень вищої освіти                               | <i>Перший (бакалаврський)</i>   |
| Галузь знань                                      | <i>11 математика і статистика</i>   |
| Спеціальність                                     | <i>113 прикладна математика</i>   |
| Освітня програма                                  | <i>Наука про дані та математичне моделювання</i>  |
| Статус дисципліни                                 | <i>Нормативна</i>   |
| Форма навчання                                    | <i>очна(денна)</i>  |
| Рік підготовки, семестр                           | <i>3 курс, весняний семестр</i>   |
| Обсяг дисципліни                                  | <i>120 год.</i>   |
| Семестровий контроль/<br>контрольні заходи        | <i>Екзамен</i>  |
| Розклад занять                                    |   |
| Мова викладання                                   | <i>Українська</i>   |
| Інформація про<br>керівника курсу /<br>викладачів | <i>Лектор: Ладогубець Тетяна Сергіївна aladog@gmail.com<br/>Лабораторні: Ладогубець Тетяна Сергіївна aladog@gmail.com</i> |
| Розміщення курсу                                  | <i>Немає</i>  |

### • Програма навчальної дисципліни

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

*Метою викладання дисципліни є оволодіння основними поняттями теорії оптимізації, класичними та сучасними чисельними методами оптимізації для розв'язування широкого спектру задач нелінійного програмування.*

*В результаті вивчення дисципліни «Методи оптимізації» студенти мають продемонструвати такі результати навчання:*

##### **знання:**

- ролі методів оптимізації в прикладних науках і розв'язанні практичних задач;*
- основних особливостей методів оптимізації для задач нелінійного програмування;*
- умов використання методів залежно від особливостей задачі;*
- можливостей адаптації методів при розв'язанні конкретних практичних задач;*

##### **уміння:**

- аналізувати поставлену задачу оптимізації;*
- обирати найефективніший для її розв'язання метод;*
- реалізувати обраний метод та одержати практичні результати;*

##### **досвід:**

- створювати та розв'язувати оптимізаційні задачі за допомогою аналітичних та чисельних методів.*

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

*Міждисциплінарні зв'язки:*

- дисципліни «Методи оптимізації» передують дисципліни «Математичний аналіз», «Алгебра та геометрія», «Дискретна математика», «Функціональний аналіз», «Методи обчислень», «Математичне програмування» навчального плану підготовки бакалаврів за спеціальністю 113 Прикладна математика;
- дисципліна «Методи оптимізації» забезпечує вивчення дисциплін «Математичне моделювання», «Алгоритми і системи комп'ютерної математики» «Основи машинного навчання» та «Теорія керування» навчального плану підготовки бакалаврів за спеціальністю 113 Прикладна математика, навчального плану підготовки магістрів за спеціальністю 113 Прикладна математика.

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



#### **РОЗДІЛ 1. МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ БЕЗ ОБМЕЖЕНЬ**

Тема 1.1. Методи одновимірного пошуку

Тема 1.2. Методи прямого пошуку

Тема 1.3. Методи мінімізації першого порядку

Тема 1.4. Методи мінімізації другого порядку

#### **РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ НЕЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ПРИ НАЯВНОСТІ ОБМЕЖЕНЬ**

Тема 2.1. Методи штрафних функцій

Тема 2.2. Методи спуску

### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

1. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій, 7-ме вид.– К.: Видавничий Дім “Слово”, 2006. – 816 с
2. Зайченко О.Ю., Зайченко Ю.П. Дослідження операцій: Збірник задач. – К.: Видавничий Дім “Слово”, 2007. – 472 с
3. Методи оптимізації : підручник / В. В. Ладозубець, Т. С. Ладозубець, О. Д. Фіногенов – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 229 с.
4. Методи одновимірної оптимізації: практикум з дисципліни «Дослідження операцій»: навч. посіб. / Т. С. Ладозубець, О. Д. Фіногенов – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 47 с.
5. Методи оптимізації без використання похідних: практикум з дисципліни «Дослідження операцій»: навч. посіб. / Т. С. Ладозубець, О. Д. Фіногенов – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 45 с.
6. Дослідження операцій. Рекомендації до виконання курсової роботи: навч. посіб. / Т. С. Ладозубець, О. Д. Фіногенов; – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 34 с.
7. Попов Ю.Д., Тюптя В.І., Шевченко В.І. Методи оптимізації. – К.: Ел.вид КНУ, 2003. – 215 с.
8. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є. А. Лавров, Л. П. Перхун, В. В. Шендрик та ін. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 212 с.

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

*Лекційні заняття*

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)  |
|-------|--|
| 1     | <p><u>РОЗДІЛ 1. МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ БЕЗ ОБМЕЖЕНЬ.</u><br/> <u>ТЕМА 1.1. МЕТОДИ ОДНОВИМІРНОГО ПОШУКУ.</u><br/> Методи, які використовують правило виключення інтервалів. Класифікація методів безумовної оптимізації. Методи одновимірного пошуку. Правило виключення інтервалів. Етап встановлення меж інтервалу. Метод Свенна. Етап зменшування інтервалу. Мінімаксна стратегія. Метод ділення інтервалу навпіл. Метод Фібоначчі. Метод золотого перерізу.</p> |
| 2     | <p>Методи пошуку, які використовують квадратичну апроксимацію. Поліноміальна апроксимація. Метод Пауелла. Метод Девіса, Свенна, Кемпі (ДСК). Комбінований метод ДСК-Пауелла. Метод Ньютона-Рафсона. Метод середньої крапки (пошук Больцано). Метод січних. Порівняння методів одновимірного пошуку.</p>  |
| 3     | <p>Методи пошуку, які використовують похідні. Метод Ньютона-Рафсона. Метод середньої крапки (пошук Больцано). Метод січних. Метод пошуку, який використовує кубічну апроксимацію. Порівняння методів одновимірного пошуку.</p>   |
| 4     | <p><u>ТЕМА 1.2. МЕТОДИ ПРЯМОГО ПОШУКУ.</u><br/> Евристичні методи прямого пошуку. Метод пошуку Хука-Дживса. Метод пошуку по симплексу. Пошук по деформованому багатограннику. Метод пошуку Нелдера-Міда.</p>   |
| 5     | <p>Евристичні методи прямого пошуку. Система ортогональних напрямків. Метод пошуку Розенброка.</p>   |
| 6     | <p>Мінімізація на основі властивості паралельного підпростору. Властивості паралельного підпростору. Метод спряжених напрямів Пауелла.</p>   |
| 7     | <p>Методи випадкового пошуку.</p>  |
| 8     | <p><u>ТЕМА 1.3. МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ПЕРШОГО ПОРЯДКУ.</u><br/> Гradientні методи. Метод найшвидшого спуску. Партан-методи. Партан метод найшвидшого спуску.</p>  |
| 9     | <p>Спряженість та спряжені напрямки. Метод спряженого градієнту Флетчера-Ривса.</p>  |
| 10    | <p><u>ТЕМА 1.4. МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ДРУГОГО ПОРЯДКУ.</u><br/> Методи другого порядку похідних. Метод Ньютона. Модифікований метод Ньютона. Метод Марквардта.</p>  |
| 11    | <p>Методи змінної метрики. Метод Девідона-Флетчера Пауелла. Метод Бройдена. Алгоритми Пірсона.</p>   |
| 12    | <p><u>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ НЕЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ПРИ НАЯВНОСТІ ОБМЕЖЕНЬ.</u><br/> <u>ТЕМА 2.1. МЕТОДИ ШТРАФНИХ ФУНКЦІЙ.</u><br/> Методи штрафних функцій. Параметричні методи штрафних функцій. Поняття штрафної функції. Основні типи штрафів.</p>  |
| 13    | <p>Методи внутрішніх та зовнішніх штрафних функцій.</p>  |
| 14    | <p>Непараметричні методи штрафних функцій. Метод множників.</p>  |
| 15    | <p><u>ТЕМА 2.2. МЕТОДИ СПУСКУ.</u><br/> Методи спуску. Методи прямого пошуку в задачах умовної оптимізації.</p>  |
| 16    | <p>Методи лінійної апроксимації.</p>   |
| 17    | <p>Методи допустимих напрямів. Метод пошуку Зойтендейка</p>  |
| 18    | <p>Методи спуску. Методи прямого пошуку в задачах умовної оптимізації. Методи лінійної апроксимації. Метод пошуку Зойтендейка. Проективні методи.</p>  |

### Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять: закріплення студентами на практиці знань, отриманих ними під час лекцій та самостійної роботи.

| № з/п | Назва практичного заняття  | Кількість авд. годин |
|-------|--|----------------------|
| 1     | Методи одновимірного пошуку. Методи, які використовують правило виключення інтервалів. Методи пошуку, які використовують квадратичну апроксимацію. Методи пошуку, які використовують похідні.<br>Завдання на СРС: обчислити задачі за допомогою методів всіх груп методів одновимірного пошуку, розглянутих на практичному занятті.  | 2                    |
| 2     | Метод конфігурацій. Метод пошуку Хука-Дживса. Метод пошуку по симплексу. Пошук по деформованому багатограннику Нелдера-Міда.<br>Завдання на СРС: обчислити задачі, розглянуті на практичному занятті за допомогою методу пошуку по симплексу .   | 2                    |
| 3     | Мінімізація на основі властивості паралельного підпростору. Властивості паралельного підпростору. Метод спряжених напрямів Пауелла.<br>Завдання на СРС: обчислити задачі за допомогою методу спряжених напрямів Пауелла та зробити графік траєкторії руху.   | 2                    |
| 4     | Градiєнтні методи. Метод найшвидшого спуску. Партан метод найшвидшого спуску. Спряженість та спряжені напрямки. Метод спряжених напрямів. Метод спряженого градієнту Флетчера-Ривса.<br>Завдання на СРС: обчислити задачі, розглянуті на практичному занятті за допомогою Партан методу найшвидшого спуску та методу спряженого градієнту Флетчера-Ривса. Порівняти траєкторії руху. | 2                    |
| 5     | Методи других похідних. Метод Ньютона. Методи змінної метрики. Метод Девідона-Флетчера Пауелла.<br>Завдання на СРС: обчислити задачі за допомогою методів Ньютона та метода Девідона-Флетчера Пауелла. Порівняти значення оберненої матриці Гессе та матриці яка її апроксимує.  | 2                    |
| 6     | Методи внутрішніх штрафних функцій. Методи зовнішніх штрафних функцій.<br>Завдання на СРС: обчислити задачі за допомогою методів, розглянутих на практичному занятті. Виявити залежність траєкторії руху від виду штрафу, який використовується.   | 2                    |
| 7     | Методи спуску. Методи прямого пошуку в задачах умовної оптимізації. Методи лінійної апроксимації.<br>Завдання на СРС: обчислити задачі за допомогою методу Гріфіца-Стюарта.  | 2                    |
| 8     | Метод пошуку Зойтендейка. Метод Розена.<br>Завдання на СРС: обчислити задачі за допомогою методів Зойтендейка та Розена та порівняти траєкторії руху.  | 2                    |
| 9     | Екзамен  | 2                    |

Крім цього на початку кожного практичного заняття проводиться коротке опитування та тестування з метою перевірки засвоєння лекційного матеріалу з відповідної теми, перевіряється і аналізується домашнє завдання.

| № з/п | Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання   | Кількість годин СРС |
|-------|---|---------------------|
| 1     | <u>МЕТОДИ ОДНОВИМІРНОГО ПОШУКУ.</u><br>Мінімаксна стратегія. Метод Фібоначчі. Метод пошуку, який використовує кубічну апроксимацію.                     | 3                   |
| 2     | <u>МЕТОДИ ПРЯМОГО ПОШУКУ.</u><br>Система ортогональних напрямків. Метод пошуку Розенброка. Модифікований метод Розенброка. Методи випадкового пошуку.   | 8                   |
| 3     | <u>МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ПЕРШОГО ПОРЯДКУ.</u><br>Модифікований Партан метод найшвидшого спуску. Спряженість та спряжені напрямки. Метод Полака-Риб'єра.    | 8                   |
| 4     | <u>МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ДРУГОГО ПОРЯДКУ.</u><br>Модифікований метод Ньютона. Метод Марквардта. Методи змінної метрики. Метод Бройдена. Алгоритми Пірсона. | 8                   |
| 5     | <u>МЕТОДИ ШТРАФНИХ ФУНКЦІЙ.</u><br>Непараметричні методи штрафних функцій. Метод множників.   | 7                   |
| 6     | <u>МЕТОДИ СПУСКУ.</u><br>Метод сепарабельного програмування. Алгоритм Келлі. Метод Барнса.  | 7                   |

## ● Політика та контроль

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

- Вимоги, які ставляться перед студентом під час опанування навчальної дисципліни:
- систематичне відвідування занять (як лекцій, і особливе лабораторних);
- Заохочувальні бали також надаються за участь у відповідних олімпіадах, конкурсах тощо – до 5 балів.;
- штрафні бали передбачено за списування на контрольних заходах, неготовність до лабораторного заняття (результат тестового опитування), пропуск МКР без поважної причини – 1-2 бали за раз, не більше 5 за семестр;
- пропущені контрольні роботи обов'язково повинні бути виконані до заліку; перескладання (переписування) МКР не передбачено; у випадку недостатньої кількості балів, що набрані за семестр, надається декілька завдань, для досягнення допуску;
- за списування або розмови під час МКР знімаються штрафні бали.
- **Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:

**Поточний контроль:** Виконання МКР (50 балів), колоквиум (50 балів).

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог ссиллабусу; студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 60 % від максимальної кількості балів, яку може отримати студент до даного календарного контролю

**Семестровий контроль:** залік

**Умови допуску до семестрового контролю:** Необхідною умовою допуску студента до заліку є виконання всіх завдань протягом семестру та семестровий рейтинг не менше **40 балів**. В іншому разі студент повинен виконати додаткову роботу та підвищити свій рейтинг. При семестровому рейтингу не менше **60 балів**, студент отримує залік відповідно до наступної таблиці.

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  |

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

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (наприклад, як додаток до силлабусу);*
- *можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;*

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силлабус):**

Складено *старший викладач Ладогубець Тетяна Сергіївна*

Ухвалено *кафедрою прикладної математики (протокол №18 від 10.06.2024р.)*

Погоджено *Методичною комісією факультету прикладної математики (протокол №12 від 21.06.2024р.)*