



СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>124 Системний аналіз</i>
Освітня програма	<i>Системний аналіз і управління</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС, 120 год. (лекції - 36 год., практичні - 18 год., СРС - 66 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>Rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к. ф.-м. н., доцент Яковлева Алла Петрівна, Ykovleva.Alla@i111.kpi.ua Практичні: к. ф.-м. н., доцент Яковлева Алла Петрівна, к.ф.-м.н., доцент, Спекторський Ігор Якович</i>
Розміщення курсу	<i>Googleclassroom</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Предмет навчальної дисципліни. Дисципліна «Спеціальні розділи методів оптимізації та дослідження операцій» є одною з базових для спеціальності 124 «Системний аналіз». У даному курсі увагу приділено ознайомленню студентів з традиційними та найновішими математичними методами дослідження задач на пошук екстремуму, чисельними методами та алгоритмами оптимізації, їхніми властивостями та поняттям програмування їх на комп'ютері.

Мета та завдання навчальної дисципліни.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здібностей і навчання студентів основним принципам методів оптимізації та дослідження процесів і систем, які необхідні при дослідженні соціально-економічних, екологічних, технічних та фізичних систем різного роду.

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання:

- основні положення теорії оптимізації;
- методи побудови розв'язків оптимізаційних задач, як аналітичних, так і чисельних.

уміння:

- розв'язувати задачі, що виникають в різноманітних областях людської діяльності (економіка, біологія, екологія, банківська справа, фізика та ін.) за допомогою моделювання та застосування до моделей методів розв'язування оптимізаційних задач.

У процесі навчання студент має оволодіти такими компетентностями: Загальними: ЗК 01 Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях, ЗК 02 Здатність планувати і управляти часом, ЗК 05 Здатність спілкуватися державною мовою усно і письмово, ЗК 09 Здатність до адаптації та дії в новій ситуації, ЗК 14 Здатність забезпечувати та оцінювати якість виконуваних робіт, ЗК 15 Здатність реалізовувати свої права та обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні, дотримуватися академічної доброчесності.

Фаховими: ФК 02 Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів та аналізу даних, ФК 05 Здатність формулювати 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, ФК 06 Здатність до комп'ютерної реалізації математичних моделей реальних систем і процесів; проектувати, застосовувати і супроводжувати програмні засоби моделювання, прийняття рішень, оптимізації, обробки інформації, інтелектуального аналізу даних, ФК 09 Здатність представляти математичні аргументи і висновки з них з якістю і точністю в таких формах, які підходять для занять в аудиторіях як усно, так і в письмовій формі.

По завершенню курсу студент має набути наступні програмні результати навчання: ПРН 07 Знати основи теорії оптимізації, оптимального керування, теорії прийняття рішень, вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем.

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

Вивчення навчальної дисципліни «Спеціальні розділи методів оптимізації та дослідження операцій» вимагає від студентів комплексу знань, вмінь на навичок, отриманих при вивченні дисциплін «Математичний аналіз», «Основи системного аналізу», «Чисельні методи», «Теорія керування». У даному курсі увагу приділено ознайомленню студентів з традиційними та найновішими математичними методами дослідження задач на пошук екстремуму, чисельними методами та алгоритмами оптимізації, їхніми властивостями та поняттям програмування їх на комп'ютері.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. Поняття про чисельні методи оптимізації.

Тема 1.1. Класифікація методів та швидкість збіжності.

Класифікація чисельних методів оптимізації. Скінченнокрокові та нескінченнокрокові методи, методи нульового, першого та другого порядку, методи безумовної та умовної оптимізації.

Поняття алгоритму та ітерації методу. Швидкість збіжності чисельних методів оптимізації та різні підходи до визначення критерію зупинки.

Тема 1.2. Напрямки методів та пошуки кроку методу.

Класифікація методів оптимізації за способом вибору направлення руху. Різні методи вибору довжини кроку для методів оптимізації. Метод дроблення кроку.

РОЗДІЛ 2. Градієнтний метод.

Тема 2.1. Метод для неопуклих функцій.

Градієнтний метод та його збіжність у випадку неопуклої цільової функції.

Тема 2.2. Метод для сильно опуклих функцій.

Градієнтний метод та його збіжність у випадку сильно опуклої функції.

РОЗДІЛ 3. Метод Ньютона.

Тема 3.1. Доведення збіжності методу.

Метод Ньютона та його модифікації. Оцінка швидкості збіжності методу Ньютона.

Тема 3.2. Властивості методу.

Властивості методу Ньютона та порівняння його з іншими чисельними методами оптимізації.

РОЗДІЛ 4. Квазіньютонівські методи.

Тема 4.1. Описання методів та їхні властивості.

Квазіньютонівські методи, описання та властивості; швидкість збіжності.

Порівняння властивостей та збіжності різних методів квазіньютонівського типу.

РОЗДІЛ 5. Методи спряжених напрямків. Тема

5.1. Метод спряжених градієнтів.

Метод спряжених градієнтів як метод спряжених напрямків першого порядку.

РОЗДІЛ 6. Елементи лінійного програмування.

Тема 6.1. Симплекс-метод та двоїста задача.

Задача лінійного програмування. Її форми запису та геометрична інтерпретація. Симплексметод – основний чисельний метод розв'язку задачі лінійного програмування. Елементи теорії двоїстості та двоїста задача лінійного програмування.

РОЗДІЛ 7. Задача оптимального керування.

Тема 7.1. Принцип максимуму Понтрягіна.

Постановка задачі оптимального керування на базі модельної задачі про запуск ракети.

Принцип максимуму Понтрягіна як основний метод розв'язку задачі оптимального керування.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Васильєв Ф.П. Чисельні методи розв'язку екстремальних задач. – М.: Наука, 1988. – 550 с.
2. Пшеничний Б.Н., Данілін Ю.М. Чисельні методи в екстремальних задачах. – М.: Наука, 1990. – 300 с.

Додаткова:

3. Пшеничний Б.Н. Метод лінеаризації. – М.: Наука, 1990. – 252 с.
4. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практична оптимізація. – М.: Мир, 1985. – 351 с.
5. Яковлева А.П. Системи с передісторією і функціональна живучість // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2008. - №1. – С. 93-100.

Методичне забезпечення

6. Методичні вказівки до виконання практичних робіт по методах оптимізації / Улк. А.П. Яковлева. – К.:НТУУ “КПІ”, 2007. – 56 с.

7. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по методах оптимізації / Укл. І.Я. Спекторський, А.П. Яковлева. – К.:”Політехніка”, 2004 – 64 с.

8. Методи оптимального керування. Конспект Лекцій. Ел. Ресурс. / Укладачі: В.Є. Мухін, А.П.Яковлева. — К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», НН «ІПСА», 2022. — 85 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 1 від 02.09.2022 р.)

Навчальний контент 5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
1-3	<p>РОЗДІЛ 1. Поняття про чисельні методи оптимізації.</p> <p>Тема 1.1. Класифікація методів та швидкість збіжності. Класифікація чисельних методів оптимізації. Скінченнокрокові та нескінченнокрокові методи, методи нульового, першого та другого порядків, методи безумовної та умовної оптимізації. Поняття алгоритму та ітерації методу. Швидкість збіжності чисельних методів оптимізації та різні підходи до визначення критерію зупинки.</p> <p>Тема 1.2. Напрямки методів та пошуки кроку методу. Класифікація методів оптимізації за способом вибору направлення руху. Різні методи вибору довжини кроку для методів оптимізації. Метод дроблення кроку.</p> <p>Література: [1] – С. 30 – 40.</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання лекції за конспектом (електронним конспектом) та вказаною літературою.</p>
4-5	<p>РОЗДІЛ 2. Градієнтний метод.</p> <p>Тема 2.1. Метод для неопуклих функцій. Градієнтний метод та його збіжність у випадку неопуклої цільової функції.</p> <p>Тема 2.2. Метод для сильно опуклих функцій. Градієнтний метод та його збіжність у випадку сильно опуклої функції.</p> <p>Література: [1] – С. 186 –190.</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання лекції за конспектом (електронним конспектом) та вказаною літературою, підготовка лабораторної роботи №1</p>

6-7	<p>РОЗДІЛ 3. Метод Ньютона.</p> <p>Тема 3.1. Доведення збіжності методу. Метод Ньютона та його модифікації. Оцінка швидкості збіжності методу Ньютона.</p> <p>Тема 3.2. Властивості методу. Властивості методу Ньютона та порівняння його з іншими чисельними методами оптимізації.</p> <p>Література: [1] – С. 191 –196.</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання лекції за конспектом (електронним конспектом) та вказаною літературою, підготовка лабораторної роботи №2</p>
8-10	<p>РОЗДІЛ 4. Квазіньютонівські методи.</p> <p>Тема 4.1. Описання методів та їхні властивості. Квазіньютонівські методи, описання та властивості; швидкість збіжності. Порівняння властивостей та збіжності різних методів квазіньютонівського типу.</p> <p>Література: [1] – С. 194-197.</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання лекції за конспектом (електронним конспектом) та вказаною літературою, самостійна робота.</p>
11-12	<p>РОЗДІЛ 5. Методи спряжених напрямків.</p> <p>Тема 5.1. Метод спряжених градієнтів. Метод спряжених градієнтів як метод спряжених напрямків першого порядку.</p> <p>Література: [1] – С. 197 –205.</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання лекції за конспектом (електронним конспектом) та вказаною літературою, підготовка лабораторної роботи №4</p>
13-14	<p>РОЗДІЛ 6. Елементи лінійного програмування.</p> <p>Тема 6.1. Симплекс-метод та двоїста задача. Задача лінійного програмування. Її форми запису та геометрична інтерпретація. Симплекс-метод – основний чисельний метод розв'язку задачі лінійного програмування. Елементи теорії двоїстості та двоїста задача лінійного програмування.</p> <p>Література: [1] – С. 210 –223.</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання лекції за конспектом (електронним конспектом) та вказаною літературою, підготовка лабораторної роботи №5</p>
15-16	<p>РОЗДІЛ 7. Задача оптимального керування.</p> <p>Тема 7.1. Принцип максимуму Понтрягіна. Постановка задачі оптимального керування на базі модельної задачі про запуск ракети. Принцип максимуму Понтрягіна як основний метод розв'язку задачі оптимального керування.</p> <p>Література:[1] – С. 296 –310.</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання лекції за конспектом (електронним конспектом) та вказаною літературою.</p>
17	МКР-1
18	Залік

Практичні заняття

№	Назва теми занять та перелік основних питань
1	Чисельні методи безумовної оптимізації першого порядку та їх реалізація на комп'ютері, на базі алгоритмічних мов програмування ПАСКАЛЬ чи СІ.
2, 3	Ярний метод як різновидність градієнтного методу для погано обумовлених задач.
4	Метод Ньютона.

5-6	Квазіньютонівські методи.
7	Методи спряжених напрямків.
8	Елементи лінійного програмування: симплекс-метод як основний метод чисельного розв'язку задач лінійного програмування.
9	МКР-1

Політика та контроль 6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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.

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

Семестровий контроль: залік

1. Семестровий рейтинг з дисципліни «Спеціальні розділи методів оптимізації та дослідження операцій» складається з рейтингових балів і не перевищує $R_{max} = 100$. В семестрі студент може набрати 100 балів.
2. Оцінку за семестр студент отримує за виконання комп'ютерних практикумів (4 комп'ютерних практикуми, кожний з яких оцінюється максимально в 20 балів), і модульної контрольної роботи, яка оцінюється максимально в 20 балів.
3. Умовою допуску до заліку є виконання всіх комп'ютерних практикумів, і семестровий рейтинг не менше 40 балів.
4. Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань («автоматом»).
5. Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, але виконали умови допуску до заліку, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують залікову контрольну роботу. При цьому попередній рейтинг з дисципліни скасовується і до залікової відомості заносяться бали за залікову контрольну роботу («жорстка» PCO). Ця оцінка є остаточною.
6. Залікова контрольна робота складається з теоретичних питань за різними розділами дисципліни. Оцінювання відповіді:
 - студент бездоганно орієнтується в матеріалі дисципліни, правильно відповідає на додаткові питання: 95–100 балів;
 - студент добре орієнтується в матеріалі дисципліни, правильно відповідає на додаткові питання з несуттєвими неточностями: 85–94 бали;
 - студент добре орієнтується в матеріалі дисципліни, частково правильно відповідає на додаткові питання, або не може відповісти на окремі додаткові питання: 75–84 бали;
 - студент в цілому орієнтується в матеріалі дисципліни, але з певними неточностями або помилками, частково правильно відповідає на додаткові питання, або не може відповісти на окремі додаткові питання: 65–74 бали;
 - студент в цілому орієнтується в матеріалі дисципліни, але з суттєвими неточностями або помилками, не відповідає на більшість додаткових питань, але може відповісти на прості додаткові питання: 60–64 бали;
 - студент не орієнтується в матеріалі дисципліни (менше 60% потрібної інформації), не може відповісти на додаткові питання: 0–59 балів
7. Отримана семестрова рейтингова оцінка, або оцінка за залікову контрольну роботу, переводиться в оцінку за шкалою:

Таблиця 2. Відповідність між рейтингом і заліковою оцінкою.

<i>Рейтинг</i>	<i>Оцінка ECTS</i>
<i>95 - 100</i>	<i>A — відмінно</i>
<i>85 - 94</i>	<i>B — дуже добре</i>
<i>75 - 84</i>	<i>C — добре</i>
<i>65 - 74</i>	<i>D — задовільно</i>
<i>60 - 64</i>	<i>E — достатньо</i>
<i>менше 60 балів</i>	<i>FX — незадовільно</i>

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к. ф.-м. н., доцент Яковлева Алла Петрівна

Ухвалено кафедрою ММСА (протокол № 13 від 05.06.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією ІПСА (протокол № 10 від 24.06.2024 р.)