



МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ (30-19)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	11 Математика і статистика
Спеціальність	113 Прикладна математика
Освітня програма	Математичні методи криптографічного захисту інформації
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	Загальна кількість: 90 годин / 3 кредити Лекційних занять: 36 годин Практичних занять: 18 годин Самостійна робота здобувачів: 36 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, МКР
Розклад занять	http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: професор, д.т.н., професор Данилов Валерій Якович (danilov1950@ukr.net). Практика: д.т.н., професор Данилов Валерій Якович (danilov1950@ukr.net).
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Google classroom)

Програма навчальної дисципліни

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

Курс «Методи оптимізації» є базовим предметом в підготовці спеціалістів в технічному університеті. У ньому вивчаються класичні і сучасні методи для розв'язування скінченновимірних задач безумовної та умовної оптимізації. Послідовно вивчаються особливості застосування цих методів для розв'язування сучасних прикладних задач в тому числі таких, які є не опуклими і негладкими.

Метою навчальної дисципліни є вироблення навичок для підбору потрібного методу для розв'язання конкретної задачі з врахуванням її особливостей. Звертається увага на нові методи оптимізації, які використовуються в сучасному машинному навчанні та на методи штучного інтелекту.

Об'єктом дослідження в основному є гладкі задачі скінченновимірного математичного програмування та окремі задачі з використанням негладкого аналізу.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання: основ методології; принципів оптимізації; розв'язування опуклих та неопуклих задач безумовної та умовної оптимізації; основних числових методів та алгоритмів нульового порядку; методів штучного інтелекту; методів першого та другого порядку; теорії опуклих множин і функцій; елементів оптимізації негладких опуклих задач; теорем, що гарантують сильну та слабку збіжність відповідних числових алгоритмів;

уміння: вибирати та застосовувати для конкретної задачі чисельні методи оптимізації; створювати нові ефективні алгоритми для розв'язування сучасних багатовимірних задач з мультимодальними цільовими функціями; аналізувати розв'язки, отримані різними методами та алгоритмами і вибирати ефективніший за відповідними параметрами для складних прикладних задач оптимізації;

досвід: розв'язання складних практичних задач; вільно орієнтуватися на якісному й кількісному рівні застосування сучасних методів в оптимізаційних задачах в нових фізичних явищах з надвеликою кількістю змінних; набуття навичок практичного використання засвоєних знань у подальшому навчанні та професійній діяльності.

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

Загальні компетентності СВО

ЗК1 – Здатність учитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК2 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3 – Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК6 – Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК8 – Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

Фахові компетентності СВО

ФК2 – Здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі.

ФК3 – Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.

ФК14 – Здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі, та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.

Програмні результати навчання

РН1 – Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці.

РН3 – Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів.

РН5 – Уміти розробляти та використовувати на практиці алгоритми, пов'язані з апроксимацією функціональних залежностей, чисельним диференціюванням та інтегруванням, розв'язанням систем алгебраїчних, диференціальних та інтегральних рівнянь, розв'язанням крайових задач, пошуком оптимальних рішень.

РН7 – Вміти проводити практичні дослідження та знаходити розв'язок некоректних задач.

РН8 – Поєднувати методи математичного та комп'ютерного моделювання з неформальними процедурами експертного аналізу для пошуку оптимальних рішень.

РН10 – Володіти методиками вибору раціональних методів та алгоритмів розв'язання математичних задач оптимізації, дослідження операцій, оптимального керування і прийняття рішень, аналізу даних.

РН14 – Виявляти здатність до самонавчання та продовження професійного розвитку.

РН15 – Уміти організувати власну діяльність та одержувати результат у рамках обмеженого часу.

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

Для засвоєння матеріалу курсу «Методи оптимізації» і його використання студенти повинні пройти освітні компоненти: «Диференційні рівняння», «Алгебра та геометрія», «Математичний аналіз».

Постреквізити: «Теорія керування», «Пререддипломна практика»

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Методи одновимірної оптимізації.

Тема 1.1. Методи Фібоначі

Тема 1.2. Метод золотого перерізу

Тема 1.3. Методи глобального пошуку

Тема 1.4. Адаптивні методи

Розділ 2. Методи оптимізації диференційованих функцій в задачах без обмежень

Тема 2.1. Аналітичні методи

Тема 2.2. Градієнтні методи

Тема 2.3. Методи типу Ньютон

Тема 2.4. Методи спряжених градієнтів

Тема 2.5. Методи спряжених напрямків

Розділ 3. Методи оптимізації недиференційованих функцій і відшукування сідлових точок в задачах без обмежень.

Тема 3.1. Означення узагальненого градієнта (субградієнта)

Тема 3.2. Опуклі функції та їх властивості

Тема 3.3. Методи узагальненого градієнтного спуску

Тема 3.4. Методи градієнтного типу з розтягненням простору

Тема 3.5. Методи локального випадкового пошуку

Тема 3.6. Методи послідовних наближень для розв'язування дискретних мінімаксних задач

Розділ 4. Алгоритми прямого пошуку. Методи штучного інтелекту.

Тема 4.1. Метод Хука-Джівса.

Тема 4.2. Метод симплексів.

Тема 4.3. Генетичні алгоритми.

Тема 4.4. Імунний алгоритм.

Тема 4.5. Роеві алгоритми.

Розділ 5. Методи розв'язування задач нелінійного програмування .

Тема 5.1. Загальна постановка задачі. Умови Каруша-Куна-Таккера.

Тема 5.2. Загальний метод штрафних функцій.

Тема 5.3. Методи зовнішніх штрафних функцій.

Тема 5.4. Методи внутрішніх штрафних функцій

Розділ 6. Чисельні методи розв'язування задач нелінійного програмування

Тема 6.1. Методи проекції градієнта.

Тема 6.2. Методи можливих напрямків.

Тема 6.3. Методи лінеаризації .

Тема 6.4. Методи, що використовують функцію Лагранжа .

Тема 6.5. Методи проекції узагальнених градієнтів.

Тема 6.6. Методи умовного градієнта.

Тема 6.7. Методи спряжених градієнтів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні

1. І.В. Бейко, П.М.Зінько, О.Г. Наконечний. Задачі, методи та алгоритми оптимізації. Навчальний посібник. К.: Вид. Київський університет. 2012. 799с.

2. В.Я. Данилов, П.М. Зінько. Числові алгоритми оптимізації. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів.-Київ.: Вид.КПІ, електронне видання, 2013. 312с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчання здійснюється на основі студентоцентрованого підходу та стратегії взаємодії викладача та студента для засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок. Для проведення занять застосовується практичний метод. Для лекційних занять використовуються пояснювально-ілюстративний метод та метод проблемного виконання, для проведення лабораторних / практичних робіт використовується частково-пошуковий та дослідницький методи навчання, при яких викладач ставить перед студентами проблему, і ті вирішують її самостійно або під керівництвом викладача, висувуючи ідеї, перевіряючи їх, підбираючи для цього необхідні джерела інформації, методи, підходи тощо.

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Методи Фібоначчі. Основний алгоритм. Модифікація методу Фібоначчі. Метод золотого перерізу.
2	Методи глобального пошуку. Глобальний пошук. Рандомізований метод глобального пошуку. Адаптивні методи. Метод Кіфера-Вольфовиця. Простий перебір
3	Аналітичні методи. Необхідна умова локальної оптимальності. Достатня умова локальної оптимальності.
4	Гradientні методи. Метод найшвидшого спуску. Модифікований метод найшвидшого спуску. Основний варіант gradientного методу. Модифікація основного варіанту gradientного методу
5	Методи типу Ньютона. Метод Ньютона-Канторовича. Узагальнений метод Ньютона-Канторовича.
6	Методи спряжених gradientів. Загальна схема алгоритмів спряжених gradientів. Метод спряжених gradientів з відновленням. Методи спряжених напрямків. Метод спряжених напрямків із відновленням матриці. Метод спряжених напрямків без відновлення матриці. Мінімізація квадратичних функцій за допомогою методу спряжених напрямків.
7	Означення узагальненого gradientа (субgradientа). Опуклі функції та їх властивості. Методи узагальненого gradientного спуску. Метод зі сталим кроковим множником. Основний метод. Модифікація основного методу.
8	Методи локального випадкового пошуку. Метод локального випадкового пошуку з парною пробою. Метод локального випадкового пошуку з поверненням при невдалому кроці. Методи послідовних наближень для розв'язування дискретних мінімаксних задач. Перший метод послідовних наближень. Модифікація першого методу послідовних наближень.
9	Методи нульового порядку. Метод Хука-Дживса. Метод Нелдера-Міда.
10	Методи штучного інтелекту. Генетичний алгоритм. Імунний алгоритм. Роевий алгоритм.
11.	Загальна задача нелінійного програмування. Теорема Каруша-Куна-Таккера.
12.	Загальний метод штрафних функцій. Методи зовнішніх штрафних функцій
13.	Методи внутрішніх штрафних функцій. Загальна схема. Реалізовна схема з процедурою переривання.
14.	Методи проекції gradientа. Загальний метод. Метод проекції gradientа для мінімізації функції за лінійних обмежень. Гібридний метод проекції gradientа для мінімізації функції за нелінійних обмежень.
15.	Методи можливих напрямків. Методи можливих напрямків розв'язування задач мінімізації з обмеженнями типу нерівностей. Методи можливих напрямків розв'язування задач мінімізації з обмеженнями змішаного типу. Метод можливих напрямків із квадратичним пошуком.
16.	Методи, що використовують функцію Лагранжа. Аналітичний метод. Gradientний метод для задач із обмеженнями типу нерівностей. Gradientний метод для задач з обмеженнями типу рівностей.
17.	Методи умовного gradientа. Реалізовний метод умовного gradientа. Алгоритм Франка-Вульфа.
18.	Знаходження сідлових точок. Gradientний метод знаходження сідлових точок із постійним кроковим множником.

№	Назва теми заняття
1	Методи одновимірної оптимізації. Методи Фібоначчі. Методи глобального пошуку.
2	Основний варіант градієнтного методу. Модифікації градієнтного методу.
3	Методи типу Ньютона. Методи спряжених градієнтів. Методи спряжених напрямків.
4	Методи оптимізації недиференційованих функцій. Метод узагальненого градієнту та його модифікації. Методи випадкового локального пошуку.
5	Алгоритми нульового порядку. Метод Хука-Джівса і метод Нелдера-Міда.
6	Узагальнений метод штрафних функцій. Методи зовнішніх та внутрішніх штрафних функцій. Методи, що використовують функцію Лагранжа.
7	Методи можливих напрямків для задач з обмеженнями змішаного типу.
8	Методи проєкції градієнтів. Загальний метод. Гібридний метод.
9	Методи умовного градієнту. Алгоритм Франка-Вульфа.

6. Самостійна робота здобувача

Самостійна робота бакалаврів має на меті розвиток творчих здібностей та активізація їх розумової діяльності, формування потреби безперервного самостійного поповнення знань та розвиток морально-вольових зусиль. Завданням самостійної роботи є навчити бакалаврів самостійно працювати з літературою, творчо сприймати навчальний матеріал і осмислювати його та формування навичок до щоденної роботи з метою одержання та узагальнення знань, умінь і навичок.

На самостійну роботу відводяться наступні види завдань:

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	Обробка і осмислення інформації, отриманої безпосередньо на заняттях;	10
2.	Робота з відповідними підручниками та особистим конспектом лекцій;	8
3.	Виконання підготовчої роботи до практичних занять та до написання МКР;	8
4.	Підготовка до складання семестрового контролю	10
Загалом		36

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять

Відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студента рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для успішного складання заліку. В разі великої кількості пропусків студента може бути недопущений до заліку.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі — атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентів.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (згідно «Положення про систему забезпечення якості вищої освіти у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», «Положення про організацію навчального процесу»).

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

Видами контролю успішності засвоєння матеріалу дисципліни є модульна контрольна робота (МКР) та семестровий контроль.

Активність на практичних заняттях

На практичних заняттях за кожну самостійно розв'язану біля дошки задачу дається до 1 бал. Конструктивна ідея або правильна відповідь з «місяця»: 0.5 балів. Можливі і інші варіанти оцінки роботи на розсуд викладача, що веде практику, проте прикінцевий максимальний бал становить не більше 10.

З огляду на обмежену кількість виходів до дошки студенти зацікавлені у активній участі в роботі на практичних заняттях.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота проводиться після завершення першої частини курсу «Методи оптимізації» проводиться протягом 2-х академічних годин на практичних заняттях. Вона складається з 2 задач і передбачає письмовий розв'язок задач, подібних до тих, що розглядалися на практичних заняттях та під час виконання домашніх робіт.

Оцінюється за чіткими критеріями з позначенням коректної або некоректної відповіді, а також з коментарями, зауваженнями тощо. Критерії оцінювання модульної контрольної роботи наступні :

- максимальна кількість балів за кожне питання – повна правильна відповідь, 95% інформації,
- там де треба наведено рисунки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять та законів, які використовуються під час розв'язку задачі,
- 75% балів — розв'язок правильний, не всі умови попереднього пункту виконано,
- 60% балів — наведено основні базові поняття для розв'язку, розв'язок неправильний.
- списані відповіді, які студент не може пояснити, не зараховуються.

Додаткові заохочення

Залучення при виконанні МКР та індивідуальних робіт нових програмних засобів та застосунків для візуалізації результатів обчислень, оптимізації обчислень, використання оригінальних методик (додаються заохочувальні бали).

Активна самостійна робота над теоретичним матеріалом: пошук та використання інформаційних ресурсів, ілюстрацій, відео, медіа ресурсів, що доповнюють поточний курс (додаються заохочувальні бали).

Семестровий контроль: залік

Семестровий рейтинг з дисципліни складається з рейтингових балів і не перевищує 100 балів.

Залік приймається на останньому практичному занятті.

Система рейтингових балів задана в таблиці 1. При цьому індивідуальні завдання зараховується при умові їх захисту.

Для захисту надається не більше трьох спроб: захист з першої спроби (30 балів); захист з другої спроби (20 балів); захист з третьої спроби (10 балів).

Таблиця 1. Система рейтингових балів

№	Контрольний захід	Бал	Кількість	Всього
1	Модульна контрольна робота	34	1	34
2	Практичні заняття	4	9	36
3	Індивідуальні завдання	30	1	30

Здобувач отримує оцінку згідно таблиці 2.

Таблиця 2. Сумарна кількість балів

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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри ММАД, д.т.н., професор Данилов Валерій Якович

Ухвалено кафедрою ММАД НН ФТІ (протокол № 14 від 22.06.2022р).

Погоджено Методичною комісією НН ФТІ (протокол № 6 від 30.06.2022).