



ТЕОРІЯ ДИНАМІЧНОЇ 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>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекційні та практичні заняття</i>
Мова викладання	<i>Українська, Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>доктор фіз.-мат. наук, с.н.с., Норкін Володимир Іванович, Vladimir.norkin@gmail.com</i> Практичні / Семінарські: <i>доктор фіз.-мат. наук, с.н.с., Норкін Володимир Іванович, Vladimir.norkin@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>Google-disk)</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Теорія динамічної оптимізації – це наука про оптимізацію поведінки динамічних систем, що описуються диференційними або ітеративними рівняннями руху. Ця теорія є складовою частиною теорії оптимізації у багатовимірних або нескінченно-вимірних просторах (гільбертових або банахових просторах).

Теорія нескінченно-вимірної оптимізації є теоретичною математичною основою теорії оптимального керування.

Ціль вивчення цієї дисципліни полягає у підготовці до проведення теоретичних наукових досліджень в галузі теорії і методів оптимізації, теорії оптимального керування, теоретичній кібернетиці.

В разі опанування цієї дисципліни студент зможе аналізувати нескінченно-вимірні задачі оптимізації, апроксимувати ці задачі скінчено-вимірними, досліджувати збіжність апроксимацій та будувати методи розв'язання таких задач.

Студент зможе обґрунтовувати постановки задач оптимізації динамічних систем, досліджувати властивості задач, розробляти методи їх розв'язання з урахуванням структури систем, публікувати результати теоретичних досліджень у фахових виданнях.

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

Базові знання з дисциплін: математичний аналіз, функціональний аналіз, теорія звичайних диференціальних рівнянь, теорія оптимізації, числові методи оптимізації, алгоритми і системи комп'ютерної математики, високо рівневі мови програмування.

3. Зміст навчальної дисципліни

ЕЛЕМЕНТИ НЕЛІНІЙНОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

ЕЛЕМЕНТИ ОПУКЛОГО АНАЛІЗУ

ТЕОРІЯ ОПТИМІЗАЦІЇ У БАНАХОВИХ ПРОСТОРАХ

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ У НЕСКІНЧЕНО-ВИМІРНИХ ПРОСТОРАХ

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Конспекти лекцій.
2. Пічкур В. В. Лекції з теорії керування. Київ: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Факультет комп'ютерних наук та кібернетики, 2017. – 232 с.
3. Моклячук, М. П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі. Підручник. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2009. – 380 с.
<http://probability.univ.kiev.ua/userfiles/mmp/var-Book-2010.pdf>
4. Перестюк М.О. Станжицький О.М., Капустян О.В., Ловейкін Ю.В. Варіаційне числення та методи оптимізації. Київ: КНУ ім. Т.Шевченка, 2010. 121 с. http://www.mechmat.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2018/03/var_chisl.pdf
5. Ekeland I., Temam R. Convex analysis and variational problems. SIAM, Philadelphia, 1999.

Додаткова література

1. Rockafellar R.T., Wets R.J-B. Variational Analysis. Springer, 1998.
2. Paluszek M., Thomas S. MATLAB Machine Learning Recipes: A Problem-Solution Approach. 2nd ed. APRESS, 2019.
3. Yakimenko, O.A. Engineering computations and modeling in MATLAB/Simulink (AIAA education Series). American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., Reston, Virginia, 2011.
4. Aubin J-P. Neural Networks and Qualitative Physics. Cambridge University Press, 1996.
5. SIAM Journal on Control & Optimization. <https://evoq-eval.siam.org/subscriptions-and-ordering-information>
6. Міжнародний науково-технічний журнал «Проблеми управління та інформатики». http://www.ikd.kiev.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=27&lang=uk, <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/13797>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЕЛЕМЕНТИ НЕЛІНІЙНОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Лінійні нормовані та банахові простори

Неперервність та напівнеперервність

Лінійні функціонали

Похідні за напрямком, перша варіація, похідні Гато, Фреше, строга диференційовність

Теорема про неявну функцію

ЕЛЕМЕНТИ ОПУКЛОГО АНАЛІЗУ

Опуклі множини та функції у банановому просторі

Сильна опуклість
Теорема Хана-Банаха та її наслідки
Теорема відокремлення
Двоїстість у опуклій оптимізації
Субдиференціальне числення

ТЕОРІЯ ОПТИМІЗАЦІЇ У БАНАХОВИХ ПРОСТОРАХ
Умови існування екстремуму (теорема Вейерштраса)
Необхідні та достатні умови екстремуму
Задачі з обмеженнями – рівностями та нерівностями.
Метод Лагранжа, сідлові точки.
Задачі опуклого програмування
Ліпшицеві функції, субдиференціал Кларка

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ У НЕСКІНЧЕНО-ВИМІРНИХ ПРОСТОРАХ
Обчислення градієнтів у динамічних задачах
Обчислення градієнтів інтегральних функціоналів
Обчислення градієнтів для багатосарових нейронних мереж
Градієнтний метод у гільбертовому та банановому просторі
Метод точних негладких штрафів для задач з обмеженнями
Метод Ньютона
Скінчено-вимірні апроксимації динамічних задач

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота полягає в опрацюванні матеріалів лекцій, підготовці до контрольних робіт, а також у виконанні домашніх та лабораторних робіт, програмних проектів та ін.

Основні завдання самостійних занять: закріплення студентами на практиці знань, здобутих ними під час лекцій.

Види самостійної роботи:

виконання лабораторних робіт;
виконання практичних завдань самостійної домашньої роботи з тематики курсу;
реферування науково-технічної літератури з тематики курсу;
написання реферату;
виконання програмних проектів з тематики курсу.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В разі об'єктивної неможливості бути присутнім на більшості лекцій, наприклад, в разі паралельного навчання за кордоном або повної зайнятості на роботі, студент повинен виконати контрольні, домашні та лабораторні роботи, або програмний проект за тематикою дисципліни у встановлені строки. У разі запізнення зі здачею робіт можуть бути нараховані штрафні бали. Звіти з виконаних робіт надсилаються викладачу засобами електронного зв'язку (Slack, e-mail).

Вимоги до рефератів

- 1) Тема повинна бути узгоджена з викладачем (за e-mail).
- 2) Реферат повинен бути на українській або англійській мові.
- 3) Об'єм 15-30 стор.
- 4) Структура реферату: Титульний лист, зміст, текст, висновки, список джерел.
- 5) Теж саме стосується структури презентації.
- 6) Список використаних джерел є обов'язковим (в тому числі і в презентації).
- 7) В тексті повинні бути посилання на джерела.

- 8) Складні доповіді можуть готуватися командою з 2-3 студентів.
- 9) За гарну та ясну доповідь – до 20 балів (за «прості» доповіді - на всіх, за «складні» - кожному).
- 10) Доповідь оголошується завчасно. Презентація попередньо виставляється у Slack (або інший доступний депозитарій). На одній парі може бути декілька доповідей.

Вимоги до лабораторних робіт та учбових програмних проектів

- 1) Результати роботи повинні бути оформлені у вигляд короткого звіту (на українській або англійській мові).
- 2) Структура звіту: титульний лист (назва, автори, і т.і.), анотація, теоретичні відомості, завдання, метод(и) вирішення, результати (проілюстровані), висновки, посилання, додатки (лістинг і т.і.).
- 3) Можливий варіант звіту у вигляді короткої презентації (з тією же структурою, що у п.2).

Вимоги до дослідницьких програмних проектів

- 1) Тема проекту має бути обґрунтована та узгоджена з викладачем.
- 2) Проект має програмно реалізувати деяку модель (явища, об'єкту, системи) типу «вхід-вихід» з поясненням, що є входом, а що є виходом програми.
- 3) Інший формат проекту (не «вхід-вихід») має бути дуже добре обґрунтований.
- 4) Проект повинен вирішувати проблему ідентифікації параметрів моделі.
- 5) Проект повинен вирішувати або задачу симуляції деякого явища (об'єкту, системи), або задачу підтримки рішень відносно об'єкту або системи.
- 6) Програмна реалізація повинна включати дружній інтерфейс.
- 7) Бажано, щоб програма була закінченим продуктом, тобто працювала незалежно від системи програмування (stand-alone application, або в браузері).
- 8) Повинен бути опис програми (help) із зазначенням авторів проекту та їх ролей у реалізації.
- 9) Код повинен бути відкритим, а програма – у вільному доступі.
- 10) Команда може включати не більше трьох учасників.
- 11) Результати роботи повинні бути оформлені у вигляд короткого звіту (на українській або англійській мові).
- 12) Структура звіту: титульний лист (назва, автори, і т.і.), анотація, теоретичні відомості, завдання, метод(и) вирішення, результати (проілюстровані), висновки, посилання, додатки.
- 13) Повинна бути підготована презентація за проектом.

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

Поточний контроль: МКР, письмовий тест, колоквиум (до 15 балів).

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

Семестровий контроль: залік (до 25 балів).

Умови допуску до семестрового контролю: виконання контрольних робіт (до 15 балів), зарахування домашніх та лабораторних робіт (в сумі до 60 балів), семестровий рейтинг для допуску до заліку - більше 40 балів.

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *Короткий перелік питань, які виносяться на колоквіум (додаток 1 до силабусу);*
- *Розширений перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (додаток 2 до силабусу);*
- *можливо зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою (теорія оптимізації, дослідження операцій, теорія керування, теорія автоматичного регулювання);*
- *можливо зарахування рефератів з теорії та застосувань теорії оптимального керування;*
- *можливо виконання учбових або дослідницьких програмних проєктів, що використовують результати теорії оптимального керування або теорії оптимізації.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професор, доктор фіз.-мат. наук, с.н.с. Норкін Володимир Іванович.

Ухвалено кафедрою прикладної математики (протокол № 7 від 09.02.2022).

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 6 від 25.03.2022).