



НЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Комп'ютерні науки
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити (120 год) 36 лек. 18 лаб. 66 СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, модульна контрольна робота, розрахунково-графічна робота
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., доцент, Шушура Олексій Миколайович, leshu@i.ua , тел. 050-470-15-67 Лабораторні: д.т.н., доцент, Шушура Олексій Миколайович, leshu@i.ua , тел. 050-470-15-67
Розміщення курсу	Google classroom, Кампус

Програма навчальної дисципліни

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

Fuzzy logic є одним з найбільш популярних засобів штучного інтелекту, який знайшов широке застосування в сучасних технічних та програмних системах, починаючи з побутових приладів і закінчуючи управлінням космічними апаратами. Завдяки простоті застосування і наближенню до людської логіки, fuzzy системи характеризуються високою швидкістю розробки при хороших показниках результатів впровадження. Тому фахівці, які планують розробляти програмне забезпечення для інтелектуальних комп'ютерних систем, мають володіти методикою нечіткого моделювання та управління.

Метою дисципліни є опанування студентами основних понять, методів, алгоритмів та програмного забезпечення для розв'язку задач нечіткого моделювання, управління та підтримки прийняття рішень.

Завдання. В результаті вивчення дисципліни у студентів повинні сформуватися наступні компетентності:

загальні:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 1),
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2),
- здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями (ЗК5),
- здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК7),

фахові:

- усвідомлення теоретичних засад комп'ютерних наук (ФК 1),

- здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області (ФК 3),
- здатність збирати і аналізувати дані (включно з великими), для забезпечення якості прийняття проєктних рішень (ФК 4),
- здатність розробляти програмне забезпечення відповідно до сформульованих вимог з урахуванням наявних ресурсів та обмежень (ФК 7),
- здатність розробляти і реалізовувати проєкти зі створення програмного забезпечення, у тому числі в непередбачуваних умовах, за нечітких вимог та необхідності застосовувати нові стратегічні підходи, використовувати програмні інструменти для організації командної роботи над проєктом (ФК 8),
- здатність вибирати адекватні методи і технології обчислювального інтелекту та машинного навчання, включаючи методи глибокого навчання, еволюційного моделювання, генетичні алгоритми, та використовувати їх для вирішення задач прогнозування, керування, прийняття рішень, класифікації та інтелектуального аналізу даних в умовах невизначеності та неповної інформації (ФК 17).

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерних наук і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань (ПРН 1),
- мати спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем комп'ютерних наук, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур (ПРН 2),
- розробляти концептуальну модель інформаційної або комп'ютерної системи (ПРН 6),
- розробляти та застосовувати математичні методи для аналізу інформаційних моделей (ПРН 7),
- розробляти алгоритмічне та програмне забезпечення для аналізу даних (включно з великими) (ПРН 9),
- створювати нові алгоритми розв'язування задач у сфері комп'ютерних наук, оцінювати їх ефективність та обмеження на їх застосування (ПРН 11),
- тестувати програмне забезпечення (ПРН 14),
- збирати, формалізувати, систематизувати і аналізувати потреби та вимоги до інформаційної або комп'ютерної системи, що розробляється, експлуатується чи супроводжується (ПРН 18),
- аналізувати сучасний стан і світові тенденції розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій (ПРН 19),
- створювати та досліджувати інформаційні та математичні моделі систем і процесів, що досліджуються, зокрема об'єктів автоматизації (ПРН 20).

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

Пререквізити дисципліни. Знання та вміння, отримані на попередньому рівні освіти при вивченні дисциплін математичної підготовки, комп'ютерної дискретної математики, програмування, алгоритмів та структур даних, а також дисциплін ОНП "Комп'ютерні науки" КПІ ім. Ігоря Сікорського: "Технології інтелектуального аналізу даних", "Методи дослідження складних систем та процесів", "Методи та технології обчислювального інтелекту".

Постреквізити дисципліни. Отримані при вивченні дисципліни «Нечітке моделювання та управління» знання та вміння використовуються для виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Теоретичні основи нечіткого моделювання та управління

Тема 1.1. Основи теорії нечітких множин

Тема 1.2. Нечіткі числа

Тема 1.3. Нечіткі відношення

Тема 1.4. Нечітка кластеризація

Тема 1.5. Основи нечіткої логіки

Розділ 2. Методологія нечіткого моделювання та управління

Тема 2.1. Концептуальне моделювання предметних галузей задач нечіткого управління

Тема 2.2. Методика нечіткого управління

Тема 2.3. Нейро-нечітке моделювання

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Кирик В.В. Математичний апарат штучного інтелекту в електроенергетичних системах. К., 2019. 224с.
2. Желдак, Тимур Анатолійович. Нечіткі множини в системах управління та прийняття рішень :навчальний посібник /Т.А. Желдак, Л.С. Коряшкіна, С.А. Ус ; за редакцією С.А. Ус .– Дніпро :НТУ ДП,2020. – 386 с.
3. Коротка, Лариса Іванівна. Обчислювальний інтелект : теорія нечітких множин :навчальний посібник /Коротка Л.І., Зеленцов Д.Г., Науменко Н.Ю.,Ляшенко О.А., Солодка Н.О.– Дніпро :ДВНЗ УДХТУ,2020. – 161 с.
4. Шушура О.М. Нечітке моделювання та управління. Лабораторний практикум. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 42с.
5. Оленич І.Б. Нечітка логіка та нечітке моделювання / І. Оленич. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2022. – 210 с.
6. Lin S. Fuzzy Machine Learning Methods. In: Fuzzy-AI Model and BigData Exploration. Springer, Berlin, Heidelberg, 2022.

Додаткова література

7. Івахів, Орест Васильович. Основи побудови систем керування з нечіткою логікою :навчальний посібник /О. Івахів, М. Наконечний.– Львів :Растр-7,2017. – 129 с.
8. Ротштейн А. П. Проектування нечітких баз знань [Текст] : лабораторний практикум та курсове проектування : [навчальний посібник] / А. П. Ротштейн, С. Д. Штовба - Вінниця : ВДТУ, 1999. – 65 с.
9. Shushura O.M. Infological modeling of information systems subject industries in solving of fuzzy control tasks. Зв'язок. 2018. № 2. С. 53–56.
10. Технології та системи підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності. Практикум для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» зі спеціальностей 122 Комп'ютерні науки та 126 Інформаційні системи та технології усіх форм навчання [Електронний ресурс] / [упоряд. Єгорова О.В.] ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси: ЧДТУ, 2019 - 90 с.
11. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 341 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Розділ 1. Теоретичні основи нечіткого моделювання та управління

Тема 1.1. Основи теорії нечітких множин

Лекція 1. Аналіз та характеристика підходів до моделювання та управління на основі нечіткої логіки.

Вступ до курсу лекцій. Стохастична та лінгвістична невизначеність. Історія та характеристика застосування нечіткої логіки

Лекція 2. Поняття нечітких множин, операції над ними

Визначення нечіткої множини. Характеристики нечітких множин. Операції над нечіткими множинами. Узагальнення операцій над нечіткими множинами у вигляді t-норми и s-норми (t-конорми). Показник розмитості нечіткої множини.

Лекція 3. Види функцій належності нечітких множин.

Кусково-лінійні функції. Z-образні і S-образні функції. П-подібні функції.

Лекція 4. Способи побудови функцій належності нечітких множин.

Огляд методів побудови функцій належності. Прямі методи побудови функцій належності. Непрямі методи побудови функцій належності. Метод нечіткої кластеризації, метод потенціалів.

Тема 1.2. Нечіткі числа

Лекція 5. Нечіткі числа та операції над ними

Визначення нечіткого числа. Операції над нечіткими числами. Нечіткі числа (L-R) типу, операції над ними. Трикутні та трапецієподібні нечіткі числа, операції над ними.

Тема 1.3. Нечіткі відношення

Лекція 6. Нечіткі відношення.

Основні визначення. Операції над нечіткими відношеннями. Властивості нечітких відношень. Класифікація нечітких відношень, особливості застосування.

Тема 1.4. Нечітка кластеризація

Лекція 7. Нечітка кластеризація

Поняття кластерного аналізу та нечіткої кластеризації. Алгоритми нечіткої кластеризації. Аспекти практичного застосування нечіткої кластеризації.

Тема 1.5. Основи нечіткої логіки

Лекція 8. Нечіткі висловлювання та предикати

Поняття нечіткого висловлювання. Нечіткі логічні операції (визначення, підходи до реалізації). Поняття нечіткого предиката.

Лекція 9. Нечітка та лінгвістична змінні.

Поняття нечіткої змінної, поняття лінгвістичної змінної. Множина термів. Зв'язки лінгвістичних змінних.

Розділ 2. Методологія нечіткого моделювання та управління

Тема 2.1. Концептуальне моделювання предметних галузей задач нечіткого управління

Лекція 10. Підходи до моделювання предметних галузей задач нечіткого управління.

Використання засобів UML. Методологія FAME. Метод О.М. Шушури.

Тема 2.2. Методика нечіткого управління

Лекція 11. Методика нечіткого моделювання та управління.

Основні етапи побудови нечіткої моделі та розробки алгоритму нечіткого управління. Формалізації вхідних та вихідних змінних, формування бази правил, вибір алгоритму нечіткого виведення. Екстраполяція нечітких моделей.

Лекція 12. База правил нечітких продукцій.

Узагальнена структура бази правил нечітких продукцій. Особливості формування (повнота, несуперечливість, надмірність, зв'язність). Вагові коефіцієнти правил. Прямий та обернений нечіткий логічний висновок.

Лекція 13. Основні етапи нечіткого логічного виведення (фазифікація, агрегування, активізація).

Етап фазифікації, особливості розрахунків. Агрегування умов правил нечітких продукцій. Активізація правих частин правил нечітких продукцій.

Лекція 14. Основні етапи нечіткого логічного виведення (акумуляція та дефазифікація)

Акумуляція заключень правил нечітких продукцій. Дефазифікація результату нечіткого логічного виведення, огляд підходів. Особливості програмної реалізації нечіткого логічного виведення.

Лекція 15. Основні алгоритми нечіткого управління

Алгоритми Мамдані, Сугено, Ларсена, Цукамото.

Лекція 16. Інструментальні засоби нечіткого управління.

Огляд можливостей MATLAB Fuzzy Logic Toolbox. Завдання вхідних та вихідних змінних, реалізація алгоритмів нечіткого логічного виведення. Приклади застосування. Модель визначення пріоритету зміни напруги розподільної електричної мережі.

Тема 2.3. Нейро-нечітке моделювання

Лекція 17. Загальна характеристика нейро-нечітких моделей.

Визначення та властивості нейро-нечіткої моделі. Класифікація нейро-нечітких моделей. Огляд особливостей основних типів нейро-нечітких мереж.

Лекція 18. Розробка нейро-нечітких моделей

Методика розробки ефективних нейро-нечітких моделей. Програмні засоби для синтезу нейро-нечітких моделей.

Лабораторні роботи 1-4: виконання та захист завдання №1 “Розробка алгоритмів та програмна реалізація базових операцій для нечітких множин”.

Лабораторні роботи 5-9: виконання та захист завдання №2 “Розробка нечіткої моделі та програмна реалізація алгоритмів нечіткого управління”. Також на лабораторній роботі 9 студенти виконують модульну контрольну роботу.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (66 годин) передбачає підготовку до аудиторних занять, виконання РГР та контрольних заходів.

Розподіл годин СРС: підготовка до екзамену та його складання – 30 годин; підготовка до лекцій: 10,5 годин (приблизно 0,6 години на кожну лекцію, починаючи з другої); підготовка до лабораторних робіт: 13,5 годин (1,5 години на одну лабораторну роботу); виконання РГР – 10 годин; підготовка до МКР – 2 години.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчання за навчальною дисципліною може проводитися, як в аудиторії університету, так і дистанційно засобами Google Meet. У випадку проведення занять дистанційно, зберігається розклад та зміст усіх видів робіт, захист лабораторних робіт та РГР відбувається на відповідній конференції шляхом демонстрації екрана. Здобувачі мають вчасно підключатися до лекцій та лабораторних занять. На лекційних заняттях або під час здачі лабораторних робіт здобувачі мають вимкнути звук телефонів та інших пристроїв.

Відвідування лекційних та лабораторних занять є обов’язковим за винятком поважних причин (хвороби, форс-мажорних обставин).

В разі пропущення занять з поважних причин викладач надає можливість здобувачу виконати усі або деякі завдання лабораторних робіт (винятком є виконання деяких завдань у зв’язку із закінченням навчального процесу).

В разі порушення граничного терміну виконання завдання (deadline) здобувач може отримати зменшену кількість балів від максимальної оцінки за відповідне завдання.

Протягом семестру здобувачі:

- виконують та захищають лабораторні роботи у відповідні терміни,
- пишуть модульну контрольну роботу,
- виконують та захищають розрахунково-графічну роботу,
- повинні пройти два календарних контролі,
- по закінченні навчального процесу складають екзамен.

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

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

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Максимальна кількість балів з кредитного модуля дорівнює 100.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- виконання та захист завдань лабораторних робіт,
- виконання та захист РГР,
- модульну контрольну роботу (МКР).
- складання екзамену.

8.1. Виконання лабораторних робіт

Вагові бали завдань наведено у таблиці.

<i>Види завдань</i>	<i>Внесок до семестрового рейтингу балів</i>
Завдання №1. Розробка алгоритмів та програмна реалізація базових операцій для нечітких множин	20
Завдання №2. Розробка нечіткої моделі та програмна реалізація алгоритмів нечіткого управління	20

Максимальна кількість балів за всі завдання дорівнює 40 балів.

Критерії оцінювання

Підготовка до роботи (у відсотках від максимальної кількості балів за відповідну роботу):

- протокол відповідає вимогам, охайний – 20 %;
- протокол відповідає вимогам, але є чисельні виправлення – 10 %;

Виконання завдання:

- робота виконана повністю і вірно протягом відведеного часу – 50 %;
- робота виконана пізніше зазначеного терміну – 20 %;

Якість захисту роботи:

- здобувач вірно і повністю відповів на запитання – 30 %;
- здобувач при відповіді допустив несуттєві неточності – 20 %;
- здобувач при відповіді на запитання допустив суттєві неточності, але самостійно виправив їх – 10 %.

Якщо оцінка по лабораторній роботі менше 12 балів, вона не зараховується, здобувач має виправити недоліки та захистити її повторно.

8.2. Розрахунково-графічна робота

Розрахунково-графічна робота виконується в межах часу, виділеного для самостійної роботи студента. Розрахунково-графічна робота має назву «Моделювання нелінійних систем на основі методу нечіткого логічного виводу Мамдані», завдання є індивідуальним. Метою розрахунково-графічної роботи є поглиблення знань студентів з застосування методу Мамдані для моделювання нелінійних систем та формування вмінь з розробки відповідного програмного забезпечення.

Максимальний ваговий бал – 10. Для зарахування розрахунково-графічної роботи студент має набрати не менше 60% балів.

8.3. Модульний контроль

Ваговий бал – 10.

Контрольна робота складається з 20 тестових завдань. За кожну вірну відповідь на запитання надається 0.5 балу, сумарна оцінка за модульну контрольну роботу округлюється до цілого числа.

Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни (освітнього компонента) є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю.

8.4. Екзамен

Ваговий бал – 40. Екзамен проводиться в усній формі. На підготовку до відповіді надається 30 хвилин. Екзаменаційний білет складається з трьох питань. Також екзаменатор задає два додаткових питання по змісту навчальної дисципліни.

Система оцінювання питання:

- правильна повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації, помилки відсутні) – 11-12 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 9-10 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації або деякі помилки, які самостійно виправляються студентом) – 7-8 балів;
- незадовільна відповідь – 0 балів.

Оцінювання додаткових питань:

- повна правильна відповідь -2 бали
- неповна правильна відповідь - 1 бал
- неправильна відповідь або її відсутність – 0 балів.

Максимальна сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R = 40 + 10 + 10 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування усіх лабораторних робіт та РГР, а також стартовий рейтинг (R_c) не менше 36% від R , тобто 36 балів.

Сума балів переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали (RD)	Традиційна оцінка
95..100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
RD < 60	Незадовільно
$R_c < 36$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	Не допущений

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор, д.т.н., доцент, Шушура Олексій Миколайович

Ухвалено кафедрою ЦТЕ (протокол № 22 від 25.06.25)

Погоджено методичною комісією НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 27.06.25)

Погоджено науково-методичною комісією КПІ ім. Ігоря Сікорського зі спеціальності F3 «Комп'ютерні науки» (протокол № 4 від 30.06.25)