Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЦТЕ

Кафедра цифрових технологій в енергетиці

# НЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

| Рівень вищої освіти | Другий (магістерський) |
|---|---|
| **Галузь знань** | F Інформаційні технології |
| **Спеціальність** | F3 Комп'ютерні науки |
| **Освітня програма** | Технології візуальних обчислень |
| **Статус дисципліни** | Вибіркова |
| **Форма навчання** | очна(денна) |
| **Рік підготовки, семестр** | 1 курс весняний семестр |
| **Обсяг дисципліни** | 4 кредити (120 год) 30 лек. 14 лаб. 76 СРС |
| **Семестровий контроль/ контрольні заходи** | Залік |
| **Розклад занять** | Науково-педагогічний працівник |
| **Мова викладання** | Українська |
| **Інформація про керівника курсу / викладачів** | Лектор: д.т.н., професор, Шушура Олексій Миколайович, leshu@i.ua, тел. 050-470-15-67<br>Лабораторні: д.т.н., професор, 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 вивчання 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),

*фахові:*

- здатність формалізувати предметну область певного проекту у вигляді відповідної інформаційної моделі (ФК 2),
- здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області (ФК 3),
- здатність застосовувати існуючі і розробляти нові алгоритми розв'язування задач у галузі комп'ютерних наук (ФК 6),

- здатність розробляти програмне забезпечення на основі моделей процесів та систем з використанням нечіткої логіки.

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 та застосовувати математичні методи для аналізу інформаційних моделей (ПРН 7),
- знати основні поняття теорії нечітких множин, нечіткого моделювання і управління,
- вміти розробляти програмне забезпечення для управління та прийняття рішень на основі моделей процесів і систем на засадах нечіткої логіки.

## 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.

**Постреквізити дисципліни.** Отримані при вивченні дисципліни «Нечітке моделювання та управління» знання формують базові знання для вивчення дисциплін, пов'язаних з моделюванням та розробкою програмного забезпечення автоматизованих систем управління та підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності.

## 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. Методика нечіткого управління

Тема 2.2. 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. Нечітка та лінгвістична змінні.

Поняття нечіткого висловлювання. Нечіткі логічні операції (визначення, підходи до реалізації). Поняття нечіткого предиката. Поняття нечіткої змінної, поняття лінгвістичної змінної. Множина термів. Зв'язки лінгвістичних змінних.

Розділ 2. Методологія нечіткого моделювання та управління

Тема 2.1. Методика нечіткого управління

Лекція 9. 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.

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

Використання засобів UML. Методологія FAME. Нечіткість в формалізації недосконалих даних. Метод О.М. Шушури.

Лекція 11. 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 12. Основні етапи нечіткого логічного виведення

Етап фазифікації, особливості розрахунків. Агрегування умов правил нечітких продукцій. Активізація правих частих правил нечітких продукцій. Акумуляція заключень правил нечітких продукцій. Дефазифікація результату нечіткого логічного виведення, огляд підходів. Особливості програмної реалізації нечіткого логічного виведення.

Лекція 13. Основні алгоритми нечіткого управління

Алгоритми Мамдані, Сугено, Ларсена, Цукамото.

Лекція 14. Інструментальні засоби нечіткого управління.

Огляд можливостей MATLAB Fuzzy Logic Toolbox. Завдання вхідних та вихідних змінних, реалізація алгоритмів нечіткого логічного виведення. Приклади застосування.

Тема 2.2. Нейро-нечітке моделювання

Лекція 15. Загальна характеристика нейро-нечітких моделей.

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

Лабораторні роботи 1-4: виконання та захист завдання №1 " Програмування операцій над нечіткими множинами та числами ".

Лабораторні роботи 5-7: виконання та захист завдання №2 " Розробка комп'ютерної моделі на основі нечіткого логічного виведення ". Також на лабораторній роботі 7 студенти виконують модульну контрольну роботу.

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (76 годин) передбачає підготовку до аудиторних занять та контрольних заходів.

Розподіл годин СРС: підготовка до лекцій: 28 годин (2 години на кожну лекцію, починаючи з другої); підготовка до лабораторних робіт: 42 години (3 години на одну лабораторну роботу); підготовка до МКР – 6 годин.

## 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 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 студенти 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,
- повинні пройти два календарні контролі,
- по закінченні навчального процесу складають залік.

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 (РСО)

***Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання***

Максимальна кількість балів з кредитного модуля дорівнює 100.

Поточний рейтинг здобувача з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- виконання та захист завдань лабораторних робіт;
- модульну контрольну роботу (МКР).

**1. <u>Виконання лабораторних робіт</u>**

Вагові бали завдань наведено у таблиці.

| *Види завдань* | *Внесок до семестрового рейтингу балів* |
|---|---|
| Завдання №1. Розробка алгоритмів та програмна реалізація базових операцій для нечітких множин | 30 |
| Завдання №2. Розробка нечіткої моделі та програмна реалізація алгоритмів нечіткого управління | 30 |

Максимальна кількість балів за всі завдання дорівнює 60 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 повністю і протягом відведеного часу, але містить незначні помилки – 40%;
- робота виконана пізніше зазначеного терміну, повністю і вірно – 30 %;
- робота виконана пізніше зазначеного терміну, містить незначні помилки – 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 робота виконана не повністю або містить грубі помилки, або сума набраних балів менше 60%, то здобувач має виправити недоліки та захистити її повторно.

**2. Модульний контроль**

Ваговий бал – 40.

Контрольна робота складається з 20 тестових завдань. За кожну вірну відповідь на запитання надається 2 бали.

Максимальна сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

**R = 60 + 40 = 100 балів.**

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.

**Проведення заліку.**

Для допуску до заліку здобувач має здати всі лабораторні роботи з дисципліни або мати поточний рейтинг не менше 60 балів.

Здобувачі, які виконали умови допуску до заліку та мають поточну рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі проводиться семестровий контроль у вигляді заліку.

Відповідь на заліку оцінюється у 100 балів. Залікова контрольна робота складається з трьох завдань. Також екзаменатор задає два додаткових питання по змісту навчальної дисципліни.

Система оцінювання завдань:

- правильна повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації, помилки відсутні) – 27-30 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 23-27 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації або деякі помилки, які самостійно виправляються здобувачем) – 18-22 бали;
- незадовільна відповідь – 0 балів.

Оцінювання додаткових питань:

- повна правильна відповідь -5 балів
- неповна правильна відповідь – 3-4 бали
- неправильна відповідь або її відсутність – 0 балів.

Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за поточним рейтингом, то попередній рейтинг здобувача скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи.

Таблиця переведення рейтингових балів у оцінку 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 |

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

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

**Ухвалено** кафедрою ЦТЕ (протокол № 22 від 17.06.2026)

**Погоджено** Методичною комісією НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 26.06.2026 р.)