



# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна) / заочна / прискорена</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,0 кредитів / 150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Данілін Олександр Валерійович; e-mail: avdan@ukr.net; тел. +38-067-907-91-19 (09:00 – 18:00) Практичні / Лабораторні: к.т.н., доцент Данілін Олександр Валерійович; e-mail: avdan@ukr.net; тел. +38-067-907-91-19 (10:00 – 18:00)</i>
Розміщення курсу	<i>Доступний на платформі «Сікорський». Код доступу надається викладачем на першому занятті.</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Одним з найцікавіших та найперспективніших напрямів розвитку інтелектуальних систем автоматичного та програмного керування електротехнічними комплексами є використання математичного апарату теорії нечіткої логіки (fuzzy logic) для створення спеціальних пристроїв, що дозволяють досить точно керувати різними технологічними процесами. Сучасні системи автоматичного керування складними електротехнічними комплексами дедалі більше стають інтелектуальними. Вони містять дуже багато різноманітної вхідної інформації, представлення якої в повній мірі є не точним або не повним. Саме для дослідження таких систем широке застосування набула спеціальна технологія, що базується на використанні математичного апарату теорії нечіткої логіки.

Мета вивчення дисципліни – формування у студента теоретичних та практичних навичок дослідження інтелектуальних систем автоматичного керування на основі використання теорії нечіткої логіки за допомогою прикладного програмного забезпечення.

Програмні результати навчання: (ФК17) здатність до розробки засобів, способів і методів науки і техніки, спрямованих на автоматизацію діючих і створення нових автоматизованих та автоматичних технологій і виробництв; (ПРН14) застосовувати методіку інтелектуального керування при дослідженні і проектуванні відповідних комплексів і систем; (ПРН18) Створювати інтелектуально-адаптивні системи автоматизованого керування і контролю технічного стану електромеханічним обладнанням на основі застосування програмовано-логічних контролерів.

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

Навчальна дисципліна «Інтелектуальні системи автоматичного керування» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як: «Фізика», «Вища математика», «Теоретичні основи електротехніки» «Теорія автоматичного керування електротехнічних комплексів та мехатронних систем», «Обчислювальна техніка та програмування» тощо.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Інтелектуальні системи автоматичного керування», є необхідними для кожного фахівця електротехнічного профілю, які вирішують інженерні завдання у сфері електротехніки та при вивченні таких дисциплін: «Електропривод», «Автоматизований електропривод машин і установок», «Моделювання електротехнічних систем» тощо.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Основні положення теорії нечітких множин та нечіткої логіки.**

Тема 1.1. Функції приналежності, характеристики та операції над нечіткими множинами.

Тема 1.2. Нечітка логіка. Висловлювання. Істинність. Логічні операції.

### **Розділ 2. Етапи створення систем нечіткого логічного виведення.**

Тема 2.1. Формування бази нечітких правил. Фаззифікація.

Тема 2.2. Логічне оброблення нечітких даних. Дефаззифікація.

### **Розділ 3. Алгоритми побудови нечітких систем.**

Тема 3.1. Алгоритми Мамдані та Сугено.

Тема 3.2. Алгоритми Ларсена та Цукамото.

### **Розділ 4. Побудова автоматизованих систем fuzzy-керування.**

Тема 4.1. Компоненти систем нечіткого керування.

Тема 4.2. Визначення структури та параметрів fuzzy-регулятора.

### **Розділ 5. Програмні та апаратні засоби реалізації нечітких систем керування.**

Тема 5.1. Пакети прикладних програм.

Тема 5.2. Апаратна реалізація мікроконтролерів.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова**

1. Математичний апарат штучного інтелекту в електроенергетичних системах: підручник / В.В. Кирик. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – 224 с.

2. Ротштейн О.П. Інтелектуальні технології ідентифікації: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі / О.П. Ротштейн. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 320 с.

3. Щерба А.А. Системи з нечіткою логікою регулювання електроенергетичних режимів / А.А. Щерба, В.В. Кирик. – К.: Лазурит – Поліграф, 2011. – 329 с.

4. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем: навч. посіб. / Ю.П. Зайченко. – К.: Вид. дім «Слово», 2004. – 352 с.

### **Допоміжна**

5. Системи фузції-управління / Архангельський В.І., Богаєнко І.Н., Грабовський Г.Г., Рюмшин М.А. – Київ: Техніка, 1997. – 208 с.

6. Zadeh L.A. Fuzzy sets. – Information and Control, vol. 8, 1965, pp. 338 – 353.

7. Mamdani E.H., Assilian S. An experiment in linguistic yn thesis with a fuzzy logic controller. – International Journal of Man-Machine Studies, vol. 7, no. 1, 1975, pp. 1 – 13.

8. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. – IEEE Transactions on Computers, Man, and Cybernetics, vol. 15, no. 1, 1985, pp. 116 – 132.

*Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.*

Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[4]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно-когнітивний та професійно орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться студент – суб'єкт навчання. Методика викладання дисципліни поєднує наочні методи навчання з поясненням. Викладання проводиться у формі лекцій та практичних занять у вигляді комп'ютерного практикуму.

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	<p><b>Назва теми лекції:</b> Вступ до дисципліни. Напрями розвитку технологій штучного інтелекту.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Особливості створення інтелектуальних систем автоматичного керування. Експертні системи. Нечітка логіка. Штучні нейронні мережі та генетичні алгоритми. Переваги та недоліки інтелектуальних систем. Обрання методики відповідно складності об'єкта керування.</p> <p><b>Література:</b> [2, 3].</p>
2	<p><b>Назва теми лекції:</b> Основи теорій нечітких множин та нечіткої логіки.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Історичні аспекти виникнення поняття нечітких множин та нечіткої логіки. Життєвий шлях професора Лотфі А. Заде. Розвиток теорії та практичного використання нечіткої логіки. Приклади застосування технологій нечіткої логіки в системах керування технологічними об'єктами та побутовими приладами.</p> <p><b>Література:</b> [1, 4].</p>
3	<p><b>Назва теми лекції:</b> Нечіткі множини. Поняття лінгвістичної змінної</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Приклади існування нечітких множин. Графічне відображення характеристичних функцій.</p> <p><b>Література:</b> [3, 7].</p>
4	<p><b>Назва теми лекції:</b> Функції приналежності нечітких множин.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Визначення функцій приналежності нечітких множин. Прямі та непрямі методи побудови. Основні геометричні форми функцій приналежності, які вбудовані у систему Matlab. Аналітичні вирази. Кусково-лінійні та згладжені графіки функцій приналежності.</p> <p><b>Література:</b> [2, 5].</p>
5	<p><b>Назва теми лекції:</b> Основні характеристики нечітких множин</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Основні математичні характеристики нечітких множин. Універсум. Носій. Висота. Нормальні та субнормальні нечіткі множини. Границі та точки переходу нечітких множин. Опукла та унімодальна нечітка множина. Графічне відображення основних характеристик.</p> <p><b>Література:</b> [1, 8].</p>

6	<p><b>Назва теми лекції:</b> Математичні операції над нечіткими множинами.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Основні логічні та алгебраїчні операції над нечіткими множинами: перетин, об'єднання, увімкнення, різниця тощо. Фундаментальні властивості нечітких множин: комутативність, асоціативність, дистрибутивність, ідемпотентність тощо.</p> <p><b>Література:</b> [3, 4].</p>
7	<p><b>Назва теми лекції:</b> Нечіткі відношення, числа та інтервали.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Поняття нечіткого відношення. кортежі елементів. Нечіткі величини: числа та інтервали. Нечіткий нуль. Додатні та від'ємні нечіткі числа. Основні алгебраїчні операції над нечіткими числами. Трикутні та трапецієподібні числа та інтервали.</p> <p><b>Література:</b> [5, 7].</p>
8	<p><b>Назва теми лекції:</b> Основи теорії нечіткої логіки.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Основні поняття та визначення. ХИБНІСТЬ та ІСТИНА. Нечіткі висловлювання. Нечітка істинність. Ступені істинності. Логічні операції над нечіткими висловлюваннями: заперечення, кон'юнкція, диз'юнкція, імплікація, еквівалентність.</p> <p><b>Література:</b> [1, 8].</p>
9	<p><b>Назва теми лекції:</b> Основні етапи створення систем нечіткого логічного виведення. Складання бази нечітких правил.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Поняття нечіткого логічного виведення. Етапи та математичний апарат. Формування бази нечітких правил. Композиційне правило нечіткого логічного виведення Лотфі А. Заде.</p> <p><b>Література:</b> [1, 5].</p>
10	<p><b>Назва теми лекції:</b> Основні етапи створення систем нечіткого логічного виведення. Фаззифікація. Агрегування. Активізація. Акумуляування.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Поняття процесу фаззифікації нечітких даних. Логічне оброблення лінгвістичних змінних. Використання логічних операторів. Інференц-оператори fuzzy-системи. Агрегування. Активізація. Акумуляування.</p> <p><b>Література:</b> [2, 3].</p>
11	<p><b>Назва теми лекції:</b> Основні етапи створення систем нечіткого логічного виведення. Дефаззифікація.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Поняття процесу дефаззифікації нечітких даних. Графічне відображення. Методи медіани та центру максимумів. Гравітаційний метод.</p> <p><b>Література:</b> [4, 7].</p>
12	<p><b>Назва теми лекції:</b> Структури основних алгоритмів побудови нечітких систем автоматичного керування. Алгоритм Мамдані</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Основні етапи створення нечіткої системи за допомогою алгоритму Мамдані. Визначення. Математичне обґрунтування. Базові залежності та графічна структура алгоритму. Приклад застосування алгоритму Мамдані для знаходження керуючого сигналу fuzzy-регулятора замкненої системи автоматичного керування.</p> <p><b>Література:</b> [2, 6].</p>
13	<p><b>Назва теми лекції:</b> Структури основних алгоритмів побудови нечітких систем автоматичного керування. Алгоритми Сугено, Ларсена та Цукамото.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Основні етапи створення нечіткої системи за допомогою алгоритмів Сугено, Ларсена та Цукамото. Визначення. Математичне обґрунтування. Базові залежності та графічна структура алгоритмів.</p> <p><b>Література:</b> [1, 5].</p>

14	<p><b>Назва теми лекції:</b> Методика побудови автоматизованих систем fuzzy-керування.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Архітектура систем класичної теорії керування. Недоліки використання традиційних PID-регуляторів. Основні компоненти нечітких систем керування. Загальна структура та приклади реалізації систем fuzzy-керування.</p> <p><b>Література:</b> [3, 4].</p>
15	<p><b>Назва теми лекції:</b> Створення fuzzy-регуляторів для керування автоматизованими процесами. Типова структура нечіткої системи керування.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Схеми побудови систем fuzzy-керування з послідовним та паралельним розташуванням регуляторів. Аналітичний метод побудови fuzzy-регуляторів. Визначення структури та параметрів одноканального fuzzy-регулятора під час керування динамічною системою</p> <p><b>Література:</b> [2, 8].</p>
16	<p><b>Назва теми лекції:</b> Програмні засоби реалізації нечітких систем. Пакет прикладних програм Cubi Calc та середовище інтерактивного моделювання Matlab.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Особливості пакету Cubi Calc. Спеціалізований модуль Fuzzy Logic Toolbox середовища Matlab, який призначений для моделювання нечітких систем. Особливості інтерфейсу користувача. Можливості пакету та основні FIS-редактори системи. Редактор нечіткої системи. Модулі функцій приналежності. Редактор бази нечітких правил та візуалізатори процесу нечіткого логічного виведення.</p> <p><b>Література:</b> [3, 6].</p>
17	<p><b>Назва теми лекції:</b> Програмні засоби реалізації нечітких систем. Комплекс програмно-апаратних засобів fuzzyTECH.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Особливості інтерфейсу та функціональні можливості програмного забезпечення. Головні етапи розроблення fuzzy-проєкту: опис нечіткої системи, off-line та on-line оптимізація, реалізація мікроконтролера.</p> <p><b>Література:</b> [1, 5].</p>
18	<p><b>Назва теми лекції:</b> Нечіткі мікроконтролери. Етапи та стандарти розроблення. Апаратна реалізація.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Інтеграція програмних та апаратних засобів створення нечітких мікроконтролерів. Структура Стандарту ІЕС 1131-7. Мова програмування FCL. Сумісність програм та рівні узгодженості.. Архітектура нечітких мікроконтролерів.</p> <p><b>Література:</b> [2, 4].</p>

### Практичні заняття (комп'ютерний практикум)

Основним завданням циклу практичних занять у вигляді комп'ютерного практикуму є проведення імітаційних експериментів на комп'ютері з метою формування умінь та навичок практичного підтвердження окремих теоретичних положень, оволодіння методикою експериментальних досліджень та обробки отриманих даних.

№ з/п	Назва теми практичних занять та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	<p><b>Назва теми заняття:</b> Знайомство з інтерфейсом інтерактивно-графічного модулю Fuzzy Logic Toolbox середовища Matlab.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Створення, редагування та збереження систем нечіткого логічного виведення за допомогою графічного інтерфейсу редактора FIS-систем.</p> <p><b>Література:</b> [1, 3]</p>

2	<p><b>Назва теми заняття:</b> Знайомство з інтерфейсом інтерактивно-графічного модулю Fuzzy Logic Toolbox середовища Matlab.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Використання редактору нечіткої системи (Fuzzy Logic Designer), редактору функцій приналежності (MF Editor) та редактору бази нечітких правил (Rule Editor).</p> <p><b>Література:</b> [2, 3]</p>
3	<p><b>Назва теми заняття:</b> Інтерактивна візуалізація процесу нечіткого логічного виведення.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Застосування візуалізатору процесу нечіткого логічного виведення (Rule Viewer) та візуалізатору поверхні "входи-вихід" (Surface Viewer).</p> <p><b>Література:</b> [3, 4]</p>
4	<p><b>Назва теми заняття:</b> Реалізація одноканальної системи fuzzy-керування типу Mamdani.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Формування бази нечітких правил. Фаззифікація. Логічне оброблення нечітких даних. Дефаззифікація методом "центру ваги нечітких множин". Відображення та візуалізація поверхні "входи-вихід".</p> <p><b>Література:</b> [2, 6]</p>
5	<p><b>Назва теми заняття:</b> Реалізація одноканальної системи fuzzy-керування типу Sugeno.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Формування бази нечітких правил. Фаззифікація. Логічне оброблення нечітких даних. Дефаззифікація методом "зваженого середнього значення". Відображення та візуалізація поверхні "входи-вихід".</p> <p><b>Література:</b> [1, 8]</p>
6	<p><b>Назва теми заняття:</b> Інтеграція fuzzy-системи у додаток Simulink.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Експорт створеної нечіткої системи до робочої області Workspace, або завантаження у файл. Користування браузером бібліотеки Simulink. Основні блоки нечітких систем. Функціональний блок нечіткого контролера Fuzzy Logic Controller. Забезпечення синхронної роботи блоку та створеної fuzzy-системи.</p> <p><b>Література:</b> [3, 7]</p>
7	<p><b>Назва теми заняття:</b> Робота з модулем Fuzzy Logic Toolbox у режимі командного рядку.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Побудова графіків функцій приналежності. Виконання процесу дефаззифікації. Відображення структури нечіткої моделі у вигляді системних команд. Відображення структури нечіткої моделі у вигляді блок-схеми.</p> <p><b>Література:</b> [3, 5]</p>
8	<p><b>Назва теми заняття:</b> Робота з модулем Fuzzy Logic Toolbox у режимі командного рядку.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Відображення графіків функцій приналежності. Відображення графіку поверхні "входи-вихід". Перетворення системи типу Mamdani у систему типу Sugeno. Заміна форми функцій приналежності еквівалентними. Виконання основних нечітких арифметичних операцій.</p> <p><b>Література:</b> [1, 4]</p>
9	<p><b>Назва теми заняття:</b> Застосування спеціальних Simulink-блоків для побудови fuzzy-систем у середовищі Matlab.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Блок fuzzy-контролера (Fuzzy Logic Controller). Блоки функцій приналежності (Membership Function). Трикутна функція приналежності (Triangular MF). Трапецієподібна функція приналежності (Trapezoidal MF). Z-подібна функція приналежності ( Z-Shaped MF). S-подібна функція приналежності ( S-Shaped MF).</p> <p><b>Література:</b> [1, 4]</p>

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студент згідно навчального плану передбачає 96 годин:  
підготовку до аудиторних занять – 46 год;  
підготовку до модульної контрольної роботи – 10 год;  
виконання РР – 10 год;  
підготовку до екзамену – 30 год.

В якості індивідуального семестрового завдання, згідно навчального плану, студенти виконують розрахункову роботу (РР)

### Завдання розрахунково-графічної роботи

#### Завдання 1. Аналітичне дослідження одноканальної системи fuzzy-керування

*Порядок виконання завдання:*

1. Виконати процес фаззифікації.
2. Виконати процес дефаззифікації системи fuzzy-керування методом "висот" нечітких множин та скласти структурну схему алгоритму функціонування математичної моделі.
3. Виконати процес дефаззифікації системи fuzzy-керування методом "границь та висот" нечітких множин та скласти структурну схему алгоритму функціонування математичної моделі.
4. Виконати процес дефаззифікації системи fuzzy-керування методом "центру ваги" нечітких множин та скласти структурну схему алгоритму функціонування математичної моделі.

#### Завдання 2. Інтерактивне дослідження одноканальної системи fuzzy-керування

*Порядок виконання завдання:*

1. Побудувати графіки заданих функцій приналежності з використанням спеціальних операторів командного рядку системи Matlab.
2. Обчислити значення координат центрів ваги фігур під графіками функцій приналежності.
3. Синтезувати одноканальну систему нечіткого логічного виведення типу Mamdani за допомогою модуля Fuzzy Logic Toolbox.
4. Відобразити структуру створеної системи fuzzy-керування типу Mamdani у вікні команд системи Matlab.
5. Синтезувати одноканальну систему нечіткого логічного виведення типу Sugeno за допомогою модуля Fuzzy Logic Toolbox.
6. Відобразити структуру створеної системи fuzzy-керування типу Sugeno у вікні команд системи Matlab.
7. Інтегрувати створені системи fuzzy-керування у додаток Simulink.
8. Замінити кусково-лінійні функції приналежності та синтезувати еквівалентну систему fuzzy-керування.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Інтелектуальні системи автоматичного керування» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до комп'ютерного практикуму; варіанти модульної контрольної роботи; методичні рекомендації до виконання комп'ютерного практикуму та розрахунково-графічної роботи; перелік теоретичних питань та практичних задач до іспиту розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Інтелектуальні системи автоматичного керування» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки,



зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Інтелектуальні системи автоматичного керування» на платформі «Сікорський».

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

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

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 50 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- дві відповіді на 9 практичних заняттях (із розрахунку, що на кожному практичному занятті у середньому оцінюються 5 студентів (при чисельності групи 20 осіб –  $9 \times 5 / 20 \approx 2$  відп.);
- дві контрольні роботи (одна модульна контрольна робота поділяється на дві контрольні роботи тривалістю по одній академічній годині);
- виконання розрахунково-графічної роботи;

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Робота на практичних заняттях:

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює:  
 $5 \text{ балів} \times 2 \text{ відп.} = 10 \text{ балів.}$

Критерії оцінки відповіді на практичних заняттях	бали
Повна вичерпна відповідь	5
Правильна відповідь з деякими недоліками	3
Неповна відповідь із суттєвими недоліками	2
Досить слабка, або не вірна відповідь	0

2.2. Модульний контроль

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів за 2 одногодинні модульні контрольні роботи (МКР) дорівнює:  $5 \text{ балів} \times 2 \text{ МКР} = 10 \text{ балів.}$

Критерії оцінки виконання МКР	бали
повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації)	5
достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями	3
неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки	2
незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно»)	0

2.3. Розрахункова робота

Ваговий бал – 20. Максимальна кількість балів за всі критерії виконання і захисту РР дорівнює 20 балів

Критерії оцінки виконання і захисту РР	бали
виконано всі вимоги до роботи	24...30
виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки	15...23
є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки	7...14
робота не відповідає встановленим вимогам	0...6



За участь у Всеукраїнській олімпіаді (конкурсі наукових робіт) студенту нараховується 5 (I тур) або 10 (II тур) балів. За написання статті та її публікацію студенту нараховується 10 балів (видання, що входить до Scopus або Web of Science) або 6 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 3 бали. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

**Семестровий контроль:** Екзамен.

Розмір шкали рейтингу:  $R = R_C + R_E = 50 + 50 = 100$  балів.

Розмір стартової шкали:  $R_C = 10 + 10 + 30 = 50$  балів.

Розмір екзаменаційної шкали:  $R_E = 50$  балів (50 % від  $R$ ).

Максимальна сума вагових балів всіх контрольних заходів протягом семестру складає  $R_S = 10 + 10 + 30 + 50 = 100$  балів.

Умови допуску до екзамену: виконання всіх завдань комп'ютерного практикуму та РР, а також попередня рейтингова оцінка з кредитного модуля має бути  $r_C \geq 25$  балів (не менше 50 % від  $R_C$ ).

Завдання екзаменаційної роботи виконується письмово і складається з одного теоретичного запитання та одної практичної задачі. Перелік питань наведений у цьому силабусі. Теоретичне питання оцінюється у 20 балів, а задача – 30 балів.

<b>Система оцінювання теоретичного питання</b>	<b>бали</b>
«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)	16...20
«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності)	10...15
«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки)	6...9
«незадовільно», незадовільна відповідь	0...5

<b>Система оцінювання практичних запитань (задачі)</b>	<b>бали</b>
«відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання	25...30
«добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями	18...24
«задовільно», завдання виконане з певними недоліками	9...17
«незадовільно», завдання не виконано	0...8

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

<b>Рейтингові бали</b>	<b>Оцінка за університетською шкалою</b>
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
Менше 60	незадовільно
Невиконання умов допуску до екзамену	не допущено

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу. Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача, на платформі Coursera або Udey. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

### ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ ПИТАННЯ З КУРСУ:

1. Розкрити основні напрями розвитку штучного інтелекту та області використання сучасних інтелектуальних технологій.
2. Викласти основні історичні етапи розвитку теорії нечіткої логіки.
3. Сформулювати поняття та навести приклади нечітких множин.
4. Розкрити основні методи визначення функцій приналежності нечітких множин та відобразити графічно з аналітичною залежністю декілька прикладів.
5. Визначити основні характеристики нечітких множин.
6. Викласти основні логічні операції над нечіткими множинами.
7. Викласти основні алгебраїчні операції над нечіткими множинами.
8. Розкрити сутність нечітких відношень, чисел та інтервалів, а також викласти основні математичні операції над ними.
9. Розкрити основні поняття нечіткої логіки: нечіткі висловлювання та нечітка істинність.
10. Викласти основні логічні операції над нечіткими висловлюваннями.
11. Розкрити основні етапи створення систем нечіткого логічного виведення.
12. Викласти сутність процесу формування бази нечітких правил.
13. Викласти сутність процесу фаззифікації.
14. Викласти сутність процесу логічного оброблення нечітких даних.
15. Викласти сутність процесу дефаззифікації. Метод медіани та метод центру максимумів.
16. Викласти сутність процесу дефаззифікації. Гравітаційний метод.
17. Розкрити етапи та структуру алгоритму побудови нечітких систем типу Мамдані.
18. Навести приклад застосування алгоритму Мамдані. Формування бази нечітких правил. Фаззифікація. Агрегування.
19. Навести приклад застосування алгоритму Мамдані. Активізація. Акумуляція. Дефаззифікація.
20. Розкрити етапи та структуру алгоритму побудови нечітких систем типу Сугено.
21. Розкрити етапи та структуру алгоритму побудови нечітких систем типу Ларсена.
22. Розкрити етапи та структуру алгоритму побудови нечітких систем типу Цукамото.
23. Розкрити методику побудови автоматизованих систем fuzzy-керування. Архітектура систем класичної теорії керування.
24. Розкрити методику побудови автоматизованих систем fuzzy-керування. Основні компоненти систем fuzzy-керування.

25. Викласти методику синтезу fuzzy-регуляторів. Аналітичний метод
26. Визначити структуру і параметри fuzzy-регулятора в системі керування динамічним об'єктом.
27. Навести основні програмні засоби реалізації нечітких систем. Пакет Cubi Calc. Інтерактивне середовище Matlab. Комплекс засобів fuzzyTECH.
28. Розкрити основні етапи проєкту нечіткої системи fuzzyTECH.
29. Розкрити умови та можливості створення нечітких мікроконтролерів. Основні елементи мови програмування.
30. Розкрити умови та можливості створення нечітких мікроконтролерів. Апаратна реалізація.

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

**Складено:** доцент кафедри АЕМК, к.т.н., доцент **Данілін Олександр Валерійович**

**Ухвалено:** кафедрою АЕМК (протокол № 17 від 31.05.2023 р.)

**Погоджено:** Методичною комісією НН ІЕЕ (протокол № 9 від 22.06.2023 р.)