

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра інтелектуальних інформаційних систем

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

Котляр Ю.В.

“26” 08 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

FUZZY MODELS AND METHODS FOR COMPUTATIONAL INTELLIGENCE

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

Розробники

В.о. завідувача кафедри

Гарант освітньої програми

Декан факультету

Начальник НМВ

Кондратенко Ю.П.

Сіденко Є.В.

Сіденко Є.В.

Гожий О.П.

Бойко А.П.

Шкірчак С.І.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Характеристика дисципліни	
Найменування дисципліни	Fuzzy models and methods for computational intelligence	
Шифр курсу в освітній програмі	ПП4	
Галузь знань	12 Інформаційні технології	
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки	
Спеціалізація (якщо є)	-	
Освітня програма	Інтелектуальні інформаційні системи	
Рівень вищої освіти	Магістр	
Статус дисципліни	Нормативна	
Курс навчання	2 курс	
Навчальний рік	2022-2023	
Номер(и) семестрів (триместрів):	Денна форма	Заочна форма
	1 сем.	
Загальна кількість кредитів ЄКТС/годин	5 кредитів / 150 годин	
Структура курсу: – лекції – семінарські заняття (практичні, лабораторні, півгрупові) – годин самостійної роботи студентів	Денна форма	Заочна форма
	150=	
	30	
	40	
	80	
Відсоток аудиторного навантаження	47%	
Мова викладання	українська	
Форма проміжного контролю (якщо є)	-	
Форма підсумкового контролю	Іспит	

2. Мета, завдання та результати вивчення дисципліни

Мета викладання навчальної дисципліни «Fuzzy models and methods for computational intelligence» полягає в навчанні студентів використанню моделей і методів, що базуються на засадах теорії нечітких множин та нечіткої логіки, а також розробці і синтезу відповідних моделей засобами інтелектуальної обробки інформації. Оволодіння матеріалом курсу має закласти у студентів теоретичну базу в області нечіткої логіки та штучному інтелекті і сформувати у них основні навички користувачів і розробників сучасних нечітких інтелектуальних систем. Також метою навчання є оволодіння студентами теоретичними основами та методами, на яких базуються процеси проектування систем управління, підготовки і прийняття рішень (СППР) та експертних систем в умовах невизначеності.

Завданням є вивчення та засвоєння студентами основних принципів та особливостей побудови моделей інтелектуальних систем засобами нечіткої логіки та експертних знань, здобути навички дослідження і проектування систем на основі теорії нечітких множин і нечіткої логіки. Основними завданнями вивчення дисципліни “Fuzzy models and methods for computational intelligence” є вивчення студентами основних особливостей, принципів побудови, методів дослідження і синтезу систем на основі нечіткої логіки, а також здобуття необхідних умінь і навичок для практичного використання теоретичних знань при розв’язанні задач проектування і налагодження відповідних СППР при їх функціонуванні в умовах невизначеності.

Передумовами вивчення дисципліни є попередня підготовка студентів з дисциплін «Нейромережеві технології обчислювального інтелекту», «Проектування інтелектуальних СППР», «Методи та системи машинного навчання».

Очікувані результати навчання (компетентності):

Загальні компетентності:

- ЗК4. Здатність спілкуватися іноземною мовою;

Фахові компетентності:

- СК6. Здатність застосовувати існуючі і розробляти нові алгоритми розв'язування задач у галузі комп'ютерних наук;
- СК8. Здатність розробляти і реалізовувати проекти 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 проектом;
- СК12. Здатність розробляти елементи програмного забезпечення для реалізації інтелектуальних технологій, а саме нейронних мереж, методів нечіткої логіки, еволюційних методів обчислень, біоінспірованих методів в інтелектуальних системах;
- СК13. Здатність розробляти та реалізовувати проекти з інтелектуальних систем в тому числі за допомогою методів машинного і глибокого навчання, імітаційних моделей, застосовуючи нові інструментальні засоби розробки, сучасні бібліотеки мов програмування та сучасні візуальні технології;

Програмні результати навчання:

- РН1. 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;
- РН8. Розробляти математичні моделі та методи аналізу даних (включно з великим);
- РН10. Проектувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення;
- РН20. Розробляти та застосовувати елементи програмного забезпечення для реалізації інтелектуальних технологій, а саме нейронних мереж, методів нечіткої логіки, еволюційних методів обчислень, біоінспірованих методів в інтелектуальних системах;
- РН21. Розробляти та реалізовувати проекти на основі інтелектуальних компонентів в тому числі за допомогою методів машинного і глибокого навчання, імітаційних моделей, застосовуючи нові інструментальні засоби розробки, сучасні бібліотеки мов програмування та сучасні візуальні технології.

В результаті вивчення дисципліни студент

має знати:

– лінгвістичну апроксимація на основі нечітких моделей, поняття та особливості лінгвістичних змінних, лінгвістичні терми та їх зв'язок з функціями належності (ФН), прямі та інверсні моделі різних типів ФН (трикутна, трапецієвидна, Гаусівська, Лапласівська, сигмоїдна, гармонічна, поліноміальна);

– типи логічного висновку: дискретний та неперервний, методи формування антецедентів та консеквентів в нечітких моделях;

– фазифікацію кількісних та якісних вхідних даних на ЛТ, принципи агрегації антецедентів та акумуляції консеквентів нечітких правил в СНЛВ дискретного типу, методи формування консолідованих висновків в дискретних нечітких моделях;

- обчислювальні оператори Т- та S-норм в нечітких моделях та їх основні властивості;
- градієнтні, еволюційні та мультиагентні алгоритми оптимізації в нечітких моделях систем управління та прийняття рішень;
- методи обчислювального інтелекту для задач прогнозування та багатокритеріального прийняття рішень: DELPHI, FAHP, TOPSIS, VIKOR, DEMATEL;

має вміти:

- формувати лінгвістичні змінні та терми, нечіткі продукційні правила та їх компоненти, розробляти системи нечіткого логічного висновку (СНЛВ) з дискретним та неперервним виведенням Мамдані-типу;
- застосовувати алгоритми дефаззифікації в неперервних нечітких моделях та здійснювати їх порівняльний аналіз, здійснювати аналіз та групування вхідних сигналів СНЛВ за спільними ознаками і властивостями, формування та порівняльний аналіз альтернативних нечітких моделей з ієрархічною структурою;
- проводити налагодження та оптимізацію нечітких моделей на основі експериментальних даних, здійснювати структурну та параметричну оптимізацію нечітких моделей;
- використовувати градієнтні, еволюційні та мультиагентні алгоритми оптимізації в нечітких моделях, нейронні мережі та нейро-нечіткі моделі в задач обчислювального інтелекту;
- проєктувати нечіткі моделі і системи в обчислювальному середовищі MatLab і FuzzyTech.

3. Програма навчальної дисципліни

Денна форма:

	Теми	Лекції	Практичні (семінарські, лабораторні, півгрупові)	Самостійна робота
1	Topic 1. Concepts and types of fuzzy models. Linguistic and analytical-linguistic approximation based on fuzzy models.	2	2	3
2	Topic 2. Linguistic variables and linguistic terms (LT). Membership functions for LT's representation.	2	4	3
3	Topic 3. Fuzzy inference system (FIS) with discrete inference. The structure of production rules in fuzzy models: antecedents and consequences.	2	2	5
4	Topic 4. Fuzzy knowledge base, knowledge matrix. Fuzzy logical equations.	2	4	5
5	Topic 5. Fuzzification of input data on LTs. Methods of forming consolidated conclusions in discrete fuzzy models.	2	2	5
6	Topic 6. Mamdani-type FIS with continuous output and its main	2	4	4

	components: fuzzification, aggregation, activation, accumulation and defuzzification.			
7	Topic 7. Defuzzification algorithms in continuous fuzzy models and their comparative analysis.	2	4	5
8	Topic 8. Computational T-norms operators and their main properties. Non-parameterized and parameterized operators for the AND aggregation operation in fuzzy models.	2	4	6
9	Topic 9. Computational S-norm operators in fuzzy models and their main properties. Non-parameterized and parameterized operators for OR aggregation operation.	2	4	4
10	Topic 10. Algorithmic support of hierarchical fuzzy models. Alternative hierarchical structures.	2	2	8
11	Topic 11. Structural-parametric optimization of fuzzy models based on computational intelligence algorithms.	2	-	5
12	Topic 12. Gradient, evolutionary and multi-agent optimization algorithms in fuzzy models of control and decision-making systems.	2	-	5
13	Topic 13. Neural networks as a toolkit of computational intelligence. Neuro-fuzzy models. Comparative analysis of different types of FISs: Mamdani, Sugeno, Tsukamoto, Larsen, Gödel.	2	2	7
14	Topic 14. Methods of computational intelligence for forecasting and multicriteria decision-making tasks: DELPHI, FAHP, TOPSIS, VIKOR, DEMATEL.	2	4	9
15	Topic 15. Successful examples of implementation of fuzzy models in management and decision-making systems. MatLab and FuzzyTech computing environments for designing fuzzy models and systems.	2	2	6
	Всего за курсом	30	40	80

4. Зміст навчальної дисципліни

4.1. План лекцій (денна форма)

№	Тема заняття / план	Кількість годин
1	Topic 1. Concepts and types of fuzzy models. Linguistic and analytical-linguistic approximation based on fuzzy models. 1) Introduction to uncertainty and fuzzy data processing: transformation of Big Data to fuzzy numbers. 2) Concepts and types of fuzzy models. 3) Linguistic and analytical-linguistic approximation based on fuzzy models. 4) Representation of real-time series and high-frequency data by triangular, trapezoidal and other fuzzy numbers. 5) Fuzzy data processing using fuzzy inference engine.	2
2	Topic 2. Linguistic variables and linguistic terms (LT). Membership functions for LT's representation. 1) Idea of fuzzy sets. Membership functions. Linguistic terms.. 2) Difference between fuzzy numbers and linguistic values. 3) Types, characteristics and models of membership functions of fuzzy sets. 4) Piecewise-linear membership functions. 5) Non-linear membership functions of fuzzy sets and their models and characteristics	2
3	Topic 3. Fuzzy inference system (FIS) with discrete inference. The structure of production rules in fuzzy models: antecedents and consequences. 1) Fuzzy inference engine with discrete output. 2) Main components of fuzzy inference engines with discrete output. 3) Antecedents and consequents of fuzzy rules. 4) Types of input data.	2
4	Topic 4. Fuzzy knowledge base, knowledge matrix. Fuzzy logical equations. 1) The structure of fuzzy rules. 2) Fuzzy logical equations. 3) Structure of the intelligent rule base of fuzzy systems. 4) Main properties of Rule Base.	2
5	Topic 5. Fuzzification of input data on LTs. Methods of forming consolidated conclusions in discrete fuzzy models. 1) Fuzzification of the input data. 2) Fuzzy data processing based on fuzzification, aggregation, implication, activation and accumulation algorithms in fuzzy systems with discrete output. 3) Methods for output signal formation in fuzzy systems with discrete output.	2
6	Topic 6. Mamdani-type FIS with continuous output and its main components: fuzzification, aggregation, activation, accumulation and defuzzification. 1) The model of fuzzy system with continuous output. 2) Fuzzy data processing based on fuzzification, aggregation, implication, activation, accumulation and defuzzification algorithms in fuzzy systems with continuous. 3) Introduction to fuzzy programming environment in MATLAB. 4) Design of Mamdani-type fuzzy systems using Fuzzy Toolbox in MATLAB.	2

7	Topic 7. Defuzzification algorithms in continuous fuzzy models and their comparative analysis. 1) Defuzzification algorithms in fuzzy data processing. 2) Middle of Maxima (MM). 3) First of Maxima (FM). 4) Last of Maxima (LM). 5) Center of Gravity (CG). 6) Center of Sums (CS). 7) Bisector. 8) Height (H).	2
8	Topic 8. Computational T-norms operators and their main properties. Non-parameterized and parameterized operators for the AND aggregation operation in fuzzy models. 1) Introduction to fuzzy mathematics. 2) Intersection operation (logic product) for fuzzy numbers. 3) Properties of T-modelling for t-norm operators. 4) Non-parameterized operators of t-norm. 5) Comparative analysis of t-norm's non-parameterized operators.	2
9	Topic 9. Computational S-norm operators in fuzzy models and their main properties. Non-parameterized and parameterized operators for OR aggregation operation. 1) Union (logic addition) of fuzzy numbers. 2) Properties of union for fuzzy numbers. 3) Non-parameterized operators of s-norm. 4) Parameterized operators of s-norm. Comparative analysis.	2
10	Topic 10. Algorithmic support of hierarchical fuzzy models. Alternative hierarchical structures. 1) Introduction to programming and fuzzy data processing in FuzzyTech. 2) Introduction to hierarchical structure of fuzzy systems. 3) Fuzzy data processing based on hierarchical structure of fuzzy systems. 4) Peculiarities and differences between implementation of hierarchical fuzzy data processing in FUZZYTech and MATLAB.	2
11	Topic 11. Structural-parametric optimization of fuzzy models based on computational intelligence algorithms. 1) Structural optimization of fuzzy systems (signal processing, control and decision making systems). 2) Parametrical optimization of fuzzy systems. 3) Main stages of fuzzy systems design and optimization. 4) Reduction of fuzzy rule base. 5) Methods of automatic generation and optimization of fuzzy rule base.	2
12	Topic 12. Gradient, evolutionary and multi-agent optimization algorithms in fuzzy models of control and decision-making systems. 1) Optimization methods in computational intelligence problems. 2) Genetic Algorithm (GA). 3) Artificial Immune Systems (AIS). 4) Biogeography-Based Optimization (BBO). 5) Gradient optimization algorithms.	2
13	Topic 13. Neural networks as a toolkit of computational intelligence. Neuro-fuzzy models. Comparative analysis of different types of FISs: Mamdani, Sugeno, Tsukamoto, Larsen, Gödel. 1) Neuro-fuzzy models. 2) The role of fuzzy modelling in fuzzy data processing.	2

	3) Takagi-Sugeno models in fuzzy data processing. Tsukamoto Models. 4) Larsen Models in fuzzy data processing. 5) Goedel Models in fuzzy data processing. 6) Design of Sugeno's fuzzy systems using Fuzzy ToolBox (MATLAB).	
14	Topic 14. Methods of computational intelligence for forecasting and multicriteria decision-making tasks: DELPHI, FAHP, TOPSIS, VIKOR, DEMATEL. 1) Fuzzy Delphi method. 2) Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) and its peculiarities in fuzzy data processing. 3) Fuzzy VIKOR method for multi-criteria optimization. 4) Fuzzy data processing using Fuzzy DEMATEL method. 5) Fuzzy TOPSIS method for solving multi-criteria problems with uncertain input data.	2
15	Topic 15. Successful examples of implementation of fuzzy models in management and decision-making systems. MatLab and FuzzyTech computing environments for designing fuzzy models and systems. 1) Fuzzy data processing in fuzzy systems with discrete and continuous outputs. 2) Successful examples of fuzzy data processing based on fuzzy systems implementation for solving different real-world problem. 3) Fuzzy data processing in fuzzy system for medical diagnostics of the coronary artery disease. 4) Example of fuzzy sets applications in transport logistics. 5) Example of Fuzzy DSS for evaluation of diploma and research projects. 6) Fuzzy data processing in fuzzy classification.	2
	Всього	30

4.2. План практичних (семінарських, лабораторних, півгрупових) занять

№	Тема заняття / план	Кількість годин
1	Ознайомлення з обчислювальним середовищем FuzzyTech для проектування нечітких СППР. Частина 1. 1) Основні функції в середовищі FuzzyTech. 2) Інструменти та способи проектування нечітких систем підтримки прийняття рішень (СППР) в середовищі FuzzyTech.	2
2	Ознайомлення з обчислювальним середовищем FuzzyTech для проектування нечітких СППР. Частина 2. 1) Структура демонстраційних проєктів нечітких систем. 2) Моделювання та тестування в середовищі FuzzyTech.	2
3	Вибір лінгвістичних змінних та синтез баз знань нечітких СППР. Частина 1. 1) Постановка задачі та визначення лінгвістичних змінних. 2) Опис лінгвістичних змінних лінгвістичними термами.	2
4	Вибір лінгвістичних змінних та синтез баз знань нечітких СППР. Частина 2. 1) Формування бази правил. 2) Синтез та наліз бази знань засобами FuzzyTech.	2
5	Графічні засоби візуалізації та аналізу результатів в нечітких СППР. Частина 1.	2

	1) Режим відладки проекту. 2) Масштабування проекту та аналіз чутливості системи до зміни значень вхідних координат.	
6	Графічні засоби візуалізації та аналізу результатів в нечітких СППР. Частина 2. 1) Аналізатор блоку правил. 2) Двовимірні та тривимірні поверхні СНЛВ. 3) Аналіз тимчасових графіків.	4
7	Проектування нечітких ієрархічно-організованих СППР. Майстер нечіткого проекту. Частина 1. 1) Постановка задачі. 2) Визначення лінгвістичних змінних та термів. 3) Ієрархічна структуризація змінних.	2
8	Проектування нечітких ієрархічно-організованих СППР. Майстер нечіткого проекту. Частина 2. 1) Синтез баз правих в кожній підсистемі. 2) Аналіз та візуалізація результатів.	4
9	Дослідження впливу методів дефазифікації на точність нечіткої моделі СППР. Частина 1. 1) Розробка ієрархічної нечіткої СППР. 2) Оцінка за методом CoM	2
10	Дослідження впливу методів дефазифікації на точність нечіткої моделі СППР. Частина 2. 1) Оцінка за методом MoM. 2) Оцінка за методом Fast CoA. 3) Сумарне середньо-модульне відхилення.	4
11	Порівняння методів агрегації нечітких ієрархічних СППР в середовищі FuzzyTech. Частина 1. 1) Непараметричні оператори t- та s-норм. 2) Оцінка за методом Min/Max.	2
12	Порівняння методів агрегації нечітких ієрархічних СППР в середовищі FuzzyTech. Частина 2. 1) Оцінка за методом Min/BSum. 2) Оцінка за методом Prod/Max. 3) Оцінка за методом Prod/BSum.	4
13	Application of the Fuzzy Analytical Hierarchy Process for computational intelligence. Частина 1. 1) Problem statement. 2) The pair wise comparison of the criteria (Step 1).	2
14	Application of the Fuzzy Analytical Hierarchy Process for computational intelligence. Частина 2. 1) Calculate the geometric mean (Step 2). 2) Calculate the vector summation (Step 3a). 3) Calculate the inversion vector (Step 3b). 4) Calculate the fuzzy weights for each criterion (Step 3c).	4
15	Application of the Fuzzy Analytical Hierarchy Process for computational intelligence. Частина 3. 1) Defuzzificate the fuzzy weights for each criterion by Centre of area method (Step 4). 2) Normalize weights. 3) Determining weights of alternatives with respect to criteria. 4) Resulting scores of each alternative.	2

	5) To make a comparative analysis and conclusion.	
	Всього	40

4.3. Завдання для самостійної роботи (денна форма)

№	Тема для самостійного опрацювання	Кількість годин
1	Особливості аналітико-лінгвістичної апроксимації	3
2	Вплив параметрів ФН на їх представлення	3
3	Нечіткі продукційні правила та їх компоненти. Залежність числа правил від числа вхідних параметрів	5
4	Нечітка база знань та способи її формування. Повнота нечіткої моделі. Несуперечливість та зв'язність бази правил	5
5	Етапи фазифікації кількісних та якісних вхідних даних на ЛТ	5
6	Особливості проєктування СНЛВ з неперервним виведенням Мамдані-типу	4
7	Методи дефазифікації: метод центра сум	5
8	Особливості застосування операторів t-норми	6
9	Особливості застосування операторів s-норми	4
10	Підходи до групування вхідних сигналів СНЛВ. Виявлення суттєвих і несуттєвих входів моделі	8
11	Методи оптимізації нечітких моделей	5
12	Нечіткі мультимоделі	5
13	Нечітка класифікація	7
14	Особливості застосування нечітких методів VIKOR, DEMATEL	9
15	Нечіткі моделі і системи в задачах прогнозування	6
	Всього	80

Методичні рекомендації щодо виконання практичних робіт знаходяться в Moodle3.

4.4. Забезпечення освітнього процесу

Лабораторні роботи з дисципліни проводяться у комп'ютерних класах з використанням програмного забезпечення FuzzyTECH, MatLAB Trial Version, Microsoft Visual Studio, Java SE.

5. Підсумковий контроль

5.1. Денна форма

Перелік питань підсумкового контролю:

1. Основні визначення та поняття.
2. Види нечітких моделей.
3. Лінгвістична апроксимація на основі нечітких моделей.
4. Аналітико-лінгвістична апроксимація.
5. Поняття та особливості лінгвістичних змінних.
6. Лінгвістичні терми та їх зв'язок з ФН. Приклади формування лінгвістичних змінних та термів.
7. Полігон кусочно-лінійних ФН.
8. Прямі та інверсні моделі різних типів ФН (трикутна, трапецієвидна, Гаусівська, Лапласівська, сигмоїдна, гармонічна, поліноміальна).

9. Типи логічного висновку: дискретний та неперервний. Системи нечіткого логічного висновку (СНЛВ).
10. СНЛВ з дискретним виведенням Мамдані-типу.
11. Нечіткі продукційні правила та їх компоненти.
12. Методи формування антецедентів та консеквентів в нечітких моделях.
13. Нечітка база знань та способи її формування.
14. Перехід від бази знань до матриці знань.
15. Формування нечітких логічних рівнянь.
16. Фаззифікація кількісних та якісних вхідних даних на ЛТ.
17. Принципи агрегації антецедентів та акумуляції консеквентів нечітких правил в СНЛВ дискретного типу.
18. Методи формування консолідованих висновків в дискретних нечітких моделях.
19. Структура СНЛВ з неперервним виведенням.
20. СНЛВ з неперервним виведенням Мамдані-типу.
21. Характеристика та аналіз основних компонентів НЛВ Мамдані-типу: фаззифікація, агрегація, активізація, акумуляція та дефаззифікація.
22. Метод висот.
23. Метод центру ваги (центроїд).
24. Метод центра площ (бісектор).
25. Методи лівого, середнього та правого максимумів.
26. Порівняльний аналіз методів дефаззифікації та їх вплив на точність нечітких моделей.
27. Основні властивості операторів Т-норми.
28. Параметричні оператори Т-норми.
29. Непараметричні оператори Т-норми.
30. Параметричні оператори AND на основі середнього (арифметичного, геометричного, гармонічного).
31. Основні властивості операторів S-норми.
32. Параметричні оператори S-норми.
33. Непараметричні оператори S-норми.
34. Параметричні оператори OR на основі середнього (арифметичного, геометричного, гармонічного).
35. Аналіз та групування вхідних сигналів СНЛВ за спільними ознаками і властивостями.
36. Ієрархічна структура багатовходових СНЛВ.
37. Структура баз правил та НЛВ в ієрархічних СНЛВ.
38. Формування та порівняльний аналіз альтернативних нечітких моделей з ієрархічною структурою.
39. Налаштування та оптимізація нечітких моделей на основі експериментальних даних.
40. Структурна оптимізація нечітких моделей.
41. Параметрична оптимізація нечітких моделей.
42. Градієнтні алгоритми оптимізації для налаштування нечітких моделей.
43. Еволюційні алгоритми оптимізації в нечітких моделях.
44. Мультиагентні алгоритми структурно-параметричної оптимізації нечітких моделей.
45. Особливості застосування нейронних мереж в задач обчислювального інтелекту.
46. Структура нейро-нечітких моделей.
47. Порівняльний аналіз різних типів СНЛВ: Мамдані, Сугено, Цукамото, Ларсена, Гьоделя.
48. Загальна характеристика і основні властивості методу DELPHI.
49. Нечіткий метод DELPHI для задач довгострокового прогнозування.
50. Порівняльний аналіз нечітких методів багатокритеріального прийняття рішень: DELPHI, FANP, TOPSIS, VIKOR, DEMATEL.

51. Аналіз успішних областей і прикладів застосування нечітких моделей в системах управління та прийняття рішень.
52. Нечіткі системи для медичної діагностики.
53. Нечіткі системи для задач транспортної логістики.
54. Нечіткі системи для оцінювання наукових та кваліфікаційних проєктів.
55. Особливості проектування нечітких моделей і систем в обчислювальному середовищі MatLab.
56. Особливості проектування нечітких моделей і систем в обчислювальному середовищі FuzzyTech.

Типова задача для розв'язування:

1. Дано: $\mu_A(x) = 0,6$; $\mu_B(x) = 0,2$; $\mu_C(x) = 0,4$. Реалізувати операцію AND ($\wedge$) з використанням непараметризованих операторів t-норми.

Варіант залікового/іспитового білету з зазначенням максимальної кількості балів за кожне виконане завдання:

1. Основні визначення та поняття. (10 балів)
2. Структурна оптимізація нечітких моделей. (10 балів)
3. Дано: $\mu_A(x) = 0,6$; $\mu_B(x) = 0,2$; $\mu_C(x) = 0,4$. Реалізувати операцію AND ($\wedge$) з використанням непараметризованих операторів t-норми. (20 балів)

6. Критерії оцінювання та засоби діагностики результатів навчання

6.1. Денна форма

№	Вид діяльності (завдання)	Максимальна кількість балів
1	Практична робота №1. Частина 1	4
2	Практична робота №1. Частина 2	4
3	Практична робота №2. Частина 1	4
4	Практична робота №2. Частина 2	4
5	Практична робота №3. Частина 1	4
6	Практична робота №3. Частина 2	4
7	Практична робота №4. Частина 1	4
8	Практична робота №4. Частина 2	5
9	Практична робота №5. Частина 1	4
10	Практична робота №5. Частина 2	5
11	Практична робота №6. Частина 1	4
12	Практична робота №6. Частина 2	5
13	Практична робота №7. Частина 1	3
14	Практична робота №7. Частина 2	3
15	Практична робота №7. Частина 3	3
16	Разом за семестр	60
17	Іспит	40
	Всього	100

Критерії оцінювання завдань для досягнення максимальної кількості балів

Максимальна кількість балів (відповідно до попередньої таблиці) – студент з високою якістю самостійно виконав весь обсяг робіт, відповідає на всі питання, пов'язані з виконаними роботами, та робить додаткові розрахунки, які йому пропонує викладач. У викладача немає претензій щодо реалізації систем нечіткого логічного висновку або нечітких методів обчислювального інтелекту та вимог до виконання роботи.

3-4 бали - студент з достатньою якістю виконав всі завдання, але в процесі роботи він робив деякі помилки, які, після вказування на них викладачем, самостійно виправляв. На деякі питання він відповідає з похибкою. Запропоновані викладачем додаткові розрахунки робить з деякою потугою. Не всі вимоги до виконання роботи дотримані.

1-2 бали - студент самостійно виконав всі роботи, але якість реалізації недостатня (помилки при розрахунках, не всі вимоги до роботи дотримані). На питання щодо виконання робіт відповіді не зовсім чіткі. Є помилки при відповідях.

0 балів - студент не виконав весь обсяг робіт, або виконав з грубими помилками. Він має проблеми з розрахунками, не знає теоретичного матеріалу, реалізація систем нечіткого логічного висновку або нечітких методів обчислювального інтелекту не відповідає поставленим вимогам.

При отриманні незадовільної оцінки студент має право виправити всі помилки або виконати нові варіанти завдань, якщо викладач невпевнений, що студент виконав їх самостійно. Такий варіант пропонується, коли студент має багато пропусків занять.

7. Рекомендовані джерела інформації

7.1. Основні:

1. Коротка Л. І. Обчислювальний інтелект : теорія нечітких множин :навчальний посібник / Л. І. Коротка, Д. Г. Зеленцов, Н. Ю. Науменко, О. А. Ляшенко, Н. О. Солодка – Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2020. – 161 с.
2. Прохорова О. М. Моделі і методи нечіткої логіки: навч. посіб. [Рукопис] / О. М. Прохорова, Н. В. Кальчук; Нац. аерокомс. ун-т ім. Н. Є. Жуковського “ХАІ”. – Х., 2021. – 166 с.
3. Желдак Т. А. 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.

7.2. Додаткові:

1. Shahbazova S., Kacprzyk J., Balas V.E., Kreinovich V. Recent Developments and the New Direction in Soft Computing Foundations and Applications. Studies in Fuzziness and Soft Computing, Volume 393, Springer, 2021. - 576 с.
2. Carter, J., et al. Fuzzy Logic: Recent Applications and Developments. Springer, 2021. – 214 с.
3. O. Kozlov, Y. Kondratenko, O. Skakodub, Z. Gomolka, “Fuzzy Systems Design: Optimal Selection of Linguistic Terms Number,” Yuriy P. Kondratenko, Vsevolod M. Kuntsevich, Arkadiy A. Chikrii, Vyacheslav F. Gubarev (Eds.) Recent Developments in Automatic Control Systems, Series in Automation, Control and Robotics, River Publishers, Gistrup, Denmark, 2022, pp. 197-239. <https://doi.org/10.1201/9781003339229-11>.

4. Wang, X., Chen, Y., Jin, J. et al. Fuzzy-clustering and fuzzy network based interpretable fuzzy model for prediction. *Sci Rep* 12, 16279 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20015-y>
5. Wu, W., Ni, Z., Jin, F. et al. Decision support model with Pythagorean fuzzy preference relations and its application in financial early warnings. *Complex Intell. Syst.* 8, 443–466 (2022). <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00390-1>
6. Krishankumar, R., Garg, H., Arun, K. et al. An integrated decision-making COPRAS approach to probabilistic hesitant fuzzy set information. *Complex Intell. Syst.* 7, 2281–2298 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00387-w>
7. Simeone, A., Zeng, Y. & Caggiano, A. Intelligent decision-making support system for manufacturing solution recommendation in a cloud framework. *Int J Adv Manuf Technol* 112, 1035–1050 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06389-1>