

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет математики та інформатики
(назва факультету/навчально-наукового інституту)

Кафедра математичного моделювання
(назва кафедри, що забезпечує викладання)

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

**Декан факультету
математики та інформатики**



Ольга МАРТИНЮК

2025 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни**

Нечітка логіка в інтелектуальних системах

(назва навчальної дисципліни)

вibіркова

(вказати: обов'язкова)

Освітньо-професійна програма «Системний аналіз»

(назва програми)

Спеціальність 124 Системний аналіз

(вказати: код, назва)

Галузь знань 12 Інформаційні технології

(вказати: шифр, назва)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(вказати: перший (бакалаврський) / другий (магістерський) / третій (освітньо-науковий))

Факультет математики та інформатики

(назва факультету/ навчально-наукового інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньою програмою)

Мова навчання українська

(вказати: на якій мові читається дисципліна)

Чернівці 2025 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «*Нечітка логіка в інтелектуальних системах*» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Системний аналіз»

Розробник:

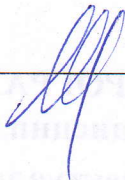
Пасічник Галина Савеліївна, доцент кафедри математичного моделювання, кандидат фіз.-мат. наук, доцент

Викладач, що забезпечує читання даної навчальної дисципліни:

Пасічник Галина Савеліївна, доцент кафедри математичного моделювання, кандидат фіз.-мат. наук, доцент

Затверджено на засіданні кафедри математичного моделювання
Протокол № 15 від «24» червня 2025 року

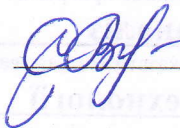
Завідувач кафедри _____



Ігор ЧЕРЕВКО

Схвалено методичною радою факультету математики та інформатики
Протокол № 12 від «25» червня 2025 року

Голова методичної ради _____



Віра СІКОРА

Мета навчальної дисципліни: познайомити студентів із основами нечіткого моделювання, вказати на сучасні підходи до проєктування інформаційних систем та навчити їх застосовувати; розвинути логічне мислення, вміння самостійно аналізувати та здійснювати математичні дослідження прикладних задач.

Предметом дисципліни є теорія нечітких множин та нечітке моделювання, а також основні підходи, інструменти та інструменти теорії нечітких множин та використання нечітких та лінгвістичних змінних у системах нечіткої логіки.

Пререквізити. Дискретна математика, теорія ймовірностей та математична статистика, програмування.

Результати навчання

Студент повинен вміти поставити задачу, вибрати модель, яка описує цю задачу, застосувати певний метод для її розв'язування, а також зробити правильний висновок і дати відповідне тлумачення розв'язку.

Знати: основні види та методи побудови функцій приналежності нечітких множин; типові алгоритми нечіткого висновку; структура, принципи реалізації та функціонування систем нечіткої логіки; методи аналізу їх властивостей та засоби проєктування.

Вміти: застосовувати, впроваджувати та експлуатувати сучасні інформаційні системи та технології для отримання нечіткого висновку (виробництва, підтримки прийняття рішень, інтелектуального аналізу даних) у різних галузях людської діяльності, народного господарства та виробництва в умовах неповної чи приблизної інформації.

Під час вивчення дисципліни, відповідно до освітньо-професійної програми, формуються наступні **загальні компетентності:**

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

ЗК03. Здатність планувати і управляти часом

ЗК04. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

ЗК07. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

ЗК09. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації

ЗК11. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

фахові компетентності:

ФК1. Здатність використовувати системний аналіз як сучасну міждисциплінарну методологію, що базується на прикладних математичних методах та сучасних інформаційних технологіях і орієнтована на вирішення задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем.

ФК2. Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів.

ФК3. Здатність будувати математично коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів.

ФК4. Здатність визначати основні чинники, які впливають на розвиток фізичних, економічних, соціальних процесів, виокремлювати в них стохастичні та невизначені показники, формулювати їх у вигляді випадкових або нечітких величин, векторів, процесів та досліджувати залежності між ними.

ФК5. Здатність формулювати задачі оптимізації при проектуванні систем управління та прийняття рішень, а саме: математичні моделі, критерії оптимальності, обмеження, цілі управління; обирати раціональні методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування.

ФК6. Здатність до комп'ютерної реалізації математичних моделей реальних систем і процесів; проектувати, застосовувати і супроводжувати програмні засоби моделювання, прийняття рішень, оптимізації, обробки інформації, інтелектуального аналізу даних.

ФК12. Здатність до використання систем штучного інтелекту для вирішення прикладних задач, оволодіння засобами проектування та розробки систем штучного інтелекту

та отримуються наступні **програмні результати навчання**:

ПР3. Вміти визначати ймовірнісні розподіли стохастичних показників та факторів, що впливають на характеристики досліджуваних процесів, досліджувати властивості та знаходити характеристики багатовимірних випадкових векторів та використовувати їх для розв'язання прикладних задач, формалізувати стохастичні показники та фактори у вигляді випадкових величин, векторів, процесів.

ПР4. Знати та вміти застосовувати базові методи якісного аналізу та інтегрування звичайних диференціальних рівнянь і систем, диференціальних рівнянь в частинних похідних, в тому числі рівнянь математичної фізики.

ПР6. Знати та вміти застосовувати основні методи постановки та вирішення задач системного аналізу в умовах невизначеності цілей, зовнішніх умов та конфліктів.

ПР9. Вміти створювати ефективні алгоритми для обчислювальних задач системного аналізу та систем підтримки прийняття рішень.

ПР18. Знати та вміти розробляти та застосовувати алгоритми машинного навчання та інші методи штучного інтелекту для аналізу складних систем, в тому числі для прогнозування, оптимізації та прийняття рішень; розуміти етичні та соціальні вимоги до застосування штучного інтелекту.

Опис навчальної дисципліни
Загальна інформація

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість		Кількість годин						Вид підсумкового контролю	
			кредитів	годин	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання		
Денна	4	7	3	90	30				30	30		Залік

Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма							Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
		Л	П	лаб	Інд	с.р.		л	П	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Змістовий модуль 1. Нечіткі множини													
Тема 1. Основні характеристики нечітких множин	4	2				2							
Тема 2. Види функцій належності	6	2		2		2							
Тема 3. Операції над нечіткими множинами	6	2		2		2							
Тема 4. Нечіткі величини і нечіткі числа	6	2		2		2							
Тема 5. Нечітка і лінгвістична змінна	4	2				2							
Разом за ЗМ1	26	10		6		10							
Змістовий модуль 2. Елементи нечіткої логіки													
Тема 1. Нечіткі висловлювання і логічні операції	5	2				3							

Тема 2. Нечіткі предикати і квантори	6	2		2		2						
Тема 3. Нечіткий вивід	6	4		4		5						
Разом за ЗМ 2	24	8		6		10						
Змістовий модуль 3. Нечітке моделювання												
Тема 1. Нечітке моделювання при рішенні задач управління та прийняття рішень	11	2		4		5						
Тема 2. Приклади розробки нечітких моделей прийняття рішень	25	5		10		10						
Тема 3 Нечіткі нейронні мережі	14	5		4		5						
Разом за ЗМ 3	40	12		18		10						
Усього годин	90	30		30		30						

Тематика лекційних занять з переліком питань

№	Назва теми з основними питаннями
1	Основні характеристики нечітких множин
2	Види функцій належності <i>Методи побудови нечітких множин їх вигляд</i>
3	Операції над нечіткими множинами <i>Операції над нечіткими множинами, властивості</i>
4	Нечіткі величини і нечіткі числа <i>Операції над нечіткими числами</i>
5	Нечітка і лінгвістична змінна <i>Фазифікація та дефазифікація нечіткої множини</i>
6	Нечіткі висловлювання і логічні операції <i>Нечітке відношення</i>

7	Нечіткі предикати і квантори
8	Нечіткий вивід <i>Алгоритм Мамдані</i> <i>Алгоритм Сугено</i> <i>Алгоритм Цукамото</i>
9	Нечітке моделювання при рішенні задач управління та прийняття рішень <i>Багатокритеріальний вибір методом максимінної згортки в сфері банківського кредитування.</i> <i>Банківське кредитування</i> <i>Вибір кращого банку для розміщення грошових засобів фізичною особою</i> <i>Ефективність нечітких систем прийняття рішень</i>
10	Приклади розробки нечітких моделей прийняття рішень <i>Система підтримки прийняття рішення для поливу рослин</i> <i>Система підтримки медичного діагнозу</i> <i>Автоматичне керування транспортом</i>
11	Нечіткі нейронні мережі <i>Основні характеристики FNN</i> <i>Типова архітектура FNN</i> <i>Типи нечітких нейронних мереж</i> <i>Застосування FNN</i>

Тематика лабораторних занять з переліком питань

№	Назва теми (завдання)
1	Побудова та операції над нечіткими множинами <i>Використовуючи різні методи для свого варіанту побудувати нечіткі множини та виконати дії над ними, використовуючи вибрану мову програмування чи пакет</i>
2	Нечіткий вивід <i>Для свого варіанту реалізувати різні методи нечіткого виведення</i>
3	Нечітке моделювання при рішенні задач управління та прийняття рішень <i>Для свого варіанту реалізувати багатокритеріальний вибір методом максимінної згортки</i>
4.	Розробка нечітких моделей прийняття рішень <i>Для свого варіанту побудувати модель та її реалізувати (задача з одним входом і одним виходом, з кількома входом і одним виходом, з кількома входом і кількома виходами)</i>
5	Нечіткі нейронні мережі <i>Прогноз погоди з використанням FNN</i>

Завдання для самостійної роботи студентів

Самостійна робота студентів складає 30 годин.

Розподіл самостійної роботи за видами навчальних робіт:

- 1) підготовка до лекційних занять – 5 годин;
- 2) підготовка до лабораторних занять – 17 години;
- 3) самостійне опрацювання додаткового матеріалу – 5 годин;
- 4) підготовка до заліку 3 годин.

№	Назва теми	Завдання для самостійної роботи	К-сть год.
1	Побудова нечітких моделей у середовищі MATLAB Fuzzy Logic Toolbox:	Побудувати нечіткі моделі - управління кондиціонером повітря у приміщенні - оцінювання фінансової спроможності клієнтів при наданні банківських кредитів. - аналізу ризиків інформаційної безпеки	6
2	Нечіткі нейронні мережі	Розв'язати проблему класифікації, прогнозування, розпізнавання образів	6
3	Нечіткі нейронні мережі	Застосувати Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System до конкретної моделі	3
4	Нечітка і лінгвістична змінна	підготовка до лекційних занять	3
5	Операції над нечіткими множинами	підготовка до лекційних занять підготовка до лабораторних занять	3
6	Нечітке моделювання при рішенні задач управління та прийняття рішень	підготовка до лабораторних занять	3
7	Приклади розробки нечітких моделей прийняття рішень	підготовка до лабораторних занять	3
8	Нечіткі нейронні мережі	підготовка до лабораторних занять	3

Методи навчання

Використовуються основні традиційні (розповідь, бесіда, демонстрація) та інтерактивні методи навчання, а саме проектне навчання, де студенти працюють над конкретними індивідуальними завданнями; кейс-методи для аналізу реальних ситуацій та дистанційна освіта для консультацій та занять згідно з розкладом.

Система контролю та оцінювання

Формами поточного контролю є усна (відповіді на питання до лабораторної роботи) та письмова (звіт до виконаної лабораторної роботи) та виконання лабораторної роботи.

Формами підсумкового контролю є На залік виносяться тестові завдання з теоретичного матеріалу .

Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання є:

- тестування;
- індивідуальні лабораторні роботи;
- індивідуальні проекти;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень.

Критерії оцінювання поточного та підсумкового контролю

Оцінювання знань здійснюється за 100-бальною шкалою.

Результати роботи впродовж навчального семестру оцінюються в ході поточного та модульного контролю в діапазоні загалом від 0 до 60 балів, а результати підсумкового контролю (заліку) оцінюються від 0 до 40 балів.

Впродовж семестру студенти виконують 5 індивідуальних лабораторних робіт (по 12 балів кожна) за змістовими модулями дисципліни, з них у кожній роботі по 5 балів відведено на відповіді на питання до роботи.

Здобувачам вищої освіти пропонуються навчально-дослідні завдання (у переліку завдань для самостійної роботи). За якісне розв'язання кожної такої задачі здобувач вищої освіти отримує до 12 балів.

На заліку пропонуються тести з 20 запитань по 2 бали за кожне.

Підсумкова оцінка виставляється за результатами суми балів, набраних на змістовних модулях під час семестру та підсумковому модулі (заліку) згідно з наступною таблицею.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

100-бальна шкала	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
			Оцінка	Пояснення за розширеною шкалою
90-100	Зараховано	Відмінно	A	відмінно
80-89		Добре	B	дуже добре
70-79			C	добре
60-69		Задовільно	D	задовільно
50-59			E	достатньо

35-49			FX	(незадовільно) з можливістю повторного складання
1-34	Незараховано	Незадовільно	F	(незадовільно) з обов'язковим самостійним повторним опрацюванням освітнього компонента до перескладання

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)										Кількість балів (залікова робота)	Сумарна к-ть балів	
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2			Змістовий модуль 3				
T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T1	T2	T3	40	100
2	2	2	3	3	1	1	10	12	12	12		

Перелік питань для самоконтролю та підсумкового контролю навчальних досягнень студентів

1. Що таке нечітка множина? Чим вона відрізняється від класичної множини?
2. Хто є автором теорії нечітких множин? У якому році вона була запропонована?
3. У чому суть нечіткої логіки? Які її основні принципи?
4. Які переваги використання нечіткої логіки в порівнянні з класичною?
5. Де застосовується теорія нечітких множин?
6. Що таке функція належності? Наведіть приклад.
7. Які бувають типи функцій належності? (трикутна, трапецеїдальна, гаусова тощо)
8. Як побудувати функцію належності за реальними даними?
9. Яке значення функції належності відповідає повній належності / повній неналежності?
10. Які існують операції над нечіткими множинами?
11. Як виконуються об'єднання (max), перетин (min), доповнення ($1 - \mu$)?
12. Як визначити рівність або включення нечітких множин?
13. Що таке α -рівень нечіткої множини?
14. Як формалізуються логічні операції "AND", "OR", "NOT" у нечіткій логіці?
15. Що таке імплікація в нечіткій логіці? Які її типи існують?
16. Які оператори T-норми та S-норми? Яка їх роль?
17. Що таке фазифікація? Як вона виконується?
18. Які методи дефазифікації існують? (центроїд, максимум, середнє максимуму тощо)
19. У яких випадках необхідна дефазифікація?
20. Що таке нечітке виведення?
21. Які є моделі нечіткого виводу (Мамдані, Сугено)?

22. У чому відмінність між моделями Мамдані і Сугено?
23. Як реалізується база нечітких правил?
24. Який порядок операцій у системі нечіткого виводу?
25. Як виглядає правило типу IF–THEN у нечіткій логіці?
26. Як поєднуються декілька умов у нечіткому правилі?
27. Як виконується агрегування правил у системі нечіткого виводу?
28. Як створюється база знань у нечіткій системі?
29. Що таке нечітке число?
30. Як виконуються арифметичні операції з нечіткими числами?
31. Як виглядає інтервал довіри для нечіткого числа?
32. Що таке нейронна нечітка система (Fuzzy Neural Network)?
33. Яка мета поєднання нейронних мереж і нечіткої логіки?
34. У чому переваги гібридних нейро-нечітких систем?
35. Чим FNN відрізняється від класичних нейронних мереж?
36. Які основні компоненти FNN?
37. Як ініціалізуються функції належності у FNN?
38. Які типи функцій належності використовуються у ANFIS?
39. Як представляється нечітке правило у нейронному форматі?
40. Чим відрізняються нечіткі правила Мамдані та Сугено у FNN?
41. Як виконується агрегація виходів з правил у FNN?

Зарахування результатів неформальної освіти

Здобувачі вищої освіти має право на участь у неформальній/інформальній освіті.

У межах поточного контролю можуть визнаватися результати неформальної/інформальної освіти за умови наявності сертифікату або освітньої декларації про результати неформальної /інформальної освіти з питань, що відповідає тематиці курсу («Порядок визнання у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти»), <https://www.chnu.edu.ua/media/4g5fzssb/poriadok-vyznannia-rezultativ-navchannia-zdobutykh-shliakhom-neformalnoi-ta-abo-informalnoi-osvity.pdf>).

Студентам можуть бути зараховані додаткові бали, отримані через неформальну освіту, до загальної суми балів, набраної з освітньої компоненти, за умови, що результати з проблеми, за якою відбувалося навчання, відповідають тематиці курсу та отримані на ліцензійних платформах.

Рекомендована література

Основна

1. Дранишников Л.В. Інтелектуальні методи в управлінні: навчальний. – Кам'янське: ДДТУ, 2018. – 416 с.
2. Величко С.В., Кайдан Н.В. Нечітка система обробки текстових даних // Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. – 2022. Вип. 12 – С. 50–59.

3. Kleiner, G. A new theory of economic systems and its application to economic policy studies r // RRC Working Paper Series. – 2009. – №13. – Pp. 1-31.
4. Матвійчук А. А. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки. Монографія – К. Центр навчальної літератури. – 2005. – 209 с.
5. Штовба С. Д. Побудова функцій належності нечітких множин за кластеризацією експериментальних даних // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2006. – N2 – С. 92 – 95.
6. Лейко С. Г. Основи теорії нечітких множин: Навчальний посібник. – Одеса: Астропринт, 2005. – 192 с.
7. Оленич І. Б. Нечітка логіка та нечітке моделювання: Навчальний посібник. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2022. – 210 с.

Додаткова (допоміжна)

8. Bellman R. E., Zadeh L. A., Decision-Making in Fuzzy Environment, Management Science, 17, № 4, 141 — 164 (1970).
9. Субботін, С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень [Текст]: навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 341 с.
10. Матвійчук А.В. Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки: Монографія. – К.: КНЕУ, 2007. – 264 с.
11. Василевич, Л.Ф., Юртин І.І. Прийняття рішень за умов конфлікту та невизначеності середовища: Навчальний посібник.– К.: Київський університет імені Бориса Грінченка, 2013. – 127 с.
12. Місько Г.В. Обґрунтування застосування теорії нечітких множин в оцінці економічної стратегії підприємств харчової промисловості [Електронний ресурс] / Г.В. Місько // Одеський державний економічний університет (Україна). — Київ, 2009. — Режим доступу: http://www.sfpk.at.ua/_fr/0/9014163.doc
13. Кравченко, М. О. Застосування методів нечіткої логіки для визначення інтегрального показника фінансової стійкості підприємств // Економічний аналіз: зб. наук. праць.– Тернопіль: Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету «Економічна думка», 2016. – Том 26. – № 1. – С. 123-129.
14. Малярець Л.М., Койбічук В.В. Розроблення узагальнюючого показника конкурентоспроможності банків на підґрунті нечітких множин

Інформаційні ресурси

15. UNdata – UN statistical databases [Електронний ресурс] / The United Nations Statistics Division (UNSD) of the Department of Economic and Social Affairs (DESA). – Режим доступу: <http://data.un.org>.
16. FuzzyWuzzy documentation. Режим доступу: <https://pypi.org/project/fuzzywuzzy/>

17. Kosko B. Fuzziness vs. Probability. University of South California. URL: http://sipi.usc.edu/~kosko/Fuzziness_Vs_Probability.pdf 2.
18. Hardesty L. Explained: Neural networks. MIT News Office. URL: <https://news.mit.edu/2017/explained-neural-networks-deep-learning-0414>

Політика академічної доброчесності

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні навчальної дисципліни регламентовано такими документами:

- ✓ «Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича» https://www.chnu.edu.ua/media/jxdfs0zb/etychnyi-kodeks-chnivets_koho-natsionalnoho-universytetu.pdf
- ✓ «Положенням про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича» <https://www.chnu.edu.ua/media/n5nbzwgb/polozhennia-chnu-pro-plahi-at-2023plusdodatky-31102023.pdf>