

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

на засіданні кафедри  
інформатики та комп'ютерної техніки  
Протокол № 21 від 29.08.2025 р.

**ПОГОДЖЕНО**

Проректор з навчально-методичної роботи

Каріна ГЕМАШКАЛО



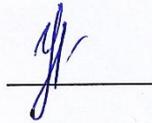
**НЕЧІТКІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ**

**робоча програма навчальної дисципліни (РПНД)**

Галузь знань	<b>Ф "Інформаційні технології"</b>
Спеціальність	<b>Ф6 "Інформаційні системи і технології"</b>
Освітній рівень	<b>перший (бакалаврський)</b>
Освітня програма	<b>"Штучний інтелект"</b>

Статус дисципліни	<b>обов'язкова</b>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<b>українська</b>

Розробник: д.т.н., проф.		<b>Сергій УДОВЕНКО</b>
-----------------------------	---	------------------------

Завідувач кафедри інформатики та комп'ютерної техніки		<b>Сергій УДОВЕНКО</b>
--	---	------------------------

Гарант програми		<b>Сергій УДОВЕНКО</b>
-----------------	---	------------------------

**Харків**

**2025**

## ВСТУП

Навчальна дисципліна "Нечіткі моделі та методи" є обов'язковою навчальною дисципліною та вивчається згідно з навчальним планом підготовки здобувачів вищої освіти по спеціальності F6 "Інформаційні системи і технології" за освітньою програмою "Штучний інтелект" першого (бакалаврського) рівня.

Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів вищої освіти навичок практичного застосування методів нечіткої логіки та нейронечіткого моделювання в розв'язанні прикладних задач; забезпечення теоретичної та інженерної підготовки фахівців у галузі проєктування інтелектуальних інформаційних систем.

Завдання навчальної дисципліни – сформувати у здобувачів вищої освіти певні знання та вміння для формалізації лінгвістичної невизначеності при розв'язанні практичних завдань, методів побудови функцій належності для формалізації лінгвістичних змінних та нечітких інтервалів при вирішенні конкретних завдань, алгоритмів нечіткого логічного виведення для створення сучасних інтелектуальних систем, методів і засобів побудови систем, заснованих на нечіткій логіці; здатність використовувати нечіткі продукційні, реляційні моделі та для опису, аналізу та моделювання процесів в інтелектуальних інформаційних системах.

Предметом навчальної дисципліни є методологія використання апарату нечітких множин та нечіткої логіки для проєктування інформаційних систем з урахуванням факторів невизначеності.

Об'єкт навчальної дисципліни – моделі та методи теорії нечітких множин і нечіткої логіки.

Навчальна програма включає навчання у формі лекцій, лабораторних занять та самостійної роботи здобувачів вищої освіти.

Для практичного засвоєння основних тем дисципліни проводяться лабораторні заняття, індивідуальні роботи та консультації з використанням персональних комп'ютерів, локальних мереж та Інтернету у комп'ютерних залах ХНЕУ С. Кузнеця.

З метою підвищення ефективності вивчення дисципліни здобувачі вищої освіти мають можливість використовувати систему дистанційного навчання ХНЕУ. С. Кузнеця.

У процесі навчання здобувачі вищої освіти отримують необхідні знання під час проведення аудиторних занять: лекційних та лабораторних. Також велике значення в процесі вивчення та закріплення знань має самостійна робота здобувачів вищої освіти.

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна визначено в табл. 1.

**Результати навчання та компетентності, які формують навчальна дисципліна**

Результати навчання	Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти
ПР 1	ІК, КС 4
ПР 2	ІК, КЗ 1, КС 2, КС 11
ПР 3	ІК, КС 3
ПР 4	ІК, КЗ 6, КС 3, КС 6
ПР 6	ІК, КС 12
ПР 7	ІК, КС 14
ПР 12	ІК, КС 18, КС 19

де, ПР 1. Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, теорію функцій багатьох змінних, теорію рядів, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію ймовірностей та математичну статистику в обсязі, необхідному для розробки та використання інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації.

ПР 2. Застосовувати знання фундаментальних і природничих наук, системного аналізу та технологій моделювання, стандартних алгоритмів та дискретного аналізу при розв'язанні задач проектування і використання інформаційних систем та технологій.

ПР 3. Використовувати базові знання інформатики й сучасних інформаційних систем та технологій, навички програмування, технології безпечної роботи в комп'ютерних мережах, методи створення баз даних та інтернет-ресурсів, технології розроблення алгоритмів і комп'ютерних програм мовами високого рівня із застосуванням об'єктно-орієнтованого програмування для розв'язання задач проектування і використання інформаційних систем та технологій.

ПР 4. Проводити системний аналіз об'єктів проектування та обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та способів передачі інформації в інформаційних системах та технологіях.

ПР 6. Демонструвати знання сучасного рівня технологій інформаційних систем, практичні навички програмування та використання прикладних і спеціалізованих комп'ютерних систем та середовищ з метою їх запровадження у професійній діяльності.

ПР 7. Обґрунтовувати вибір технічної структури та розробляти відповідне програмне забезпечення, що входить до складу інформаційних систем та технологій.

ПР 12. Розробляти, інтегрувати, аналізувати та підтримувати інформаційні системи штучного інтелекту для вирішення прикладних задач класифікації, кластеризації, прогнозування та генерації нових даних.

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в області інформаційних систем та технологій, або в процесі навчання, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, які потребують застосування теорій та методів інформаційних технологій.

КЗ 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

КЗ 6. Здатність до пошуку, оброблення та узагальнення інформації з різних джерел.

КС 2. Здатність застосовувати стандарти в області інформаційних систем та технологій при розробці функціональних профілів, побудові та інтеграції систем, продуктів, сервісів і елементів інфраструктури організації.

КС 3. Здатність до проектування, розробки, налагодження та вдосконалення системного, комунікаційного та програмно-апаратного забезпечення інформаційних систем та технологій, Інтернету речей (ІоТ), комп'ютерно-інтегрованих систем та системної мережної структури, управління ними.

КС 4. Здатність проектувати, розробляти та використовувати засоби реалізації інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій (методичні, інформаційні, алгоритмічні, технічні, програмні та інші).

КС 6. Здатність використовувати сучасні інформаційні системи та технології (виробничі, підтримки прийняття рішень, інтелектуального аналізу даних та інші), методики й техніки кібербезпеки під час виконання функціональних завдань та обов'язків.

КС 11. Здатність до аналізу, синтезу і оптимізації інформаційних систем та технологій з використанням математичних моделей і методів.

КС 12. Здатність управляти та користуватися сучасними інформаційно-комунікаційними системами та технологіями (у тому числі такими, що базуються на використанні Інтернет).

КС 14. Здатність формувати нові конкурентоспроможні ідеї й реалізовувати їх у проектах (стартапах).

КС 18. Здатність застосовувати відповідні методи нечіткої обробки даних.

КС 19. Здатність оцінювати ризики неетичного використання інформаційних моделей штучного інтелекту для вирішення прикладних задач.

## **ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Зміст навчальної дисципліни**

**Змістовий модуль 1. Основи теорії нечітких множин та нечітких відношень**

**Тема 1. Вступ до дисципліни.**

**1.1.** Мета та завдання дисципліни, її місце у навчальному процесі.

**1.2.** Структура дисципліни, рекомендації щодо її вивчення.

**1.3.** Основні поняття і визначення теорії нечітких множин. Характеристики нечітких множин. Функції належності.

**Тема 2. Операції над нечіткими множинами.**

2.1. Стандартні операції над нечіткими множинами. Рівність та домінування нечітких множин. Унарні операції над нечіткими множинами. Бінарні операції над нечіткими множинами.

2.2. Нечіткі оператори (T-норма, S- норма). Індекс нечіткості.

2.3. Спеціальні операції над нечіткими множинами.

**Тема 3. Побудова функцій належності.**

2.1. Прямі методи побудови функцій належності.

2.2. Непрямі методи побудови функцій належності.

2.3. Метод потенціалів.

**Тема 4. Нечіткі відношення та відображення.**

4.1. Нечітке відношення та способи його завдання. Основні характеристики нечітких відношень. Композиція бінарних нечітких відношень.

4.2. Операції над нечіткими відношеннями.

4.3. Відображення нечітких множин.

**Тема 5. Нечіткі величини, функції та інтервали.**

5.1. Поняття нечіткої та лінгвістичної змінних.

5.2. Операції над нечіткими числами та інтервалами.

5.3. Операції над нечіткими числами та інтервалами (L-R)-типу.

5.4. Операції над трикутними нечіткими числами та трапецієвидними нечіткими інтервалами.

**Змістовий модуль 2. Моделі, методи та системи нечіткої логіки**

**Тема 6. Основи нечіткої логіки.**

6.1. Поняття нечіткого вислову і нечіткого предикату.

6.2. Логічні операції з нечіткими висловами.

6.3. Правила нечітких продукцій.

6.4. Прямий і зворотний методи виведення висновків в системах нечітких продукцій.

**Тема 7. Продукційні нечіткі моделі.**

7.1. Нечіткі лінгвістичні вислови.

7.2. Правила нечітких продукцій в системах нечіткого виведення.

7.3. Формування бази правил систем нечіткого виведення.

7.4. Процедури фазифікації та агрегації в процесі нечіткого виведення.

7.5. Процедура дефазифікації в процесі нечіткого виведення. Методи дефазифікації.

**Тема 8. Методи нечіткого виведення.**

8.1. Метод Мамдані.

8.2. Метод Цукамото.

8.3. Метод Ларсена.

8.4. Метод Такагі-Сугено.

8.5. Приклади використання систем нечіткого виведення.

**Тема 9. Методи нечіткої кластеризації.**

9.1. Характеристика задачі нечіткого кластерного аналізу.

9.2. Метод нечітких  $c$ -середніх (FCM).

9.3. Метод Густафсона-Кесселя.

9.4. Кластеризація без завдання кількості кластерів.

**Тема 10. Гібридні штучні моделі і системи нечіткої логіки.**

10.1. Нечіткі нейронні мережі.

10.2. Нейро-нечіткі моделі.

10.3. Адаптивна система нейро-нечіткого виведення.

10.4. Реалізація нейро-нечіткої системи ANFIS в MatLab.

**Тема 11. Нечіткі експертні системи.**

11.1. Нечіткі моделі в експертних системах

11.2. Методи пошуку рішень в експертних системах з використанням нечіткої логіки.

**Тема 12. Приклади практичного використання теорії нечітких нечітких моделей і методів.**

12.1. Адаптивне нечітке керування.

12.2. Нечіткі мережі Петрі.

12.3. Нечіткі методи аналізу ієрархій в інформаційних системах.

12.3. Нечіткі обчислювальні системи.

12.4. Нечіткі моделі в задачах економіки.

Перелік лабораторних занять за навчальною дисципліною наведено в табл.

2

Таблиця 2

**Перелік лабораторних занять**

Назва теми та завдання	Зміст
Тема 1-2. Лабораторна робота 1. Завдання 1	Нечіткі множини і операції над ними. Побудова функцій належності для заданих нечітких множин. Обчислення індексів нечіткості
Тема 1-2. Лабораторна робота 1. Завдання 2	Нечіткі множини і операції над ними. Дослідження способів формування нечітких множин з використанням різних типів функцій належності і реалізація операцій над ними (з використанням засобів SciLAB)
Тема 3-4. Лабораторна робота 2. Завдання 1	Нечіткі числа і інтервали у формі (L-R)-функцій та операції над ними. Формалізація задачі оцінки доходу від продажів без урахування витрат (для суми трьох джерел доходу) з використанням трапецієвидних функцій належності
Тема 3-4. Лабораторна робота 2. Завдання 2	Нечіткі числа і інтервали у формі (L-R)-функцій та операції над ними. Формалізація задачі оцінки ефективності реклами з використанням трикутних нечітких чисел
Тема 5-6. Лабораторна робота 3. Завдання 1	Моделювання системи нечіткого виведення з використанням засобів SciLAB. Побудова нечітких систем Такагі-Сугено

Тема 5-6. Лабораторна робота 3. Завдання 2	Моделювання системи нечіткого виведення з використанням засобів SciLAB. Побудова нечітких систем Мамдані
Тема 7-8. Лабораторна робота 4. Завдання 1	Дослідження методів нечіткої кластеризації. Метод FCM
Тема 7-8. Лабораторна робота 4. Завдання 2	Дослідження методів нечіткої кластеризації. Метод субтрактивної кластеризації
Тема 9-10. Лабораторна робота 5. Завдання 1	Побудова нейро-нечіткої мережі ANFIS. Генерація структури системи нечіткого виводу FIS типу Сугено
Тема 9-10. Лабораторна робота 5. Завдання 2	Побудова нейро-нечіткої мережі ANFIS. Навчання та перевірка адекватності побудованої мережі
Тема 11-12. Лабораторна робота 6. Завдання 1	Дослідження нечіткого методу аналізу ієрархій в системі прийняття рішень. Формалізація задачі
Тема 11-12. Лабораторна робота 6. Завдання 2	Дослідження нечіткого методу аналізу ієрархій в системі прийняття рішень. Реалізація і дослідження методу

Перелік самостійної роботи за навчальною дисципліною наведено в табл. 3.

Таблиця 3

### Перелік самостійної роботи

Назва теми	Зміст
Тема 1 - 12	Вивчення лекційного матеріалу
Тема 1 - 12	Підготовка до лабораторних робіт
Тема 1 - 12	Підготовка до екзамену

Кількість годин лекційних та лабораторних занять та годин самостійної роботи наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

### МЕТОДИ НАВЧАННЯ

У процесі викладання навчальної дисципліни для набуття визначених результатів навчання, активізації освітнього процесу передбачено застосування таких методів навчання, як:

- словесні (лекції за темами 1-12), елементи проблемних лекції (за темами 1-12);
- наочні (демонстрації (теми 1-12));

- практичні (лабораторні заняття за темами 1-12).

В умовах змішаної форми навчання подання лекційного матеріалу та/або проведення лабораторних занять та групових та індивідуальних консультацій відбувається з використанням платформи Zoom, в умовах звичайної аудиторної форми заняття проводяться очно, в аудиторіях та комп'ютерних залах.

## **ФОРМИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ**

Університет використовує 100 бальну накопичувальну систему оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних та лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості здобувача вищої освіти до виконання конкретної роботи і оцінюється сумою набраних балів:

– для дисциплін з формою семестрового контролю екзамен (іспит): максимальна сума – 60 балів; мінімальна сума, що дозволяє здобувачу вищої освіти скласти екзамен (іспит) – 35 балів.

Підсумковий контроль включає семестровий контроль.

Семестровий контроль проводиться у формах семестрового екзамену (іспиту). Складання семестрового екзамену (іспиту) здійснюється під час екзаменаційної сесії.

Максимальна сума балів, яку може отримати здобувач вищої освіти під час екзамену (іспиту) – 40 балів. Мінімальна сума, за якою екзамен (іспит) вважається складеним – 25 балів.

Підсумкова оцінка за навчальною дисципліною визначається сумуванням балів за поточний та підсумковий контроль.

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються наступні контрольні заходи:

Поточний контроль: лабораторні роботи (42 балів), письмові контрольні роботи (18 балів).

Семестровий контроль: екзамен (40 балів).

Більш детальну інформацію щодо системи оцінювання наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

Приклад екзаменаційного білета та критерії оцінювання для навчальної дисципліни.

### **Приклад екзаменаційного білета**

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Спеціальність "Інформаційні системи і технології"

Освітньо-професійна програма "Штучний інтелект".

Навчальна дисципліна "Нечіткі моделі та методи"

### **Завдання 1. (15 балів)**

Методи нечіткої кластеризації (з прикладами практичного застосування).

### Завдання 2. (15 балів)

Задані множина  $W = \{a_1, a_2, \dots, a_8\}$  і дві її нечітких підмножини  $X = \{x, \mu_1(x)\}$  і  $Y = \{y, \mu_2(y)\}$ , де  $x, y \in W$ :

W	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>
$\mu_1(x)$	0,1	0,6	0,9	1	0,5	0,8	0,4	0,5
$\mu_2(y)$	0,7	0,5	1	0,6	0,4	0,3	0	0,2

Потрібно.

1. Представити  $X$  і  $Y$  геометрично.
2. Знайти функції належності і представити геометрично множини:  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$ ,  $X \cup Y$ ,  $X \cap Y$ ,  $X \ominus Y$ .
3. Знайти відстані між множинами  $X$  і  $Y$ :
  - абсолютну і відносну відстані Хеммінга;
  - абсолютну і відносну відстані Евкліда.
4. Знайти підмножини (звичайні), найближчі до  $X$  і  $Y$ . Обчислити індекси нечіткості  $X$  і  $Y$ .

### Завдання 3. (10 балів)

Побудувати систему нечіткого логічного виведення типу Мамдані, що моделює залежність  $y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 1)$ ,  $x_1 \in [-7, 3]$ ,  $x_2 \in [-4.4, 1.7]$ , з використанням пакету Fuzzy Logic Toolbox.

### Критерії оцінювання

Підсумковий контроль знань та компетентностей студентів з навчальної дисципліни "Нечіткі моделі та методи" здійснюється на підставі проведення семестрового іспиту в письмовій формі за екзаменаційними білетами.

Білет для екзамену включає одне стереотипне завдання, одне діагностичне та одне евристичне завдання, які оцінюються відповідно до Положення "Про порядок оцінювання результатів навчання студентів за накопичувальною бально-рейтинговою системою" ХНЕУ ім. С. Кузнеця.

Результат семестрового іспиту оцінюється в балах (максимальна кількість – 40 балів, мінімальна кількість, що зараховується – 25 балів) і проставляється у відповідній графі екзаменаційної "Відомості обліку успішності".

Стереотипне завдання передбачає перевірку базових теоретичних знань, що формують здатність застосування нечітких множин та методів нечіткої логіки для розв'язання спеціалізованих задач побудови нечітких моделей у сфері використання інформаційних технологій. До складу білету входить одне стереотипне завдання. Максимальна кількість балів, які студент може набрати при розв'язанні стереотипних завдань складає 15 балів.

Діагностичне завдання передбачає перевірку базових практичних навиків, що формують здатність вирішення практичних задач з використанням методів застосування нечітких множин та методів нечіткої логіки.

До складу білету входить одне діагностичне завдання. Максимальна кількість балів за розв'язання діагностичного завдання, що припускає єдиний хід рішення, з повним обґрунтуванням отриманих результатів складає 15 балів.

Евристичне завдання передбачає перевірку сформованості теоретичних знань та професійних навиків, що формують аналітичну та комунікативну компетенцію. Евристичне завдання спрямоване на виявлення креативності мислення студента та допускає різні шляхи розв'язання практичних завдань з використанням нечітких множин методів нечіткої логіки. До складу білету входить одне евристичне завдання. Максимальна кількість балів, яку отримує студент за правильне розв'язане завдання складає 10 балів.

**Підсумкові бали за екзамен** складаються із суми балів за виконання всіх завдань, що округлені до цілого числа за правилами математики.

Алгоритм вирішення кожного завдання включає окремі етапи, які відрізняються за складністю, трудомісткістю та значенням для розв'язання завдання. Тому окремі завдання та етапи їх розв'язання оцінюються відокремлено один від одного наступним чином.

**Завдання 1.** Може бути виставлено від 15 до 0 балів:

15 балів виставляється у випадку, якщо поставлене завдання розкрито повністю: наведено вірну та розгорнуту відповідь;

14-13 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але є відповідь є недостатньо розгорнутою;

12-11 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але є незначні помилки у формулюваннях чи формальному описі;

10-9 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але присутні суттєві помилки у деяких формулюваннях чи формальному описі;

8-7 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але деякі важливі аспекти завдання висвітлено неповністю;

6-5 балів – якщо поставлене завдання виконано, але деякі частини відповіді надані з помилками та в неповному вигляді;

4-3 балів – якщо поставлене завдання виконано частково або зі значними помилками;

2-1 балів – якщо поставлене завдання майже не виконано, або виконано неякісно;

0 балів – якщо відсутня відповідь на поставлене завдання.

**Завдання 2.** Може бути виставлено від 15 до 0 балів:

15 балів виставляється у випадку, якщо рішення поставленого завдання характеризується чіткістю, обґрунтованістю, правильними необхідними поясненнями, обчисленнями та перетвореннями. Продемонстровано вміння розв'язувати задачу за допомогою методів обчислювального інтелекту;

14-13 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але є відповідь є недостатньо розгорнутою;

12-11 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але не наведено всіх пояснень, недостатньо обґрунтовано методику розв'язання або не зроблено необхідні висновки;

10-9 балів – якщо поставлене завдання виконано без пояснень, але правильно використано методи, факти, формули і залежності. Можливі 1-2 незначні помилки в обчисленнях, які не впливають на правильність подальшого розв'язання;

8-7 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але деякі важливі аспекти завдання висвітлено неповністю;

6-5 балів – якщо поставлене завдання виконано, але деякі частини відповіді надані з помилками та в неповному вигляді; завдання розв'язано лише частково та є помилки, що суттєво вплинули на процес правильного розв'язання задачі;

4-3 балів – якщо поставлене завдання виконано частково або зі значними помилками;

2-1 балів – якщо поставлене завдання майже не виконано, або виконано неякісно;

0 балів – якщо відсутня відповідь на поставлене завдання.

**Завдання 3.** Може бути виставлено від 10 до 0 балів:

10 балів виставляється у випадку, якщо поставлене завдання розкрито повністю: використано один з можливих методів його розв'язання;

9 балів виставляється у випадку, якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але при його розв'язанні допущені незначні помилки у формулюваннях;

8 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але при його розв'язанні допущені помилки, що вплинули на остаточний результат;

7-6 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але деякі важливі аспекти завдання висвітлено неповністю;

5 бали – якщо поставлене завдання виконано, але підрозділи/процеси сформовані з помилками та в неповному вигляді

4-3 бали – якщо поставлене завдання виконано частково або зі значними помилками;

2-1 бал – якщо поставлене завдання майже не виконано, або виконано неякісно;

0 балів – якщо відсутня відповідь на поставлене завдання.

## **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

### **Основна**

1. Прохорова О. М. Моделі і методи нечіткої логіки: навч. посіб. /О. М. Прохорова, Н. В. Кальчук; Нац. аерокомс. ун-т ім. Н. Є. Жуковського "ХАІ". – Харків, 2021. – 166 с.

<https://dspace.library.khai.edu/xmlui/handle/123456789/8099>

2. Нечіткі множини в системах управління та прийняття рішень: навч. посіб. / Т.А. Желдак, Л.С. Коряшкіна, С.А. Ус, за редакцією С.А. Ус ; МОН

України, Нац. техн. ун-т "Дніпровська політехніка". – Дніпро : НТУ "ДП", 2020. – 387 с. <https://ir.nmu.org.ua/jspui/bitstream/123456789/156356/1/CD1239.pdf>

### **Додаткова**

3. Кондратенко Ю. П. Нечіткі множини та нечітка логіка. Методичні рекомендації та вказівки для виконання лабораторних робіт студентами галузі знань 12 "Інформаційні технології" / Ю. П. Кондратенко, Г. В. Кондратенко, Є. В. Сіденко ; під ред. д-р техн. наук, професора Ю. П. Кондратенка. – Миколаїв : ЧНУ ім. Петра Могили, 2019. – 36 с.

<https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/308/1/Кондратенко%20Ю.%20П.%20Нечіткі%20множини.%20Вип.%20267.pdf>

4. Zadeh L. A. Fuzzy Logic Theory and Applications: Part I and Part II / Lofti A. Zadeh, Rafik A. Aliev. – NJ: World Scientific Publishing Co., 2018 – P.610. ISBN: 978-981-323-817-6 <http://dx.doi.org/10.1142/10936>

5. Шушура О.М. Нечітке моделювання та управління. Лабораторний практикум. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 42с.

### **Інформаційні ресурси**

5. Сайт персональних навчальних систем ХНЕУ ім. С. Кузнеця [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://pns.hneu.edu.ua/>