

1569611

Г.А. Желдак  
Л.С. Коряшкіна  
С.А. Ус

**НЕЧІТКІ МНОЖИНИ  
В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ  
ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

Навчальний посібник охоплює матеріал, передбачений програмами дисциплін “Нечітка математика”, “Прийняття рішень в умовах невизначеності”, “Системи штучного інтелекту” для студентів, які навчаються за спеціальностями галузі знань 12 – інформаційні технології.

Розглянуто основні поняття теорії нечітких множин, нечіткі відношення, нечіткі числа, нечіткі та лінгвістичні змінні й операції над ними. Описано застосування нечітких множин у системах прийняття рішень, штучного інтелекту і теорії керування. Подано методи прийняття рішень на базі нечітких відношень переваги та задачі нечіткого математичного програмування. Велику увагу приділено практичному застосуванню нечітких множин.

Книгу розраховано на осіб, які опанували математику в межах вузівського курсу, знають основи дискретної математики й математичної логіки. Вона може бути корисна всім, хто зацікавлений у застосуванні нечітких множин до розв’язування практичних задач.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	8
ВСТУП.....	11
Історія розвитку теорії та застосування нечітких множин і нечіткої логіки.....	12
Методологія системного моделювання.....	14
Невизначеність у задачах управління й прийняття рішень. Класифікація невизначеності.....	18
Порівняння ймовірнісного та нечіткого підходів до моделювання. Стохастична й лінгвістична невизначеність.....	23
Застосування нечітких множин.....	26
РОЗДІЛ 1. НЕЧІТКІ МНОЖИНИ.....	27
1.1. Поняття належності.....	27
1.2. Визначення нечіткої множини та пов'язана з нею термінологія	29
1.3. Операції над нечіткими множинами.....	33
1.4. Відстань між нечіткими підмножинами.....	40
1.5. Звичайна підмножина, найближча до нечіткої. Індекс нечіткості.....	44
1.6. Звичайна підмножина $\lambda$ -рівня нечіткої множини.....	47
1.7. Спеціальні операції над нечіткими множинами .....	52
Висновки.....	54
Контрольні питання .....	54
Завдання до розділу 1.....	55
РОЗДІЛ 2. ЗАДАЧІ ВИБОРУ І БІНАРНІ ВІДНОШЕННЯ.....	57
2.1. Поняття про бінарні відношення.....	57
2.1.1. Способи задання відношень.....	58
2.1.2. Операції над відношеннями.....	61
2.2. Властивості відношень. Відношення еквівалентності, порядку, домінування й переваги.....	64
2.3. Поняття $R$ -оптимальності, найкращого, найгіршого, максимального й мінімального елементів.....	72
2.4. Визначення нечіткого відношення. Операції над нечіткими відношеннями .....	75

2.5	Властивості нечітких відношень. Класифікація нечітких відношень.....	79
2.6	Відображення нечітких множин. Принцип узагальнення.....	87
	Висновки.....	92
	Контрольні питання .....	93
	Завдання до розділу 2.....	94
<b>РОЗДІЛ 3. НЕЧІТКІ ЧИСЛА ТА ОПЕРАЦІЇ НАД НИМИ .....</b>		<b>99</b>
3.1.	Нечіткі числа.....	99
3.2.	Операції над нечіткими числами.....	101
3.3.	Нечіткі числа ( $L-R$ )-типу.....	108
3.4.	Інтервальна арифметика Каухера.....	117
3.5.	Методи побудови функцій належності.....	120
3.5.1.	Прямі методи .....	121
3.5.2.	Непрямі методи .....	126
3.6.	Застосування нечіткої арифметики до розв'язування прикладних задач.....	137
3.6.1.	Задача мережевого планування із нечітко заданою тривалістю операцій.....	137
3.6.2.	Оцінювання ринку предметів образотворчого мистецтва	139
	Висновки .....	140
	Контрольні питання .....	141
	Завдання до розділу 3 .....	141
<b>РОЗДІЛ 4. ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА БАЗІ НЕЧІТКИХ ВИХІДНИХ ДАНИХ.....</b>		<b>145</b>
4.1	Задача досягнення нечітко визначеної мети (підхід Белмана – Заде).....	145
4.2	Задачі нечіткого математичного програмування та їх класифікація .....	150
4.3	Задачі математичного програмування з нечіткими обмеженнями .....	154
4.3.1.	Підхід 1, який базується на множинах рівня нечіткої множини обмежень .....	154
4.3.2	Підхід 2 й еквівалентність розв'язків обох типів.....	161
4.4	Задача нечіткого математичного програмування із нечіткими параметрами.....	163

4.4.1. Пошук компромісного розв'язку на основі вибору очікуваних значень параметрів .....	163
4.4.2. Вибір компромісного розв'язку методом послідовної редуції .....	167
4.4.3. Вибір компромісного розв'язку методом кусково-лінійної редуції .....	172
Висновки .....	177
Контрольні питання .....	177
Завдання до розділу 4 .....	178
<b>РОЗДІЛ 5. ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ НЕЧІТКИХ ВІДНОШЕННЯХ ПЕРЕВАГИ НА МНОЖИНІ АЛЬТЕРНАТИВ</b> .....	<b>186</b>
5.1. Нечіткі відношення переваги та їхні властивості .....	187
5.2. Нечітка підмножина недомінованих альтернатив .....	190
5.3. Чітко недоміновані альтернативи та їхні властивості .....	195
5.4. Прийняття рішень з урахуванням кількох відношень переваги на множині альтернатив .....	197
5.5. Відношення переваги на нечіткій множині альтернатив .....	205
5.6. Прийняття рішень, коли задано перевагу на множині ознак .....	205
Висновки .....	210
Контрольні питання .....	210
Завдання до розділу 5 .....	211
<b>РОЗДІЛ 6. НЕЧІТКІ МНОЖИНИ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ</b> .....	<b>214</b>
6.1 Лінгвістична змінна та її опис через нечітку множину .....	214
6.2 Нечіткі висловлювання та їхні перетворення .....	216
6.3 Нечітке логічне виведення .....	218
6.4 Алгоритми логічного виведення .....	222
6.4.1 Алгоритм Мамдані (Mamdani) .....	222
6.4.2. Алгоритм Цукамото (Tsukamoto) .....	223
6.4.3 Алгоритм Сугено і Такагі (Sugeno & Takagi) .....	225
6.4.4 Алгоритм Ларсена (Larsen) .....	226
6.5 Методи зведення змінних до чіткості .....	227
Висновки .....	231
Контрольні питання .....	231

Завдання до розділу 6 .....	232
<b>РОЗДІЛ 7. НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ ЯК</b>	<b>235</b>
<b>УНІВЕРСАЛЬНІ АПРОКСИМАТОРИ .....</b>	<b>.....</b>
7.1 Теоретичні засади застосування нечітких нейронних мереж для апроксимації функцій .....	235
7.2 Нечітка нейронна мережа архітектури ANFI .....	236
7.3 Алгоритм навчання нечіткої нейронної мережі.....	238
7.4 Нечітка нейронна мережа TSK .....	244
7.5 Нечіткі нейронні мережі з самоорганізацією .....	248
7.6 Застосування нечітких нейронних мереж для апроксимації функцій .....	252
Висновки .....	255
Контрольні питання .....	256
Завдання до розділу 7 .....	257
<b>РОЗДІЛ 8. ЗАСТОСУВАННЯ НАБЛИЖЕНИХ ВИСЛОВЛЕНЬ</b>	<b>.....</b>
<b>У ТЕОРІЇ КЕРУВАННЯ .....</b>	<b>259</b>
8.1. Основні поняття теорії керування .....	259
8.2. Основні ідеї нечіткого керування .....	265
8.3. Контролер Мамдані .....	265
8.4. Нечіткий контролер на базі нейронних мереж .....	267
8.5. Приклади задач нечіткого керування .....	275
8.5.1. Модель керування паровим котлом .....	275
8.5.2. Модель системи автоматичного керування двигуном ліфта .....	278
8.6. Сфери, у яких застосовують нечітке керування .....	281
Висновки .....	283
Контрольні питання .....	283
Завдання до розділу 8 .....	284
<b>РОЗДІЛ 9. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН</b>	<b>.....</b>
<b>ДО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ.....</b>	<b>286</b>
9.1. Задача вибору оптимального дебіту свердловини (підхід Беллмана – Заде) .....	286
9.2. Задача розподілу ринку банківських послуг на зони впливу банків .....	287

9.3.	Задача визначення оптимальної рецептури закладної суміші для заповнення гірничих виробок .....	293
9.3.1.	Постановка задачі та побудова математичної моделі .....	293
9.3.2.	Вибір методу та розв'язування задачі .....	298
9.3.3.	Висновки .....	302
9.4	Керування запасами сировини на підприємстві в умовах нечітко визначеного попиту.....	302
9.4.1.	Постановка задачі та побудова математичної моделі .....	302
9.4.2.	Розв'язування задачі методом послідовної редукції .....	304
9.4.3.	Розв'язування задачі керування запасами методом кусково-лінійної редукції .....	306
9.4.4.	Розв'язування задачі із використанням інтервальної арифметики Каухера .....	311
9.4.5.	Порівняння результатів розв'язування нечіткої задачі керування запасами та висновки .....	313
9.5.	Вибір постачальника палива на основі нечітких відношень переваги .....	315
9.5.1.	Постановка задачі вибору і побудова математичної моделі .....	315
9.5.2.	Розв'язування задачі вибору на основі нечітких відношень переваги .....	317
	Висновки .....	318
	Відповіді на завдання та методичні вказівки до їх виконання .....	319
	Список літератури .....	327
	Додаток 1. Індивідуальні завдання до розділу 1 .....	334
	Додаток 2. Індивідуальні завдання до розділу 2 (п. 2.1 – 2.3).....	347
	Додаток 3. Індивідуальні завдання до розділу 2 (п. 2.4 – 2.6) .....	350
	Додаток 4. Індивідуальні завдання до розділу 3 .....	356
	Додаток 5. Індивідуальні завдання до розділу 4 .....	362
	Додаток 6. Індивідуальні завдання до розділу 5 .....	365
	Додаток 7. Індивідуальні завдання до розділу 6 .....	373
	Предметний покажчик .....	383