

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

**МЕТОДИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ
У ЗАДАЧАХ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

Монографія

Харків – 2020

УДК 004.85:303.732.4+519.816

М 54

Рецензенти:

Г. М. Жолткевич – доктор технічних наук, професор, декан факультету математики і інформатики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна;

О. І. Тарасов – доктор технічних наук, професор кафедри турбінобудування Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

*Затверджено до друку рішенням Вченої ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 1 від 20 січня 2020 року)*

М 54 **Методи** машинного навчання у задачах системного аналізу і прийняття рішень : монографія / В. Є. Стрілець, С. І. Шматков, М. Л. Угрюмов та ін. – Харків : Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2020. – 160 с.
ISBN 978-966-285-627-9

Системний аналіз пронизує всі аспекти сучасного життя, його методи використовуються як у природничих, технічних галузях, та і у суспільних. У монографії узагальнені особливості, властивості, структура та етапи системного аналізу. Окремо розглянуті задачі та методи прийняття рішень із точки зору системної методології. Сформульовані постановки задач прийняття рішень і багатокритеріальної оптимізації в умовах невизначеності вхідних даних. Запропоновані методи машинного навчання під час розв'язання задач прийняття рішень, багатокритеріальної стохастичної оптимізації на основі штучних нейронних мереж та еволюційних алгоритмів. Наведені результати застосування розглянутих методів під час робастного оптимального проектування й інтелектуального діагностування систем і процесів.

Для студентів, аспірантів, наукових співробітників факультетів комп'ютерних наук; математики і інформатики; радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем; фізико-технічного факультету.

УДК 004.85:303.732.4+519.816

ISBN 978-966-285-627-9

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2020

© Стрілець В. Є., Шматков С. І., Угрюмов М. Л. та ін., 2020

© Чорна О. Д., макет обкладинки, 2020

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ – ПАРАДИГМА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	10
1.1. Особливості системного аналізу як парадигми творчої діяльності	10
1.2. Складна система як об'єкт дослідження	12
1.3. Ціль як поняття системного аналізу	13
1.4. Властивості та принципи системного підходу	15
1.5. Евристичні гіпотези системного аналізу.....	16
1.6. Особливості задач системного аналізу.....	18
1.7. Структура системного аналізу	19
1.8. Основні етапи системного аналізу	24
Висновки до розділу 1	25
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ	26
2.1. Форми подання систем	26
2.1.1. Теоретико-множинне подання систем.....	28
2.1.2. Стан системи.....	30
2.2. Класифікація систем	31
2.3. Управління системами та системи управління.....	32
2.4. Моделювання динамічних систем	35
2.4.1. Класифікація моделей систем і процесів	37
2.4.2. Математичне моделювання динамічних систем	39
2.4.3. Етапи створення моделей систем і процесів.....	42
2.5. Системні структурні моделі	43
2.5.1. Поняття зворотного зв'язку.....	43
2.5.2. Класифікація системних структурних моделей.....	44
Висновки до розділу 2	47
РОЗДІЛ 3. ЗАДАЧІ І МЕТОДИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	49
3.1. Аналіз і подання проблеми в теорії прийняття рішень.....	49
3.1.1. Морфологічний аналіз проблеми.....	51
3.2. Стратегії, принципи і підходи, які застосовуються під час розробки системних цільових моделей проблем.....	52

3.2.1. Системні стратегії прийняття рішень	52
3.2.2. Підходи до формалізації і структуризації проблем.....	54
3.3. Задачі процесу прийняття рішень	57
3.4. Етапи формалізації і структуризації моделей процесу прийняття рішень	59
3.5. Постановки задач прийняття рішень та оптимізації	65
3.6. Класифікація обчислювальних методів раціональних розв'язків задач оптимізації і прийняття рішень.....	68
3.6.1. Мультиагентні обчислювальні методи на основі самоорганізації	72
3.6.2. Критерії ефективності і характеристики якості розв'язків, які отримані за допомогою мультиагентних методів.....	73
3.6.3. Класи складності алгоритмів, які реалізують методи	74
3.7. Структура інформаційно-аналітичного забезпечення аналізу й синтезу систем і процесів.....	74
Висновки до розділу 3	76
РОЗДІЛ 4. ТЕОРІЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ.....	78
4.1. Метод оцінювання цільових функцій і шуканих величин у багатокритеріальних задачах з апріорною невизначеністю даних	78
4.1.1. Постановка задачі й опис методу оцінювання цільових функцій і шуканих величин у задачах прийняття рішень	78
4.1.2. Скалярна згортка цільових функцій у задачах ідентифікації..	80
4.1.3. Скалярна згортка цільових функцій у багатокритеріальних задачах стохастичної оптимізації зі змішаними умовами	80
4.2. Метод синтезу робастних нейромережових моделей систем і процесів	82
4.2.1. Застосування штучних нейронних мереж, які навчаються, для побудови формальних математичних моделей систем	83
4.2.2. Метод навчання односпрямованих багатосферних штучних нейронних мереж.....	84
4.2.3. Метод навчання радіально-базисних штучних нейронних мереж.....	91
4.2.4. Алгоритм Грехема фільтрації елементів, які потрапляють в область визначення	100
4.3. Метод оцінювання інформативності (значущості) змінних багатовимірних моделей систем і процесів	101
4.4. Математичні моделі й обчислювальні методи розв'язання задач стохастичної оптимізації	105
4.4.1. Огляд основних обчислювальних методів розв'язання багатокритеріальних задач стохастичної оптимізації	105

4.4.2. Постановки задач стохастичної оптимізації	109
4.4.3. Еволюційний метод розв'язання задачі стохастичної оптимізації зі змішаними умовами	110
4.4.4. Меметичний алгоритм синтезу розв'язків задач стохастичної оптимізації зі змішаними умовами	114
Висновки до розділу 4	116
РОЗДІЛ 5. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАДАЧ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ І ОПТИМІЗАЦІЇ	119
5.1. Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень під час робастного проектування й інтелектуального діагностування систем і процесів	119
5.2. Застосування ОБМ і РБМ для розв'язання задач апроксимації даних	125
5.3. Робастне оптимальне проектування радіального вентилятора із загнутими назад лопатками робочого колеса	129
5.4. Робастне оптимальне проектування двоступеневого осьового компресора.....	133
5.5. Застосування меметичного алгоритму для розв'язання задачі пошуку закону регулювання поворотними спрямувальними апаратами багатоступеневого осьового компресора	138
5.6. Інтелектуальне діагностування авіаційних систем в умовах невизначеності вхідних даних.....	141
Висновки до розділу 5	144
ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ	147
СЛОВНИК СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕРМІНІВ	149
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	153