

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

Бочкарьов О. Ю.

**Навчання з підкріпленням в
автономних інтелектуальних системах**

Навчальний посібник

з дисципліни

для студентів галузі знань «12 Інформаційні технології»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»

Видавець Марченко Т.В.
Львів 2024

УДК 004.8
Б 72

Рецензенти:

Рак Т. Є., доктор технічних наук, доцент, професор кафедри інформаційних технологій, проректор з науково-педагогічної роботи ПЗВО “ІТ СТЕП Університет”;

Ткачук Р. Л., доктор технічних наук, професор, начальник кафедри управління інформаційною безпекою, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності;

Глухов В. С., доктор технічних наук, професор, професор кафедри електронних обчислювальних машин, Національний університет “Львівська політехніка”

*Рекомендовано Науково-методичною радою
Національного університету “Львівська політехніка”
як навчальний посібник для студентів спеціальності 123 “Комп’ютерна інженерія”
(протокол № 65 від 20 жовтня 2022 р.)*

Бочкарьов О. Ю.

Б 72 **Навчання з підкріпленням в автономних інтелектуальних системах:** навч. посібник / О. Ю. Бочкарьов. – Львів: Видавець Марченко Т.В., 2024. – 125 с.

ISBN 978-617-7937-93-6

В навчальному посібнику розглянуто теоретичні принципи навчання з підкріпленням в автономних інтелектуальних системах. Основна увага приділена моделям та методам навчання з підкріпленням. Розглянуто питання практичного застосування методів навчання з підкріпленням для побудови автономних інтелектуальних систем.

Навчальний посібник призначений для студентів спеціальності 123 “Комп’ютерна інженерія” галузі знань 12 “Інформаційні технології”.

УДК 004.8

ISBN 978-617-7937-93-6

© Бочкарьов О. Ю., 2024

© Видавець Марченко Т.В., 2024

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. Автономна інтелектуальна система.....	7
1.1. Використання методів штучного інтелекту для побудови інтелектуальних систем.....	7
1.1.1. Поняття штучного інтелекту.....	7
1.1.2. Основні напрямки досліджень в області штучного інтелекту.....	9
1.1.3. Основні концепції штучного інтелекту.....	10
2.1. Автономна інтелектуальна система: основні ідеї та визначення.....	13
1.2.1. Поняття автономної інтелектуальної системи.....	13
1.2.2. Узагальнена функціональна схема автономної інтелектуальної системи.....	14
1.2.3. Застосування автономних інтелектуальних систем.....	17
Контрольні питання.....	19
2. Автомати, що навчаються (learning automata).....	21
2.1. Моделювання простих форм цілеспрямованої поведінки.....	21
2.1.1. Стаціонарне випадкове середовище.....	21
2.1.2. Модель цілеспрямованої поведінки.....	23
2.1.3. Конструкції автоматів, що навчаються.....	25
2.1.4. Асимптотично-оптимальні послідовності симетричних автоматів, що навчаються.....	29
2.2. Поведінка автоматів, що навчаються, у випадкових середовищах з перемиканням станів.....	31
2.2.1. Випадкове середовище з перемиканням станів.....	31
2.2.2. Каскад двох автоматів з лінійною тактикою.....	35
2.2.3. Стохастичні автомати зі змінною структурою.....	36
Контрольні питання.....	41
3. Навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning).....	43
3.1. Проблема навчання з підкріпленням.....	43
3.1.1. Машинне навчання (machine learning).....	43
3.1.2. Навчання з підкріпленням (reinforcement learning).....	45
3.1.3. Випадкове середовище Multi-armed Bandit (MAB).....	46
3.1.4. Класифікація задач навчання з підкріпленням.....	49
3.2. Принципи навчання з підкріпленням в MAB.....	51
3.2.1. Методи зваженої оцінки дій (action-value methods).....	51
3.2.2. Узагальнена форма методів зваженої оцінки дій.....	54
3.2.3. Метод експоненціального усереднення.....	55
3.3. Методи навчання з підкріпленням в MAB.....	58
3.3.1. Метод нормованої експоненціальної функції.....	58

3.3.2. Метод на основі стохастичного градієнтного підйому.....	59
3.3.3. Метод верхньої довірчої межі.....	60
3.3.4. Порівняння ефективності методів навчання з підкріпленням в МАВ.....	62
3.3.5. МАВ з контекстною залежністю.....	64
Контрольні питання.....	66
4. Марківський процес прийняття рішень (Markov Decision Process).....	68
4.1. Навчання з підкріпленням в MDP.....	68
4.1.1. Задача навчання з підкріпленням в MDP.....	68
4.1.2. Пошук оптимальної стратегії для відомої моделі MDP.....	71
4.2. Методи навчання з підкріпленням в MDP.....	74
4.2.1. Метод адаптивної евристичної оцінки.....	74
4.2.2. Навчання з підкріпленням на основі часових різниць.....	75
4.2.3. Метод навчання з підкріпленням SARSA.....	79
4.2.4. Метод навчання з підкріпленням Q-learning.....	80
Контрольні питання.....	82
5. Навчання з підкріпленням в багатоагентних системах.....	84
5.1. Багатоагентні системи (multi-agent systems).....	84
5.1.1. Поняття багатоагентної системи.....	84
5.1.2. Концептуальна модель багатоагентної системи.....	90
5.1.3. Алгоритмічне забезпечення багатоагентних систем.....	93
5.1.4. Механізми координації колективної поведінки інтелектуальних агентів.....	97
5.2. Моделі та методи навчання з підкріпленням в багатоагентних системах.....	102
5.2.1. Задача навчання з підкріпленням в багатоагентній системі.....	102
5.2.2. Класифікація задач навчання з підкріпленням в багатоагентних системах.....	105
5.2.3. Методи навчання з підкріпленням в багатоагентній системі.....	106
5.2.4. Навчання розподілу обов'язків в багатоагентній системі.....	108
Контрольні питання.....	111
Термінологічний словник.....	113
Література.....	123

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Бочкарьов Олексій Юрійович

Навчання з підкріпленням в автономних інтелектуальних системах

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Підписано до друку з оригінал-макета 26.11.2023 р.

Формат 70×100 1/16 . Папір офсетний. Друк цифровий.

Умовн. друк. арк. 10,16.

Гарнітура Таймс Нью-Роман.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції:
серія ДК № 6784 від 30.05.2019 року, видане
Державним комітетом телебачення і радіомовлення України

Надруковано у друкарні видавця Марченко Т. В.