

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

І. В. Гущин  
О.В. Киричок  
В. М. Куклін

# **ВСТУП ДО МЕТОДІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ НЕЙРОМЕРЕЖ**

Навчальний посібник

Харків – 2021

УДК 004.8  
Г 98

**Рецензенти:**

**Б. М. Конорев** – доктор технічних наук, професор, лауреат державної премії УРСР, колишній начальник відділу програмного забезпечення бортових систем керування об'єктів ракетно-космічної техніки НВО «Хартрон», професор Національного аерокосмічного університету імені Н. С. Жуковського «ХАІ»;

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

**В. О. Філатов** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри штучного інтелекту Харківського національного університету радіоелектроніки.

*Затверджено до друку рішенням Вченої ради  
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна  
(протокол № 15 від 28 грудня 2021 року)*

**Гуцин І. В.**

Г 98 Вступ до методів організації та оптимізації нейромереж : навчальний посібник / І. В. Гуцин, О. В. Киричок, В. М. Куклін. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. – 152 с.

ISBN 978-966-285-754-2

У книзі викладено в значній мірі розвинені в роботах попередників різні способи опису архітектури і проблем оптимізації нейронних мереж. Обговорюються методи навчання нейронних мереж з вчителем і без нього. Детально розглядаються різні технології градієнтного спуску при зворотному поширенні помилки. Обговорюється кластеризація при навчанні без вчителя і на її основі формування класифікацій. Розглянуто прості нейронні мережі і закладені в їх основу ідеї акредитації та асоціативної пам'яті. Представлені приклади нейронних мереж на основі нечіткої логіки. Значна увага приділяється вивченню багатопараметричних нелінійних систем і на цій основі обговорюється перехід до технологій глибокого навчання. Розглянуто різні види сучасних нейромереж. Обговорюються методи перетворення вхідних даних і принципи обробки текстів природної мови. Навчальний посібник є цікавим для аспірантів і студентів факультетів природничо-наукового профілю та комп'ютерних наук, які вивчають системи штучного інтелекту.

**УДК 004.8**

ISBN 978-966-285-754-2

© Харківський національний університет  
імені В. Н. Каразіна, 2021

© Гуцин І. В., Киричок О.В., Куклін В. М., 2021

© Дончик І. М., макет обкладинки, 2021

---

Навчальне видання

**Гуцин Іван Валерійович**  
**Киричок Олександр Віталійович**  
**Куклін Володимир Михайлович**

## **ВСТУП ДО МЕТОДІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ НЕЙРОМЕРЕЖ**

Навчальний посібник

Коректор *О. В. Анцибора*  
Комп'ютерне верстання *О. С. Чистякова*  
Макет обкладинки *Н. Є. Пруднік*

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 5,12. Наклад 100 пр. Зам. № 19/22.

Видавець і виготовлювач  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,  
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №3367 від 13.01.2009

Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна  
Тел. 705-24-32

## ЗМІСТ

---

Передмова .....	6
Література до передмови .....	8
<b>ЧАСТИНА I. ВИНИКНЕННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ</b> .....	<b>9</b>
Вступ .....	9
Про рішення інтелектуальних завдань .....	10
Література до вступу .....	21
<b>РОЗДІЛ I. НАВЧАННЯ МЕРЕЖІ З УЧИТЕЛЕМ</b> .....	<b>23</b>
Навчання з учителем – параметрична оптимізація .....	23
Проблеми навчання мережі прямого розповсюдження .....	24
Пакетний градієнтний спуск .....	24
Стохастичний градієнтний спуск .....	27
Подальший розвиток методів оборотного розповсюдження помилки. Про моделі машинного навчання. ....	27
Апроксимація градієнтів без диференціювання наближеного рішення. ....	28
Оптимізатори .....	30
Використання машини Больцмана. ....	30
Література до розділу 1 .....	33
<b>РОЗДІЛ 2. НАВЧАННЯ БЕЗ УЧИТЕЛЯ</b> . ....	<b>34</b>
Формування понять – кластерів у вихідному шарі. Класифікація .....	34
Зведення вихідного кластера виходу до одного нейрона .....	35
Автоматичне виділення виграшного нейрона у вихідному шарі .....	35
Метод Хебба та алгоритм Кохонена .....	35
<b>РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖ</b> .....	<b>37</b>
Проблеми простих нейронних мереж .....	37
Проблеми недостатнього навчання .....	39
Проблеми навчання, точність якого може бути зайвою .....	39
Перепідгонка .....	40
Регуляризація .....	40
Трансфертне навчання .....	41
Оптимальне управління .....	41
Навчання з підкріпленням .....	41
Література до розділу 3 .....	43
<b>РОЗДІЛ 4. НАБОРИ ТРАДИЦІЙНИХ ІДЕЙ, ЯКІ ВИЗНАЧИЛИ РОЗВИТОК УЯВЛЕНЬ ПРО НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ</b> .....	<b>44</b>
Зміни числа нейронів у прихованих шарах .....	44
Прабатьки нейронних мереж – персептрони .....	44
Акредитація Кохонена. Мережа Кохонена .....	47

Мережа Хопфілда.....	48
Мережа Хемінга.....	49
Допоміжні мережеві пристрої.....	50
Література до розділу 4.....	52
<b>РОЗДІЛ 5. ДЕЯКІ АНАЛОГІЇ В ОПИСІ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ</b> .....	53
Формалізоване знання.....	53
Погано формалізовані дані .....	53
Системи інтегродиференціальних рівнянь і нейронна мережа. ....	56
Застосування нейронних систем для вирішення інтегродиференційних рівнянь. ....	57
Мешканці нелінійного середовища.....	58
Про нові підходи до опису штучного нейронного середовища. ....	61
Література до розділу 5. ....	62
<b>РОЗДІЛ 6. ОРГАНІЗАЦІЯ АСОЦІАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ</b> .....	63
Асоціації .....	63
Приклад з іншої області.....	64
Відновлення інформації, яку запам'ятовано.	
Двонаправлена асоціативна пам'ять – мережа Коско.....	65
Модель адаптивно-резонансної теорії.....	65
Література до розділу 6. ....	68
<b>РОЗДІЛ 7. НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ</b> .....	69
Норма та конорма.....	72
Нечіткі нейрони .....	73
Подання нейронної мережі з нечіткими нейронами.....	74
Стандарти застосування.....	77
Література до розділу 7. ....	78
<b>ЧАСТИНА ІІ. СУЧАСНИЙ РОЗВИТОК НЕЙРОМЕРЕЖ</b> .....	79
<b>РОЗДІЛ 8 РЕВОЛЮЦІЯ У ВИВЧЕННІ ТА ЗАСТОСУВАННІ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ</b> .....	79
Література до розділу 8.....	88
<b>РОЗДІЛ 9. НОВИЙ ЕТАП – ГЛИБОКЕ НАВЧАННЯ</b> .....	89
Автокодувальники.....	93
Породжуючі змагальні мережі.....	95
Згорткові мережі.....	96
CNN архітектура.....	96
Операція згортки .....	97
Операція зведення (pooling) .....	97
Операція заповнення (padding) .....	98
Рекурентні мережі .....	99
Рекурсивні нейронні мережі.....	105
Нейромережеві стимулятори.....	106

Критерії оцінювання мереж .....	106
Література до розділу 9.....	106
<b>РОЗДІЛ 10. ПРО РОЗВИТОК НЕЙРОННИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>108</b>
Про необхідність збільшення обсягів нейронних систем.....	108
Про теорії глибокого навчання .....	109
Література до розділу 10. ....	114
<b>РОЗДІЛ 11. ВВЕДЕННЯ І ВЕКТОРИЗАЦІЯ ДАНИХ.....</b>	<b>115</b>
Представлення даних у векторній формі .....	115
Перетворення вхідного вектора .....	115
Принципи вводу та обробки текстів природної мови .....	116
Стадії вилучення, перетворення та завантаження .....	118
Література до розділу 11.....	123
<b>РОЗДІЛ 12. СПОСОБИ АВТОМАТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ ТВЕРДЖЕНЬ ДАНОЇ ТЕМИ В ТЕКСТОВИХ МАСИВАХ .....</b>	<b>124</b>
Література до розділу 12.....	126
<b>ЧАСТИНА ІІІ. ПРАКТИКУМ ЗІ СТВОРЕННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....</b>	<b>127</b>
<b>РОЗДІЛ 13. ПРОЕКТУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ БІБЛІОТЕКИ NUMPY.....</b>	<b>129</b>
Реалізація нейронної мережі .....	131
Самостійна робота.....	135
Література до розділу 13.....	135
<b>РОЗДІЛ 14. ВИКОРИСТАННЯ ФРЕЙМВОРКУ TENSORFLOW В ЗАДАЧІ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ .....</b>	<b>136</b>
Самостійна робота.....	139
Література до розділу 14.....	139
<b>РОЗДІЛ 15. ВИКОРИСТАННЯ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ЗАДАЧІ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ .....</b>	<b>140</b>
Самостійна робота.....	146
Література до розділу 15.....	146
Висновки до частини ІІІ.....	146
<b>ПРИКЛАДИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....</b>	<b>147</b>
<b>ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ .....</b>	<b>149</b>
<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>151</b>