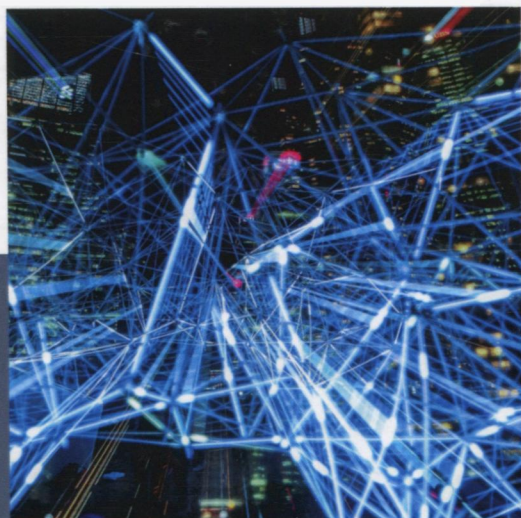


ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

# ПРАКТИКА НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ



Л. В. Хливненко  
Ф. А. Пятакович



ЛАНЬ

E.LANBOOK.COM

Л. В. ХЛИВНЕНКО, Ф. А. ПЯТАКОВИЧ

# ПРАКТИКА НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Учебное пособие  
*Издание четвертое, стереотипное*



ЛАНЬ

• САНКТ-ПЕТЕРБУРГ •  
• МОСКВА • КРАСНОДАР •  
• 2024 •

УДК 004  
ББК 32.973я73

**X 56** Хливненко Л. В. Практика нейросетевого моделирования : учебное пособие для вузов / Л. В. Хливненко, Ф. А. Пятакович. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 200 с. : ил. — Текст : непосредственный.

**ISBN 978-5-507-47590-2**

В книге рассмотрены теоретические основы моделирования искусственных нейронных сетей различной архитектуры. Приведены алгоритмы обучения однослойных и многослойных сетей прямого распространения, самоорганизующихся и рекуррентных сетей. Рассмотрено моделирование многоагентных систем на основе эволюционирующих нейронных сетей. Приводятся оригинальные методики визуализации внутреннего состояния обученной нейронной сети и решения задач классификации, категоризации, прогнозирования, восстановления зашумленной информации. Даны методологические основы проектирования нейросетевых модулей решения задач в виде компьютерных приложений. Приведены описания структур, интерфейсов и компьютерные коды основных блоков нейросетевых приложений. Описаны методы комбинирования градиентных и стохастических алгоритмов обучения для повышения эффективности решения практических задач. Приводятся оригинальные методики решения задач распознавания образов, прогнозирования курсов валют, задач медицинской диагностики. Рассмотрены методы и способы оценки эффективности разработанных нейросетевых моделей.

Издание может быть использовано в курсах «Проектирование интеллектуальных систем», «Компьютерные технологии в медико-биологической практике», «Автоматизация обработки медицинской информации», «Управление в биотехнических системах». Может быть полезно также для научных работников, специализирующихся в области разработки автоматизированных систем искусственного интеллекта и когнитивного моделирования процессов принятия решений.

УДК 004  
ББК 32.973я73

**Обложка**  
**Е. А. ВЛАСОВА**

- © Издательство «Лань», 2024
- © Л. В. Хливненко,  
Ф. А. Пятакович, 2024
- © Издательство «Лань»,  
художественное оформление, 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ГЛАВА I. ПРОБЛЕМАТИКА НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	5
ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: что это такое и зачем они нужны? .....	5
БИОЛОГИЧЕСКИЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: чем обусловлено название? .....	10
ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: основные понятия .....	14
МЕТОД ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА: как обучить искусственную нейронную сеть? .....	21
НЕЙРОСЕТЕВАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ: как запрограммировать простую нейронную сеть? .....	24
ГЛАВА II. ОДНОСЛОЙНЫЕ СЕТИ ПРЯМОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ .....	31
РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ: как закодировать картинку? .....	31
ОБУЧЕНИЕ ОДНОСЛОЙНОЙ СЕТИ: правило Хебба .....	32
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЦИФР: программирование сети от «А» до «Я» .....	34
КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ: визуализация внутреннего состояния обученной искусственной нейронной сети .....	40
ЗАДАЧА МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ: прогнозирование исходов мерцательной аритмии .....	46
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ с помощью искусственной нейронной сети .....	51
ИНТЕГРАЦИЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДУЛЯ в информационную систему прогнозирования исходов синдрома фибрилляции предсердий .....	55
ГЛАВА III. МНОГОСЛОЙНЫЕ СЕТИ ПРЯМОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ .....	58
ОБУЧЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ СЕТЕЙ: алгоритм обратного распространения ошибки .....	58
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КУРСА ДОЛЛАРА: как запрограммировать двухслойную сеть? .....	61

<b>ЗАДАЧА МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ:</b>	
классификация степени активности автономной нервной системы .....	70
<b>РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ:</b>	
с помощью двухслойной искусственной нейронной сети .....	74
<b>КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ:</b>	
практическая апробация нейросетевых алгоритмов .....	76
<b>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ:</b>	
проверка адекватности моделирования .....	78
<b>ГЛАВА IV. СТОХАСТИЧЕСКИЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ .....</b>	<b>81</b>
<b>ПРОБЛЕМЫ ОБУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ СЕТЕЙ:</b>	
недостатки алгоритма обратного распространения ошибки .....	81
<b>СТОХАСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ:</b>	
имитация отжига .....	83
<b>КОМБИНИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ:</b>	
объединение метода обратного распространения ошибки с обучением Коши .....	87
<b>ЗАДАЧА МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ:</b>	
комбинированное нейросетевое решение .....	90
<b>КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ:</b>	
разработка автономного нейросетевого приложения .....	94
<b>ГЛАВА V. САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ...</b>	<b>100</b>
<b>КОНКУРЕНТНОЕ ОБУЧЕНИЕ:</b>	
«победитель забирает всё» .....	100
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТИ КОХОНЕНА В EXCEL:</b>	
решение задачи категоризации объектов жилой недвижимости ..	104
<b>КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ТОЧЕК ПЛОСКОСТИ:</b>	
создание генератора обучающей выборки .....	113
<b>ПРОГРАММИРОВАНИЕ СЕТИ КОХОНЕНА:</b>	
решение задачи кластеризации .....	117
<b>ГЛАВА VI. РЕКУРРЕНТНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ .....</b>	<b>126</b>
<b>АРХИТЕКТУРА СЕТИ ХОПФИЛДА:</b>	
как функционирует рекуррентная сеть? .....	126
<b>ЗАПОМИНАНИЕ ЭТАЛОННЫХ ОБРАЗОВ:</b>	
как обучается сеть Хопфилда? .....	129
<b>ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗАШУМЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ:</b>	
распознавание цифр по неполным изображениям .....	130
<b>КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТИ ХОПФИЛДА:</b>	
как запрограммировать простую рекуррентную сеть? .....	133

ГЛАВА VII. ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩИЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ .....	142
ЭВОЛЮЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ:	
основные понятия и методы .....	142
МНОГОАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ:	
как создать виртуальный мир? .....	146
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ:	
как разработать приложение для исследования? .....	150
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭВОЛЮЦИИ:	
чему научились агенты в процессе выживания? .....	154
ГЛАВА VIII. ОБЪЕДИНЕНИЕ	
ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	
В СИСТЕМЫ КОЛЛЕКТИВНОГО	
ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕЛЛЕКТА .....	160
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ:	
на примере обработки медицинской информации .....	160
НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ:	
блок обучения с экспертом .....	163
НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ КАТЕГОРИЗАЦИИ:	
блок самообучения .....	168
НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ПОРТРЕТЫ КЛАССОВ:	
блок визуализации .....	172
МНОГОУРОВНЕВАЯ СТРУКТУРА УПРАВЛЕНИЯ:	
баланс между апробацией и развитием .....	175
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	180
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	182