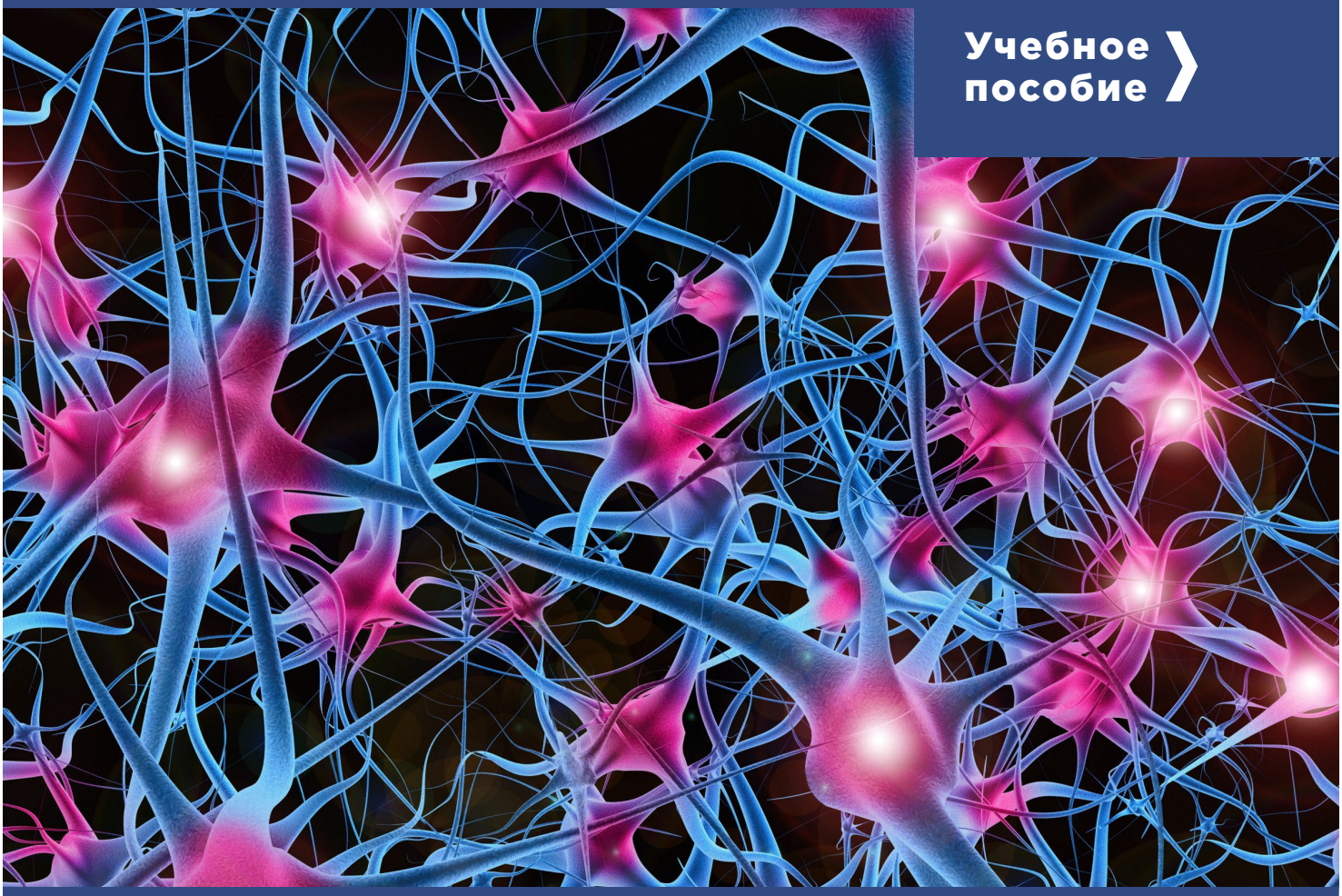
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
УЧЕБНО-НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС
«МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ КЫРГЫЗСТАНА»

Е. Ю. Савченко

Основы и применение НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ:
теория, практика, инновации

Учебное пособие



Бишкек • 2024

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
УЧЕБНО-НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС
«МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ КЫРГЫЗСТАНА»

Е. Ю. Савченко

Основы и применение НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ:
теория, практика, инновации

Учебное пособие

Бишкек • 2024

УДК 004.6
ББК 16.6
С 13

Рекомендовано к изданию ученым советом УНПК МУК

Допущено Министерством образования и науки Кыргызской Республики в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений.

Приказ МОиН КР № 670/1, от 26.04.2024 г.

Рецензенты:
Каплина Т. Ю. – канд. техн. наук, доцент кафедры «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» КРСУ им. Б. Ельцина.
Мусакулова Ж. А. – канд. техн. наук, доцент кафедры «Компьютерных информационных систем и управления» УНПК МУК.

Савченко Е. Ю.

С 13 **Основы и применение нейронных сетей: теория, практика, инновации.** Учеб. пособие / Е. Ю. Савченко. – Б.: Нео Принт, 2024. – 116 с.: ил.

ISBN 978-9967-9517-3-0 (print)
ISBN 978-9967-9517-4-7 (online)

Учебное пособие «Основы и применение нейронных сетей: Теория, практика, инновации» является руководством по изучению и применению нейронных сетей в различных сферах искусственного интеллекта. Оно охватывает широкий диапазон тем, начиная от основ и истории развития нейронных сетей, до современных технологий и инновационных применений, таких как генеративные сети (GAN) и обработка естественного языка (NLP). Пособие содержит теоретические основы, практические задания «Нейро-практикум» для закрепления знаний, а также обзор последних тенденций и будущего развития нейронных сетей. Это руководство станет ценным ресурсом для студентов, преподавателей и профессионалов в области ИИ, желающих глубже изучить эту быстро развивающуюся область.

УДК 004.6
ББК 16.6

ISBN 978-9967-9517-3-0 (print)
ISBN 978-9967-9517-4-7 (online)

© Савченко Е. Ю., 2024.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ. Нейронные сети 7

ГЛАВА 1. Основы нейронных сетей 10
1.1. История развития нейронных сетей 10
Современность — Глубокое обучение и нейронные сети 11
1.2. Основные проблемы, решаемые искусственными нейронными сетями 11
Классификация образов 11
Кластеризация/категоризация 12
Аппроксимация функций 12
Предсказание/прогноз 12
Оптимизация 12
1.3. Биологический нейрон и его математическая модель 12
Искусственный нейрон 14
Типы функций активации 17
1.4. Классификация нейронных сетей и их свойства 19
Представление знаний в нейронных сетях 21

ГЛАВА 2. Многослойные нейронные сети прямого распространения 23
2.1. Обучение нейронных сетей. Парадигмы обучения 24
Рассмотрим парадигму обучения нейронной сети с учителем 25
2.2. Обучение, основанное на коррекции ошибок 27
Многослойная сеть прямого распространения 28
2.3. Алгоритм обратного распространения ошибки (*back propagation*) 30
Алгоритм обучения сети обратного распространения 35

2.4. Последовательный и пакетный режимы обучения алгоритма обратного распространения ошибки 38
Последовательный режим 38
Пакетный режим 39
Последовательный (онлайн) режим обучения 40
Пакетный режим обучения 40
Мини-пакетное обучение (*Mini-Batch Training*) 41

ГЛАВА 3. Самоорганизующиеся нейронные сети 42
Рассмотрим парадигму обучения нейронной сети без учителя 42
3.1. Принципы работы 43
Важность карты признаков 46
3.2. Примеры и применение 47
Вывод 47

ГЛАВА 4. Генеративные нейронные сети (GAN) 48
4.1. Принцип работы генеративных нейронных сетей 48
4.2. Приложения GAN: синтез изображений, структур и другие возможности 49
4.3. Приложение GAN для синтеза изображений на примере DALL·E 51

ГЛАВА 5. Нейронные сети для обработки естественного языка (NLP) 53
5.1. Типы нейронных сетей для обработки естественного языка NLP 53
5.2. Трансформеры 54
5.3. Применение NLP 56
5.4. Приложение ChatGPT 57
5.5. ChatGPT для решения задач по программированию ... 58

ГЛАВА 6. Практические аспекты обучения нейронных сетей 61
6.1. Подготовка данных и предобработка 61
6.2. Выбор функций ошибок и метрик качества 62

Различие с функцией ошибки 65

ГЛАВА 7. Приложения и последние тенденции 66
7.1. Нейронные сети в медицине 66
7.2. Нейронные сети в экономике 68
7.3. Автоматическое управление и умные системы 69
7.4. Развитие нейросетей в будущем 70

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Подведение итогов 72
Рекомендации по дополнительному изучению 73
Основные книги, статьи и учебные пособия 74
Практический опыт и проекты 76
Постоянное обучение и развитие 76

ЛИТЕРАТУРА. Список источников 77

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Тренировочные задания «Нейро-практикум» 79

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Зачем изучать нейронные сети 112

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Ключевые термины и определения 114

ВВЕДЕНИЕ

Нейронные сети

В современном информационном обществе нейронные сети стали одной из самых актуальных и мощных технологий, преобразовавших множество сфер жизни. Они стали двигателем инноваций в области искусственного интеллекта и машинного обучения, совершив невероятный скачок в развитии за последние десятилетия. Нейронные сети нашли свое применение в медицине, финансах, компьютерном зрении, обработке естественного языка, управлении роботами и многих других областях, что делает их ключевым инструментом для исследователей, инженеров и разработчиков.

Это учебное пособие посвящено изучению нейронных сетей и их применению. Здесь мы представим вам обширный и информативный материал, который поможет вам овладеть основами нейронных сетей и развить навыки в создании и применении различных видов нейронных архитектур.

Цели и задачи учебного пособия по нейронным сетям:

ЦЕЛИ:

Обеспечение понимания основ нейронных сетей	Пособие направлено на предоставление читателю глубокого понимания основных концепций, принципов и математических аспектов, лежащих в основе работы нейронных сетей
Обучение практическим навыкам	Пособие предоставляет практические рекомендации и примеры для реализации, обучения и оценки нейронных сетей на практике

Освоение различных архитектур и приложений	Читатели узнают о разнообразных архитектурах нейронных сетей и их приложениях в различных областях, таких как компьютерное зрение, обработка текста и звука, автономная навигация и другие
Поддержка обучения и исследования	Пособие может использоваться студентами, преподавателями, исследователями и всеми, кто интересуется нейронными сетями, в качестве основного ресурса для изучения и проведения исследований.

ЗАДАЧИ:

Объяснение ключевых понятий	Пособие объясняет базовые и продвинутые понятия в области нейронных сетей, начиная с принципов работы одного нейрона и заканчивая глубокими архитектурами
Предоставление практических инструкций	Пособие предоставляет практические шаги и рекомендации по созданию, обучению и тестированию нейронных сетей
Разработка навыков решения задач	Читатели учатся применять знания и навыки, приобретенные из пособия, для решения конкретных задач, таких как классификация, аппроксимация, сегментация и др.
Изучение актуальных тенденций и исследований	Пособие включает информацию о последних тенденциях, исследованиях и применениях нейронных сетей, что позволяет читателям оставаться в курсе современных разработок в этой области
Содействие образованию и научным исследованиям	Пособие служит инструментом для образования и научных исследований, способствуя распространению знаний и внедрению нейронных сетей в различные области деятельности

Цели и задачи учебного пособия по нейронным сетям нацелены на то, чтобы сделать эту сложную область доступной и понятной для широкой аудитории, а также вдохновить читателей на изучение и применение нейронных сетей в своей работе и исследованиях.

Мы призываем вас начать этот увлекательный путь в мир нейронных сетей и искусственного интеллекта с нами. Независимо от вашего уровня подготовки и опыта, это пособие предоставит вам необходимые знания и инструменты для успешного освоения этой захватывающей области. Начнем с основ и постепенно продвинемся к более сложным концепциям и практическим применениям. Добро пожаловать в мир нейронных сетей!

ГЛАВА 1

Основы нейронных сетей

1.1. История развития нейронных сетей

История развития нейронных сетей представляет собой увлекательный путь от первых попыток создания искусственных нейронных систем до современных глубоких нейронных сетей.

Вот краткий обзор ключевых этапов в развитии этой области:

1940-е годы **Рождение нейронных сете**	В начале 1940-х годов Уоррен Маккаллок и Уолтер Питц создали первую математическую модель биологического нейрона, что послужило отправной точкой для исследований в области искусственных нейронных сетей
1950-е годы **Перцептрон и период оптимизма**	Фрэнк Розенблатт представил модель перцептрона, однослойной нейронной сети, способной решать линейно разделимые задачи. Это привело к оптимизму относительно способности нейронных сетей решать сложные проблемы
1960-е годы **Ограничения и забвение**	Мин Мински и Сеймур Пейперт опубликовали книгу «Перцептроны», в которой указали на ограничения перцептрона, включая неспособность решать задачи, нелинейно разделимые входные данные. Это привело к временному забвению нейронных сетей в те годы.
1980-е годы **Возвращение с обратным распространением ошибки**	В 1986 году Дэвид Румельхарт, Джеффри Хинтон и Рональд Уильямс представили метод обратного распространения ошибки (Backpropagation), который позволил обучать многослойные нейронные сети. Это возродило интерес к нейронным сетям

1990-е годы **Возникновение сверточных нейронных сетей**	Ян ЛеКун разработал сверточные нейронные сети (CNN), которые успешно применяются в обработке изображений и распознавании образов. CNN стали ключевым элементом в сфере компьютерного зрения
2000-е годы **Развитие рекуррентных нейронных сетей**	Рекуррентные нейронные сети (RNN) получили широкое применение в обработке последовательных данных, таких как естественный язык и временные ряды. Методы обучения LSTM и GRU улучшили эффективность RNN.

Современность — Глубокое обучение и нейронные сети

С развитием вычислительных ресурсов и появлением глубоких архитектур нейронных сетей, таких как глубокие сверточные нейронные сети (*Deep CN*N) и рекуррентные нейронные сети с долгой краткосрочной памятью (*LSTM*), нейронные сети стали неотъемлемой частью машинного обучения и искусственного интеллекта.

История нейронных сетей отражает их постоянное развитие и эволюцию от простых моделей к сложным, способным решать разнообразные задачи. Сегодня нейронные сети являются одной из ключевых технологий в области искусственного интеллекта и машинного обучения.

1.2. Основные проблемы, решаемые искусственными нейронными сетями

Классификация образов

Задача состоит в указании принадлежности входного образа, представленного вектором признаков, одному или нескольким предварительно определенным классам. К известным приложениям относятся распознавание букв, распознавание речи, классификация сигнала электрокардиограммы, классификация клеток крови.

Кластеризация/категоризация

При решении задачи кластеризации, которая известна также как классификация образов без учителя, отсутствует обучающая выборка с образцами классов. Алгоритм кластеризации основан на подобии образов и размещает близкие образы в один кластер. Известны случаи применения кластеризации для извлечения знаний, сжатия данных и исследования свойств данных.

Аппроксимация функций

Предположим, что имеется обучающая выборка $((x_1, y_2), (x_2, y_2), ..., (x_n, y_m))$, которая генерируется неизвестной функцией, искаженной шумом. Задача аппроксимации состоит в нахождении оценки этой функции.

Предсказание/прогноз

Пусть заданы N дискретных отсчетов $\{y(t_1), y(t_2, y(t_k)\}$ в последовательные моменты времени t_1, t_2, ..., t_k. Задача состоит в предсказании значения $y(t_{k+1})$ в момент t_{k+1}. Прогнозы имеют значительное влияние на принятие решений в бизнесе, науке и технике.

Оптимизация

Многочисленные проблемы в математике, статистике, технике, науке, медицине и экономике могут рассматриваться как проблемы оптимизации. Задачей оптимизации является нахождение решения, которое удовлетворяет системе ограничений и максимизирует или минимизирует целевую функцию.

1.3. Биологический нейрон и его математическая модель

Нервная система и мозг человека состоят из нейронов, соединенных между собой нервными волокнами. Нервные волокна способны передавать электрические импульсы между нейронами. Все процессы передачи раздражений от кожи, ушей

и глаз к мозгу, процессы мышления и управления действиями — все это реализовано в живом организме как передача электрических импульсов между нейронами. *Нейрон* (нервная клетка) является особой биологической клеткой, которая обрабатывает информацию *(рис. 1.1.)*. Он состоит из *тела,* или *сомы,* и отростков нервных волокон двух типов — *дендритов*, по которым принимаются импульсы, и единственного *аксона*, по которому нейрон может передавать импульс. Тело нейрона включает *ядро,* которое содержит информацию о наследственных свойствах, и *плазму,* обладающую молекулярными средствами для производства необходимых нейрону материалов. Нейрон получает сигналы (импульсы) от аксонов других нейронов через дендриты (приемники) и передает сигналы, сгенерированные телом клетки, вдоль своего аксона (передатчика), который в конце разветвляется на волокна. На окончаниях этих волокон находятся специальные образования — *синапсы*, которые влияют на величину импульсов.

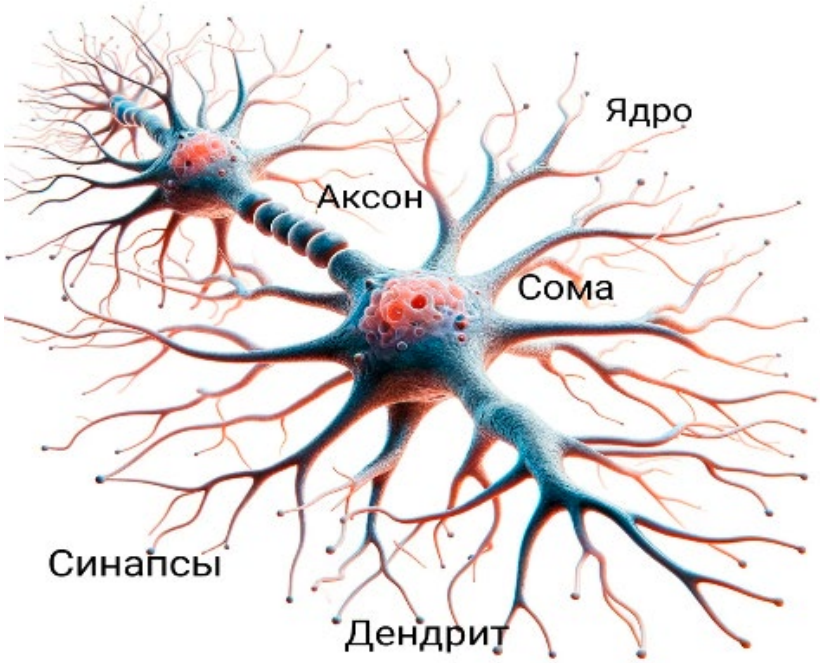


Рис. 1.1. Взаимосвязь биологических нейронов