

# ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ

## ПОГРУЖЕНИЕ В МИР НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ



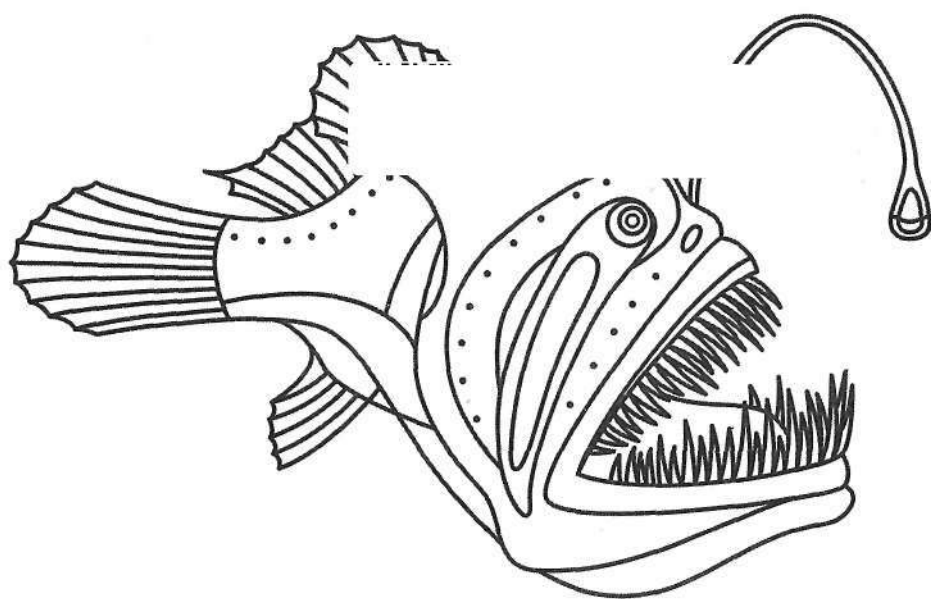
$$\begin{aligned}
 \text{KL}(q(w) \| p(w) | X, Y) &= \int q(w) \log \frac{q(w)}{p(w) | X, Y} dw = \\
 &= \int q(w) \log \frac{q(w)}{p(w)p(Y | X, w)} dw + \text{const} = \\
 &= - \int q(w) \log p(Y | X, w) dw + \int q(w) \log \frac{q(w)}{p(w)} dw + \text{const} = \\
 &= - \int q(w) \log p(Y | X, w) dw + \text{KL}(q(w) \| p(w)) + \text{const} = \\
 &= - \sum_{i=1}^N \int q(w) \log p(y_i | f_w(x_i)) dw + \text{KL}(q(w) \| p(w)) + \text{const},
 \end{aligned}$$



С. Николенко, А. Кадулин, Е. Архангельская

С. Николенко, А. Кадурын, Е. Архангельская

# ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ ПОГРУЖЕНИЕ В МИР НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ



 ПИТЕР®

Санкт-Петербург • Москва • Екатеринбург • Воронеж  
Нижний Новгород • Ростов-на-Дону • Самара • Минск

2019

**Николенко, С. И.** Глубокое обучение : погружение в мир нейронных сетей / С. И. Николенко, А. А. Кадурын, Е. О. Архангельская. — Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2019. — 476 с. : ил. — (Библиотека программиста).

УДК 004.8.032.26

ББК 32

**Чит. зал №1 — 2 экз.**

Перед вами — первая книга о глубоком обучении, написанная на русском языке. Глубокие модели оказались ключом, который подходит ко всем замкам сразу: новые архитектуры и алгоритмы обучения, а также увеличившиеся вычислительные мощности и появившиеся огромные наборы данных привели к революционным прорывам в компьютерном зрении, распознавании речи, обработке естественного языка и многих других типично «человеческих» задачах машинного обучения. Эти захватывающие идеи, вся история и основные компоненты революции глубокого обучения, а также самые современные достижения этой области доступно и интересно изложены в книге. Максимум объяснений, минимум кода, серьезный материал о машинном обучении и увлекательное изложение — в этой уникальной работе замечательных российских ученых и интеллектуалов.

# Оглавление

## Часть I. Как обучать нейронные сети

Глава 1. От биологии к информатике, или We need to go deeper . . . . .	6
1.1. Революция обучения глубоких сетей . . . . .	7
1.2. Искусственный интеллект и машинное обучение . . . . .	11
1.3. Немного о словах: каким бывает машинное обучение . . . . .	17
1.4. Особенности человеческого мозга. . . . .	21
1.5. Пределы нейробиологии: что мы на самом деле знаем? . . . . .	26
1.6. Блеск и нищета современных нейронных сетей . . . . .	30
Глава 2. Предварительные сведения, или Курс молодого бойца . . . . .	38
2.1. Теорема Байеса . . . . .	39
2.2. Функции ошибки и регуляризация. . . . .	53
2.3. Расстояние Кульбака — Лейблера и перекрестная энтропия. . . . .	63
2.4. Градиентный спуск: основы . . . . .	69
2.5. Граф вычислений и дифференцирование на нем . . . . .	75
2.6. И о практике: введение в TensorFlow и Keras. . . . .	81
Глава 3. Перцептрон, или Эмбрион мудрого компьютера . . . . .	93
3.1. Когда появились искусственные нейронные сети . . . . .	94
3.2. Как работает перцептрон . . . . .	97
3.3. Современные перцептроны: функции активации. . . . .	105
3.4. Как же обучаются настоящие нейроны . . . . .	113
3.5. Глубокие сети: в чем прелесть и в чем сложность? . . . . .	117
3.6. Пример: распознавание рукописных цифр на TensorFlow . . . . .	123

## Часть II. Основные архитектуры

Глава 4. Быстрее, глубже, сильнее, или Об оврагах, долинах и трамплинах . . . . .	137
4.1. Регуляризация в нейронных сетях . . . . .	138
4.2. Как инициализировать веса . . . . .	142
4.3. Нормализация по мини-батчам. . . . .	153
4.4. Метод моментов: Ньютон, Нестеров и Гессе . . . . .	164
4.5. Адаптивные варианты градиентного спуска . . . . .	169
Глава 5. Сверточные нейронные сети и автокодировщики, или Не верь глазам своим . . . . .	176
5.1. Зрительная кора головного мозга . . . . .	177
5.2. Свертки и сверточные сети. . . . .	182
5.3. Свертки для распознавания цифр. . . . .	199
5.4. Современные сверточные архитектуры. . . . .	206
5.5. Автокодировщики . . . . .	214
5.6. Пример: кодируем рукописные цифры . . . . .	219

Глава 6. Рекуррентные нейронные сети, или Как правильно кусать себя за хвост . . . . .	231
6.1. Мотивация: обработка последовательностей . . . . .	232
6.2. Распространение ошибки и архитектуры RNN . . . . .	236
6.3. LSTM . . . . .	242
6.4. GRU и другие варианты . . . . .	249
6.5. SCRN и другие: долгая память в обычных RNN . . . . .	253
6.6. Пример: порождаем текст символ за символом . . . . .	259

### Часть III. Новые архитектуры и применения

Глава 7. Как научить компьютер читать, или Математик – Мужчина + Женщина = ... . . . . .	278
7.1. Интеллектуальная обработка текстов . . . . .	279
7.2. Распределенные представления слов: word2vec . . . . .	285
7.3. Русскоязычный word2vec на практике . . . . .	297
7.4. GloVe: раскладываем матрицу правильно . . . . .	305
7.5. Вверх и вниз от представлений слов . . . . .	313
7.6. Рекурсивные нейронные сети и синтаксический разбор . . . . .	322

Глава 8. Современные архитектуры, или Как в споре рождается истина . . . . .	330
8.1. Модели с вниманием и encoder-decoder . . . . .	331
8.2. Порождающие модели и глубокое обучение . . . . .	341
8.3. Состязательные сети . . . . .	348
8.4. Практический пример и трюк с логистическим сигмоидом . . . . .	353
8.5. Архитектуры, основанные на GAN . . . . .	359

Глава 9. Глубокое обучение с подкреплением, или Удивительное происшествие с чемпионом . . . . .	372
9.1. Обучение с подкреплением . . . . .	373
9.2. Марковские процессы принятия решений . . . . .	379
9.3. От TDGammon к DQN . . . . .	391
9.4. Бамбуковая хлопущка . . . . .	399
9.5. Градиент по стратегиям и другие применения . . . . .	405

Глава 10. Нейробайесовские методы, или Прошлое и будущее машинного обучения . . . . .	409
10.1. Теорема Байеса и нейронные сети . . . . .	410
10.2. Алгоритм EM . . . . .	412
10.3. Вариационные приближения . . . . .	419
10.4. Вариационный автокодировщик . . . . .	426
10.5. Байесовские нейронные сети и дропаут . . . . .	438
10.6. Заключение: что не вошло в книгу и что будет дальше . . . . .	446

Благодарности . . . . .	450
-------------------------	-----

Литература . . . . .	451
----------------------	-----