

Нихиль Будума
при участии Николаса Локашо

ОСНОВЫ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Создание алгоритмов для искусственного интеллекта
следующего поколения

Перевод с английского Александра Коробейникова

Москва
«Манн, Иванов и Фербер»
2020

УДК 004.89
ББК 32.813
Б90

Научный редактор Андрей Созыкин
Издано с разрешения O'Reilly Media, Inc.
На русском языке публикуется впервые

Будума, Нихиль

Б90 Основы глубокого обучения. Создание алгоритмов для искусственного интеллекта следующего поколения / Нихиль Будума, Николас Локашо ; пер. с англ. А. Коробейникова ; [науч. ред. А. Созыкин]. — М. : Манн, Иванов и Фербер, 2020. — 304 с.

ISBN 978-5-00146-472-3

Глубокое обучение — это раздел машинного обучения, изучающий глубокие нейронные сети и выстраивающий процесс получения знаний на основе примеров. Такие крупные компании, как Google, Microsoft и Facebook, уделяют большое внимание глубокому обучению и расширяют свои подразделения в этой сфере. Для всех прочих глубокое обучение пока остается сложным, многогранным и малопонятным предметом.

Цель этой книги — заполнить этот пробел. Авторы разбирают основные принципы решения задач в глубоком обучении, исторический контекст современных подходов к нему и способы внедрения его алгоритмов.

Для всех, кто интересуется или занимается глубоким обучением.

УДК 004.89
ББК 32.813

*Все права защищены.
Никакая часть данной книги не может
быть воспроизведена в какой бы то ни было форме
без письменного разрешения владельцев авторских прав.*

Authorized Russian translation of the English edition
of Fundamentals of Deep Learning ISBN 9781491925614
© 2017 Nikhil Buduma.
This translation is published and sold by permission
of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights
to publish and sell the same.

ISBN 978-5-00146-472-3

© Nikhil Buduma, 2017
© Перевод на русский язык, издание на русском языке,
оформление. ООО «Манн, Иванов и Фербер», 2020

Оглавление

Предисловие	11
Требования и цели	11
Условные обозначения	11
Образцы кода	12
Глава 1. Нейросеть	13
Создание умных машин	13
Ограничения традиционных компьютерных программ	13
Механика машинного обучения	15
Нейрон	19
Выражение линейных персептронов в виде нейронов	20
Нейросети с прямым распространением сигнала	21
Линейные нейроны и их ограничения	24
Нейроны с сигмоидой, гиперболическим тангенсом и усеченные линейные	25
Выходные слои с функцией мягкого максимума	27
Резюме	28
Глава 2. Обучение нейросетей с прямым распространением сигнала	29
Проблема фастфуда	29
Градиентный спуск	31
Дельта-правило и темп обучения	32
Градиентный спуск с сигмоидными нейронами	34
Алгоритм обратного распространения ошибок	35
Стохастический и мини-пакетный градиентный спуск	38
Переобучение и наборы данных для тестирования и проверки	39
Борьба с переобучением в глубоких нейросетях	46
Резюме	49
Глава 3. Нейросети в TensorFlow	50
Что такое TensorFlow?	50
Сравнение TensorFlow с альтернативами	51
Установка TensorFlow	52
Создание переменных TensorFlow и работа с ними	52
Операции в TensorFlow	54
Тензоры-заполнители	55
Сессии в TensorFlow	56

Области видимости переменной и совместное использование переменных	58
Управление моделями на CPU и GPU	61
Создание модели логистической регрессии в TensorFlow	63
Журналирование и обучение модели логистической регрессии	66
Применение TensorBoard для визуализации вычислительного графа и обучения	68
Создание многослойной модели для MNIST в TensorFlow	70
Резюме	72
Глава 4. Не только градиентный спуск	73
Проблемы с градиентным спуском	73
Локальные минимумы на поверхности ошибок глубоких сетей	74
Определимость модели	75
Насколько неприятны сомнительные локальные минимумы в нейросетях?	76
Плоские области на поверхности ошибок	80
Когда градиент указывает в неверном направлении	82
Импульсная оптимизация	85
Краткий обзор методов второго порядка	88
Адаптация темпа обучения	89
AdaGrad — суммирование исторических градиентов	89
RMSProp — экспоненциально взвешенное скользящее среднее градиентов	91
Adam — сочетание импульсного метода с RMSProp	91
Философия при выборе метода оптимизации	93
Резюме	94
Глава 5. Сверточные нейросети	95
Нейроны и зрение человека	95
Недостатки выбора признаков	95
Обычные глубокие нейросети не масштабируются	99
Фильтры и карты признаков	100
Полное описание сверточного слоя	105
Max Pooling (операция подвыборки)	108
Полное архитектурное описание сверточных нейросетей	110
Работа с MNIST с помощью сверточных сетей	111
Предварительная обработка изображений улучшает работу моделей	113
Ускорение обучения с помощью пакетной нормализации	114
Создание сверточной сети для CIFAR-10	117
Визуализация обучения в сверточных сетях	120
Применение сверточных фильтров для воссоздания художественных стилей	123
Обучаем сверточные фильтры в других областях	125
Резюме	125
Глава 6. Плотные векторные представления и обучение представлений	126
Обучение представлений в пространстве низкой размерности	126
Метод главных компонент	127
Мотивация для архитектуры автокодера	129
Реализация автокодера в TensorFlow	130

Шумопонижение для повышения эффективности плотных векторных представлений	143
Разреженность в автокодерах	146
Когда контекст информативнее, чем входной вектор данных	149
Технология Word2Vec	152
Реализация архитектуры Skip-Gram	155
Резюме	161

Глава 7. Модели анализа последовательностей	162
Анализ данных переменной длины	162
seq2seq и нейронные N-граммные модели	163
Реализация разметки частей речи	165
Определение зависимостей и SyntaxNet	173
Лучевой поиск и глобальная нормализация	178
Когда нужна модель глубокого обучения с сохранением состояния	181
Рекуррентные нейронные сети	183
Проблема исчезающего градиента	185
Нейроны долгой краткосрочной памяти (long short-term memory, LSTM)	188
Примитивы TensorFlow для моделей RNN	193
Реализация модели анализа эмоциональной окраски	194
Решение задач класса seq2seq при помощи рекуррентных нейронных сетей	199
Дополнение рекуррентных сетей вниманием	201
Разбор нейронной сети для перевода	204
Резюме	232

Глава 8. Нейронные сети с дополнительной памятью	233
Нейронные машины Тьюринга	233
Доступ к памяти на основе внимания	235
Механизмы адресации памяти в NTM	236
Дифференцируемый нейронный компьютер	240
Запись без помех в DNC	242
Повторное использование памяти в DNC	244
Временное связывание записей DNC	245
Понимание головки чтения DNC	246
Сеть контроллера DNC	246
Визуализация работы DNC	248
Реализация DNC в TensorFlow	250
Обучение DNC чтению и пониманию	256
Резюме	258

Глава 9. Глубокое обучение с подкреплением	259
Глубокое обучение с подкреплением и игры Atari	259
Что такое обучение с подкреплением?	260
Марковские процессы принятия решений (MDP)	262
Стратегия	264
Будущая выгода	264
Дисконтирование будущих выгод	265

Исследование и использование	266
ϵ -жадность	267
Нормализованный алгоритм ϵ -жадности	267
Изучение стратегии и ценности	268
Изучение стратегии при помощи градиента по стратегиям	268
Тележка с шестом и градиенты по стратегиям	269
OpenAI Gym	269
Создание агента	270
Создание модели и оптимизатора	272
Семплирование действий	273
Фиксация истории	273
Основная функция градиента по стратегиям	274
Работа PGAgent в примере с тележкой с шестом	276
Q-обучение и глубокие Q-сети	277
Уравнение Беллмана	278
Проблемы итерации по ценностям	279
Аппроксимация Q-функции	279
Глубокая Q-сеть (DQN)	279
Обучение DQN	280
Стабильность обучения	280
Целевая Q-сеть	281
Повторение опыта	281
От Q-функции к стратегии	282
DQN и марковское предположение	282
Решение проблемы марковского предположения в DQN	282
Игра в Breakout при помощи DQN	283
Создание архитектуры	286
Занесение кадров в стек	286
Задание обучающих операций	287
Обновление целевой Q-сети	287
Реализация повторения опыта	287
Основной цикл DQN	289
Результаты DQNAgent в Breakout	292
Улучшение и выход за пределы DQN	292
Глубокие рекуррентные Q-сети (DRQN)	293
Продвинутый асинхронный агент-критик (A3C)	293
UNsupervised REinforcement and Auxiliary Learning (UNREAL; подкрепление без учителя и вспомогательное обучение)	294
Резюме	295
Примечания	296
Благодарности	300
Несколько слов об обложке	301
Об авторе	302