

Содержание

Об авторе	18
Благодарности	19
Предисловие	22
Цунами машинного обучения	22
Машинное обучение в ваших проектах	23
Цель и подход	23
Предварительные требования	24
Дорожная карта	25
Изменения во втором издании	27
Другие ресурсы	28
Типографские соглашения, используемые в книге	29
Код примеров	30
Использование кода примеров	31
Об иллюстрации на обложке	31
Ждем ваших отзывов!	32
Часть I. Основы машинного обучения	33
Глава 1. Введение в машинное обучение	35
Что такое машинное обучение?	36
Для чего используют машинное обучение?	37
Примеры приложений	40
Типы систем машинного обучения	42
Обучение с учителем и без учителя	43
Пакетное и динамическое обучение	51
Обучение на основе образцов или на основе моделей	55
Основные проблемы машинного обучения	62
Недостаточный размер обучающих данных	62
Нерепрезентативные обучающие данные	64
Данные плохого качества	66
Несущественные признаки	66
Переобучение обучающими данными	67
Недообучение обучающими данными	69
Шаг назад	70
Испытание и проверка	71
Настройка гиперпараметра и подбор модели	71
Несоответствие данных	73
Упражнения	75

Глава 2. Полный проект машинного обучения	77
Работа с реальными данными	77
Выяснение общей картины	79
Постановка задачи	79
Выбор критерия качества работы	82
Проверка допущений	85
Получение данных	85
Создание рабочей области	85
Загрузка данных	90
Беглый взгляд на структуру данных	91
Создание испытательного набора	96
Обнаружение и визуализация данных для понимания их сущности	101
Визуализация географических данных	102
Поиск связей	104
Экспериментирование с комбинациями атрибутов	107
Подготовка данных для алгоритмов машинного обучения	109
Очистка данных	110
Обработка текстовых и категориальных атрибутов	113
Специальные трансформаторы	116
Масштабирование признаков	117
Конвейеры трансформации	119
Выбор и обучение модели	121
Обучение и оценка с помощью обучающего набора	121
Более подходящая оценка с использованием перекрестной проверки	123
Точная настройка модели	126
Решетчатый поиск	126
Рандомизированный поиск	129
Ансамблевые методы	130
Анализ лучших моделей и их ошибок	130
Оценка системы с помощью испытательного набора	131
Запуск, наблюдение и сопровождение системы	132
Пробуйте!	137
Упражнения	137
Глава 3. Классификация	139
MNIST	139
Обучение двоичного классификатора	142
Показатели эффективности	143
Измерение правильности с использованием перекрестной проверки	143
Матрица неточностей	145
Точность и полнота	147
Соотношение точность/полнота	149
Кривая ROC	153

Многоклассовая классификация	157
Анализ ошибок	160
Многозначная классификация	164
Многовыходовая классификация	166
Упражнения	168
Глава 4. Обучение моделей	171
Линейная регрессия	172
Нормальное уравнение	174
Вычислительная сложность	178
Градиентный спуск	178
Пакетный градиентный спуск	182
Стохастический градиентный спуск	186
Мини-пакетный градиентный спуск	189
Полиномиальная регрессия	191
Кривые обучения	193
Регуляризованные линейные модели	198
Гребневая регрессия	198
Лассо-регрессия	201
Эластичная сеть	204
Раннее прекращение	205
Логистическая регрессия	207
Оценивание вероятностей	207
Обучение и функция издержек	208
Границы решений	210
Многопеременная логистическая регрессия	213
Упражнения	217
Глава 5. Методы опорных векторов	219
Линейная классификация SVM	219
Классификация с мягким зазором	220
Нелинейная классификация SVM	223
Полиномиальное ядро	224
Признаки близости	226
Гауссово ядро RBF	227
Вычислительная сложность	229
Регрессия SVM	230
Внутренняя кухня	232
Функция решения и прогнозы	232
Цель обучения	233
Квадратичное программирование	235
Двойственная задача	236
Параметрически редуцированные методы SVM	237
Динамические методы SVM	240
Упражнения	242

Глава 6. Деревья принятия решений	245
Обучение и визуализация дерева принятия решений	245
Вырабатывание прогнозов	247
Оценивание вероятностей классов	249
Алгоритм обучения CART	250
Вычислительная сложность	251
Загрязненность Джини или энтропия?	252
Гиперпараметры регуляризации	253
Регрессия	254
Неустойчивость	257
Упражнения	258
Глава 7. Ансамблевое обучение и случайные леса	261
Классификаторы с голосованием	262
Бэггинг и вставка	265
Бэггинг и вставка в Scikit-Learn	267
Оценка на неиспользуемых образцах	268
Методы случайных участков и случайных подпространств	270
Случайные леса	270
Особо случайные деревья	272
Значимость признаков	272
Бустинг	274
AdaBoost	274
Градиентный бустинг	278
Стекинг	283
Упражнения	287
Глава 8. Понижение размерности	289
“Проклятие размерности”	290
Основные подходы к понижению размерности	292
Проекция	292
Обучение на основе многообразий	294
РСА	296
Предохранение дисперсии	296
Главные компоненты	297
Проецирование до d измерений	299
Использование Scikit-Learn	300
Коэффициент объясненной дисперсии	300
Выбор правильного количества измерений	300
Алгоритм РСА для сжатия	302
Рандомизированный анализ главных компонентов	303
Инкрементный анализ главных компонентов	303

Ядерный анализ главных компонент	304
Выбор ядра и подстройка гиперпараметров	306
LLE	308
Другие методики понижения размерности	311
Упражнения	312
Глава 9. Методики обучения без учителя	315
Кластеризация	316
K-Means	319
Ограничения K-Means	331
Использование кластеризации для сегментирования изображений	332
Использование кластеризации для предварительной обработки	334
Использование кластеризации для частичного обучения	336
DBSCAN	340
Другие алгоритмы кластеризации	343
Смеси гауссовых распределений	346
Обнаружение аномалий с использованием смесей гауссовых распределений	352
Выбор количества кластеров	354
Байесовские модели со смесями гауссовых распределений	357
Другие алгоритмы для обнаружения аномалий и новизны	363
Упражнения	364
Часть II. Нейронные сети и глубокое обучение	367
Глава 10. Введение в искусственные нейронные сети с использованием Keras	369
От биологических нейронов к искусственным нейронам	370
Биологические нейроны	372
Логические вычисления с помощью нейронов	374
Перцептрон	375
Многослойный перцептрон и обратное распространение	380
Многослойные перцептроны для регрессии	385
Многослойные перцептроны для классификации	386
Реализация многослойных перцептронов с помощью Keras	388
Установка TensorFlow 2	390
Построение классификатора изображений с использованием API-интерфейса Sequential	391
Построение многослойного перцептрона для регрессии с использованием API-интерфейса Sequential	404
Построение сложных моделей с использованием API-интерфейса Functional	405
Использование API-интерфейса Subclassing для построения динамических моделей	411
Сохранение и восстановление модели	413
Использование обратных вызовов	414
Использование TensorBoard для визуализации	416

Точная настройка гиперпараметров нейронной сети	420
Количество скрытых слоев	424
Количество нейронов на скрытый слой	426
Скорость обучения, размер пакета и другие гиперпараметры	427
Упражнения	430
Глава 11. Обучение глубоких нейронных сетей	435
Проблемы исчезновения и взрывного роста градиентов	436
Инициализация Глоро и Хе	437
Ненасыщаемые функции активации	440
Пакетная нормализация	445
Отсечение градиентов	453
Повторное использование заранее обученных слоев	454
Обучение передач знаний с помощью Keras	456
Предварительное обучение без учителя	459
Предварительное обучение на вспомогательной задаче	460
Более быстрые оптимизаторы	461
Моментная оптимизация	462
Ускоренный градиент Нестерова	464
AdaGrad	465
RMSProp	467
Оптимизация Adam и Nadam	467
Планирование скорости обучения	472
Избегание переобучения посредством регуляризации	477
Регуляризация ℓ_1 и ℓ_2	478
Отключение	479
Отключение Монте-Карло	483
Регуляризация на основе max-нормы	486
Резюме и практические рекомендации	487
Упражнения	489
Глава 12. Специальные модели и обучение с помощью TensorFlow	491
Краткий тур по TensorFlow	492
Использование TensorFlow подобно NumPy	496
Тензоры и операции	496
Тензоры и NumPy	498
Преобразования типов	499
Переменные	500
Другие структуры данных	501
Настройка моделей и алгоритмов обучения	502
Специальные функции потерь	502
Сохранение и загрузка моделей, которые содержат специальные компоненты	503

Специальные функции активации, инициализаторы, регуляризаторы и ограничения	506
Специальные метрики	507
Специальные слои	511
Специальные модели	515
Потери и метрики, основанные на внутренностях модели	517
Вычисление градиентов с использованием автоматического дифференцирования	520
Специальные циклы обучения	524
Функции и графы TensorFlow	528
AutoGraph и трассировка	531
Правила TF Function	532
Упражнения	535
Глава 13. Загрузка и предварительная обработка данных с помощью TensorFlow	537
API-интерфейс Data	538
Формирование цепочки трансформаций	539
Тасование данных	541
Предварительная обработка данных	545
Собираем все вместе	547
Предварительная выборка	548
Использование набора данных с библиотекой <code>tf.keras</code>	550
Формат TFRecord	552
Сжатые файлы TFRecord	552
Краткое введение в протокольные буферы	553
Протобуферы TensorFlow	555
Загрузка и разбор протобуферов Example	556
Обработка списка списков с использованием протобуфера <code>SequenceExample</code>	558
Предварительная подготовка входных признаков	559
Кодирование категориальных признаков с использованием векторов в унитарном коде	561
Кодирование категориальных признаков с использованием вложений	564
Слои предварительной обработки Keras	569
TF Transform	572
Проект TensorFlow Datasets (TFDS)	574
Упражнения	576
Глава 14. Глубокое компьютерное зрение с использованием сверточных нейронных сетей	579
Строение зрительной коры головного мозга	580
Сверточные слои	582
Фильтры	585
Наложение множества карт признаков	586

Реализация с помощью TensorFlow	588
Требования к памяти	591
Объединяющие слои	592
Реализация в TensorFlow	595
Архитектуры сверточных нейронных сетей	597
LeNet-5	600
AlexNet	602
GoogLeNet	605
VGGNet	609
ResNet	609
Xception	613
SENet	616
Реализация сверточной нейронной сети ResNet-34 с использованием Keras	618
Использование заранее обученных моделей из Keras	620
Использование заранее обученных моделей для обучения передачей знаний	622
Классификация и установление местонахождения	626
Выявление объектов	628
Полностью сверточные сети	630
Вы просматриваете только раз (YOLO)	633
Семантическая сегментация	637
Упражнения	642
Глава 15. Обработка последовательностей с использованием рекуррентных и сверточных нейронных сетей	645
Рекуррентные нейроны и слои	646
Ячейки памяти	649
Входные и выходные последовательности	650
Обучение рекуррентных нейронных сетей	651
Прогнозирование временных рядов	652
Метрики базисного уровня	654
Реализация простой рекуррентной нейронной сети	655
Глубокие рекуррентные нейронные сети	657
Прогнозирование на несколько временных шагов вперед	659
Обработка длинных последовательностей	663
Борьба с проблемой нестабильных градиентов	664
Борьба с проблемой краткосрочной памяти	667
Упражнения	677
Глава 16. Обработка естественного языка с помощью рекуррентных нейронных сетей и внимания	679
Генерация шекспировского текста с использованием символьной сети RNN	681
Создание обучающего набора данных	681
Расщепление последовательного набора данных	683

Разрезание последовательного набора данных на множество окон	684
Построение и обучение модели Char-RNN	686
Использование модели Char-RNN	687
Генерирование поддельного шекспировского текста	688
Сеть RNN с запоминанием состояния	689
Смысловый анализ	692
Маскирование	697
Повторное использование заранее обученных вложений	700
Сеть “кодировщик–декодировщик” для нейронного машинного перевода	702
Двунаправленные рекуррентные нейронные сети	707
Лучевой поиск	708
Механизмы внимания	710
Зрительное внимание	714
Внимание — это все, что нужно: архитектура “Преобразователь”	716
Последние новшества в языковых моделях	727
Упражнения	731
Глава 17. Обучение представлению и порождению с использованием автокодировщиков и порождающих состязательных сетей	733
Эффективные представления данных	735
Выполнение анализа главных компонентов с помощью понижающего линейного автокодировщика	737
Многослойные автокодировщики	739
Реализация многослойного автокодировщика с использованием Keras	739
Визуализация реконструкций	741
Визуализация набора данных Fashion MNIST	742
Предварительное обучение без учителя с использованием многослойных автокодировщиков	744
Соединение весов	745
Обучение одного автокодировщика за раз	746
Сверточные автокодировщики	748
Рекуррентные автокодировщики	749
Шумоподавляющие автокодировщики	750
Разреженные автокодировщики	753
Вариационные автокодировщики	757
Генерирование изображений Fashion MNIST	762
Порождающие состязательные сети	764
Трудности обучения порождающих состязательных сетей	769
Глубокие сверточные порождающие состязательные сети	771
Прогрессивный рост порождающих состязательных сетей	775
Сети StyleGAN	779
Упражнения	782

Глава 18. Обучение с подкреплением	785
Обучение для оптимизации наград	786
Поиск политики	788
Введение в OpenAI Gym	790
Нейросетевые политики	795
Оценка действий: проблема присваивания коэффициентов доверия	797
Градиенты политики	799
Марковские процессы принятия решений	805
Обучение методом временных разностей	811
Q-обучение	812
Политики исследования	814
Приближенное Q-обучение и глубокое Q-обучение	815
Реализация глубокого Q-обучения	817
Варианты глубокого Q-обучения	822
Фиксированные цели Q-ценностей	823
Двойная глубокая Q-сеть	824
Воспроизведение опытов по приоритетам	825
Соревнующаяся глубокая Q-сеть	826
Библиотека TF-Agents	827
Установка TF-Agents	828
Среды TF-Agents	829
Спецификации среды	830
Оболочки сред и предварительная обработка Atari	831
Структура обучения	835
Создание глубокой Q-сети	837
Создание агента DQN	840
Создание буфера воспроизведения и соответствующего наблюдателя	841
Создание метрик обучения	844
Создание драйвера сбора	845
Создание набора данных	847
Создание цикла обучения	850
Обзор ряда популярных алгоритмов обучения с подкреплением	852
Упражнения	855
Глава 19. Широкомасштабное обучение и развертывание моделей TensorFlow	857
Обслуживание модели TensorFlow	858
Использование TensorFlow Serving	859
Создание службы прогнозирования на облачной платформе Google	871
Использование службы прогнозирования	876
Развертывание модели на мобильном или встроенном устройстве	880
Использование графических процессоров для ускорения вычислений	886
Получение собственного графического процессора	887

Использование виртуальной машины, оснащенной графическим процессором	890
Среда Colaboratory	891
Управление оперативной памятью графического процессора	893
Размещение операций и переменных на устройствах	897
Параллельное выполнение на множестве устройств	899
Обучение моделей на множестве устройств	902
Параллелизм модели	902
Параллелизм данных	905
Обучение и масштабирование с использованием API-интерфейса Distribution Strategies	911
Обучение модели на кластере TensorFlow	913
Запуск крупных заданий обучения на платформе AI Platform инфраструктуры Google Cloud	917
Служба подстройки гиперпараметров типа “черный ящик” платформы AI Platform	920
Упражнения	921
Спасибо!	922
Приложение А. Решения упражнений	924
Глава 1. Введение в машинное обучение	924
Глава 2. Полный проект машинного обучения	927
Глава 3. Классификация	927
Глава 4. Обучение моделей	927
Глава 5. Методы опорных векторов	930
Глава 6. Деревья принятия решений	932
Глава 7. Ансамблевое обучение и случайные леса	934
Глава 8. Понижение размерности	935
Глава 9. Методики обучения без учителя	938
Глава 10. Введение в искусственные нейронные сети с использованием Keras	940
Глава 11. Обучение глубоких нейронных сетей	944
Глава 12. Специальные модели и обучение с помощью TensorFlow	946
Глава 13. Загрузка и предварительная обработка данных с помощью TensorFlow	949
Глава 14. Глубокое компьютерное зрение с использованием сверточных нейронных сетей	953
Глава 15. Обработка последовательностей с использованием рекуррентных и сверточных нейронных сетей	957
Глава 16. Обработка естественного языка с помощью рекуррентных нейронных сетей и внимания	961
Глава 17. Обучение представлению и порождению с использованием автокодировщиков и порождающих состязательных сетей	964
Глава 18. Обучение с подкреплением	966
Глава 19. Широкомасштабное обучение и развертывание моделей TensorFlow	970

Приложение Б. Контрольный перечень для проекта машинного обучения	974
Постановка задачи и выяснение общей картины	974
Получение данных	975
Исследование данных	976
Подготовка данных	977
Составление окончательного списка перспективных моделей	978
Точная настройка системы	978
Представление своего решения	979
Запуск!	980
Приложение В. Двойственная задача SVM	981
Приложение Г. Автоматическое дифференцирование	984
Ручное дифференцирование	984
Конечно-разностное приближение	985
Автоматическое дифференцирование в прямом режиме	986
Автоматическое дифференцирование в обратном режиме	989
Приложение Д. Другие популярные архитектуры искусственных нейронных сетей	992
Сети Хопфилда	992
Машины Больцмана	994
Ограниченные машины Больцмана	996
Глубокие сети доверия	998
Самоорганизующиеся карты	1000
Приложение Е. Специальные структуры данных	1003
Строки	1003
Зубчатые тензоры	1004
Разреженные тензоры	1006
Тензорные массивы	1006
Множества	1007
Очереди	1009
Приложение Ж. Графы TensorFlow	1011
Функции TF Function и конкретные функции	1011
Исследование определений и графов функций	1013
Более пристальный взгляд на трассировку	1015
Использование AutoGraph для захвата потока управления	1017
Обработка переменных и других ресурсов в функциях TF Function	1018
Использование функций TF Function с <code>tf.keras</code>	1020
Предметный указатель	1021