

Содержание

Об авторе	15
Благодарности	15
Предисловие	17
Цунами машинного обучения	17
Машинное обучение в ваших проектах	18
Цель и подход	18
Предварительные требования	19
Дорожная карта	20
Другие ресурсы	21
Типографские соглашения, используемые в книге	22
Использование примеров кода	23
Ждем ваших отзывов!	24
Часть I. Основы машинного обучения	25
Глава 1. Введение в машинное обучение	27
Что такое машинное обучение?	28
Для чего используют машинное обучение?	29
Типы систем машинного обучения	32
Обучение с учителем и без учителя	33
Пакетное и динамическое обучение	40
Обучение на основе образцов или на основе моделей	43
Основные проблемы машинного обучения	50
Недостаточный размер обучающих данных	50
Нерепрезентативные обучающие данные	52
Данные плохого качества	54
Несущественные признаки	54
Переобучение обучающих данных	55
Недообучение обучающих данных	57
Шаг назад	58
Испытание и проверка	59
Упражнения	61
Глава 2. Полный проект машинного обучения	63
Работа с реальными данными	63
Выяснение общей картины	65
Постановка задачи	65
Выбор критерия качества работы	68
Проверка допущений	71

Получение данных	71
Создание рабочей области	71
Загрузка данных	75
Беглый взгляд на структуру данных	77
Создание испытательного набора	81
Обнаружение и визуализация данных для понимания их сущности	87
Визуализация географических данных	87
Поиск связей	90
Экспериментирование с комбинациями атрибутов	93
Подготовка данных для алгоритмов машинного обучения	94
Очистка данных	95
Обработка текстовых и категориальных атрибутов	98
Специальные трансформаторы	102
Масштабирование признаков	103
Конвейеры трансформации	104
Выбор и обучение модели	106
Обучение и оценка с помощью обучающего набора	107
Более подходящая оценка с использованием перекрестной проверки	108
Точная настройка модели	111
Решетчатый поиск	111
Рандомизированный поиск	114
Ансамблевые методы	115
Анализ лучших моделей и их ошибок	115
Оценка системы с помощью испытательного набора	116
Запуск, наблюдение и сопровождение системы	117
Пробуйте!	118
Упражнения	118
Глава 3. Классификация	121
MNIST	121
Обучение двоичного классификатора	124
Показатели производительности	125
Измерение правильности с использованием перекрестной проверки	125
Матрица неточностей	127
Точность и полнота	129
Соотношение точность/полнота	131
Кривая ROC	135
Многочлассовая классификация	139
Анализ ошибок	142
Многозначная классификация	146
Многовыходовая классификация	148
Упражнения	150

Глава 4. Обучение моделей	153
Линейная регрессия	154
Нормальное уравнение	156
Вычислительная сложность	159
Градиентный спуск	160
Пакетный градиентный спуск	163
Стохастический градиентный спуск	167
Мини-пакетный градиентный спуск	170
Полиномиальная регрессия	172
Кривые обучения	174
Регуляризованные линейные модели	179
Гребневая регрессия	179
Лассо-регрессия	182
Эластичная сеть	184
Раннее прекращение	185
Логистическая регрессия	187
Оценивание вероятностей	187
Обучение и функция издержек	189
Границы решений	190
Многопеременная логистическая регрессия	193
Упражнения	197
Глава 5. Методы опорных векторов	199
Линейная классификация SVM	199
Классификация с мягким зазором	200
Нелинейная классификация SVM	203
Полиномиальное ядро	204
Добавление признаков близости	206
Гауссово ядро RBF	207
Вычислительная сложность	209
Регрессия SVM	210
Внутренняя кухня	212
Функция решения и прогнозы	212
Цель обучения	213
Квадратичное программирование	215
Двойственная задача	216
Параметрически редуцированные методы SVM	217
Динамические методы SVM	220
Упражнения	222
Глава 6. Деревья принятия решений	223
Обучение и визуализация дерева принятия решений	223
Вырабатывание прогнозов	225

Оценивание вероятностей классов	227
Алгоритм обучения CART	228
Вычислительная сложность	229
Загрязненность Джини или энтропия?	230
Гиперпараметры регуляризации	230
Регрессия	232
Неустойчивость	235
Упражнения	236
Глава 7. Ансамблевое обучение и случайные леса	239
Классификаторы с голосованием	240
Бэггинг и вставка	243
Бэггинг и вставка в Scikit-Learn	245
Оценка на неиспользуемых образцах	246
Методы случайных участков и случайных подпространств	248
Случайные леса	248
Особо случайные деревья	250
Значимость признаков	250
Бустинг	251
AdaBoost	252
Градиентный бустинг	256
Стекинг	261
Упражнения	264
Глава 8. Понижение размерности	267
“Проклятие размерности”	268
Основные подходы к понижению размерности	270
Проекция	270
Обучение на основе многообразий	272
РСА	274
Предохранение дисперсии	274
Главные компоненты	275
Проецирование до d измерений	277
Использование Scikit-Learn	277
Коэффициент объясненной дисперсии	278
Выбор правильного количества измерений	278
Алгоритм РСА для сжатия	279
Инкрементный анализ главных компонент	281
Рандомизированный анализ главных компонент	282
Ядерный анализ главных компонент	282
Выбор ядра и подстройка гиперпараметров	283
LLE	286
Другие приемы понижения размерности	288
Упражнения	289

Часть II. Нейронные сети и глубокое обучение	291
Глава 9. Подготовка к работе с TensorFlow	293
Установка	297
Создание первого графа и его прогон в сеансе	297
Управление графами	299
Жизненный цикл значения узла	300
Линейная регрессия с помощью TensorFlow	301
Реализация градиентного спуска	302
Расчет градиентов вручную	303
Использование autodiff	304
Использование оптимизатора	306
Передача данных алгоритму обучения	306
Сохранение и восстановление моделей	308
Визуализация графа и кривых обучения с использованием TensorBoard	309
Пространства имен	313
Модульность	314
Совместное использование переменных	316
Упражнения	320
Глава 10. Введение в искусственные нейронные сети	323
От биологических нейронов к искусственным нейронам	324
Биологические нейроны	325
Логические вычисления с помощью нейронов	326
Перцептрон	328
Многослойный перцептрон и обратная связь	333
Обучение многослойного перцептрона с помощью высокоуровневого API-интерфейса TensorFlow	336
Обучение глубокой нейронной сети с использованием только TensorFlow	338
Стадия построения	338
Стадия выполнения	343
Использование нейронной сети	344
Точная настройка гиперпараметров нейронной сети	345
Количество скрытых слоев	346
Количество нейронов на скрытый слой	347
Функции активации	348
Упражнения	349
Глава 11. Обучение глубоких нейронных сетей	351
Проблемы исчезновения и взрывного роста градиентов	352
Инициализация Ксавье и Хе	353
Ненасыщаемые функции активации	356
Пакетная нормализация	359
Отсечение градиентов	365

Повторное использование заранее обученных слоев	366
Повторное использование модели TensorFlow	366
Повторное использование моделей из других фреймворков	370
Замораживание низкоуровневых слоев	371
Кеширование замороженных слоев	372
Подстройка, отбрасывание или замена слоев верхних уровней	373
Зоопарк моделей	373
Предварительное обучение без учителя	374
Предварительное обучение на вспомогательной задаче	375
Более быстрые оптимизаторы	376
Моментная оптимизация	377
Ускоренный градиент Нестерова	378
AdaGrad	380
RMSProp	382
Оптимизация Adam	382
Планирование скорости обучения	385
Избегание переобучения посредством регуляризации	388
Раннее прекращение	388
Регуляризация ℓ_1 и ℓ_2	389
Отключение	390
Регуляризация на основе max-нормы	393
Дополнение данных	395
Практические рекомендации	397
Упражнения	398
Глава 12. Использование TensorFlow для распределения вычислений между устройствами и серверами	401
Множество устройств на единственной машине	402
Установка	403
Управление оперативной памятью графического процессора	406
Размещение операций на устройствах	408
Параллельное выполнение	412
Зависимости управления	414
Множество устройств на множестве серверов	415
Открытие сеанса	417
Службы мастера и исполнителя	418
Прикрепление операций между задачами	418
Фрагментация переменных среди множества серверов параметров	419
Разделение состояния между сеансами с использованием контейнеров ресурсов	421
Асинхронное взаимодействие с использованием очередей TensorFlow	423
Загрузка данных напрямую из графа	429

Распараллеливание нейронных сетей в кластере TensorFlow	438
Одна нейронная сеть на устройство	439
Репликация внутри графа или между графами	440
Параллелизм модели	443
Параллелизм данных	445
Упражнения	451
Глава 13. Сверточные нейронные сети	453
Строение зрительной коры головного мозга	454
Сверточный слой	456
Фильтры	458
Наложение множества карт признаков	459
Реализация с помощью TensorFlow	462
Требования к памяти	464
Объединяющий слой	466
Архитектуры сверточных нейронных сетей	467
LeNet-5	469
AlexNet	470
GoogLeNet	472
ResNet	476
Упражнения	482
Глава 14. Рекуррентные нейронные сети	485
Рекуррентные нейроны	486
Ячейки памяти	489
Входные и выходные последовательности	489
Базовые рекуррентные нейронные сети в TensorFlow	491
Статическое развертывание во времени	492
Динамическое развертывание во времени	495
Обработка входных последовательностей переменной длины	495
Обработка выходных последовательностей переменной длины	497
Обучение рекуррентных нейронных сетей	497
Обучение классификатора последовательностей	498
Обучение для прогнозирования временных рядов	500
Креативная рекуррентная нейронная сеть	505
Глубокие рекуррентные нейронные сети	506
Распределение глубокой рекуррентной нейронной сети между множеством графических процессоров	507
Применение отключения	508
Трудность обучения в течение многих временных шагов	510
Ячейка LSTM	511
Смотровые связи	514
Ячейка GRU	514

Обработка естественного языка	516
Векторные представления слов	516
Сеть “кодировщик–декодировщик” для машинного перевода	519
Упражнения	523
Глава 15. Автокодировщики	525
Эффективные представления данных	526
Выполнение анализа главных компонент с помощью понижающего линейного автокодировщика	528
Многослойные автокодировщики	529
Реализация с помощью TensorFlow	530
Связывание весов	532
Обучение по одному автокодировщику за раз	533
Визуализация реконструкций	536
Визуализация признаков	537
Предварительное обучение без учителя с использованием многослойных автокодировщиков	538
Шумоподавляющие автокодировщики	540
Реализация с помощью TensorFlow	541
Разреженные автокодировщики	543
Реализация с помощью TensorFlow	544
Вариационные автокодировщики	545
Генерирование цифр	549
Другие автокодировщики	550
Упражнения	552
Глава 16. Обучение с подкреплением	555
Обучение для оптимизации награды	556
Поиск политики	558
Введение в OpenAI Gym	560
Политики в форме нейронных сетей	564
Оценка действий: проблема присваивания коэффициентов доверия	567
Градиенты политики	568
Марковские процессы принятия решений	574
Обучение методом временных разностей и Q-обучение	579
Политики исследования	581
Приближенное Q-обучение и глубокое Q-обучение	582
Обучение играть в игру Ms. Pac-Man с использованием алгоритма сети DQN	584
Упражнения	594
Спасибо!	595
Приложение А. Решения упражнений	596
Глава 1. Введение в машинное обучение	596
Глава 2. Полный проект машинного обучения	599

Глава 3. Классификация	599
Глава 4. Обучение моделей	599
Глава 5. Методы опорных векторов	602
Глава 6. Деревья принятия решений	604
Глава 7. Ансамблевое обучение и случайные леса	605
Глава 8. Понижение размерности	607
Глава 9. Подготовка к работе с TensorFlow	610
Глава 10. Введение в искусственные нейронные сети	613
Глава 11. Обучение глубоких нейронных сетей	616
Глава 12. Использование TensorFlow для распределения вычислений между устройствами и серверами	618
Глава 13. Сверточные нейронные сети	621
Глава 14. Рекуррентные нейронные сети	624
Глава 15. Автокодировщики	626
Глава 16. Обучение с подкреплением	629
Приложение Б. Контрольный перечень для проекта машинного обучения	633
Постановка задачи и выяснение общей картины	633
Получение данных	634
Исследование данных	635
Подготовка данных	636
Составление окончательного списка перспективных моделей	637
Точная настройка системы	638
Представление своего решения	639
Запуск!	639
Приложение В. Двойственная задача SVM	640
Приложение Г. Автоматическое дифференцирование	643
Ручное дифференцирование	643
Символическое дифференцирование	644
Численное дифференцирование	645
Автоматическое дифференцирование в прямом режиме	647
Автоматическое дифференцирование в обратном режиме	648
Приложение Д. Другие популярные архитектуры искусственных нейронных сетей	651
Сети Хопфилда	651
Машины Больцмана	653
Ограниченные машины Больцмана	655
Глубокие сети доверия	656
Самоорганизующиеся карты	659
Предметный указатель	662