

Научная библиотека

БНТУ



\* 8 0 1 2 5 5 0 6 3 \*

# Искусственный интеллект и компьютерное зрение

Реальные проекты на Python, Keras и TensorFlow

Анирад Коул, Сиддха Ганджу, Мехер Казам



 ПИТЕР®

Санкт-Петербург • Москва • Минск

2023

---

# Краткое содержание

Вступление .....	20
<b>Глава 1.</b> Обзор ландшафта искусственного интеллекта .....	32
<b>Глава 2.</b> Что на картинке: классификация изображений с помощью Keras.....	69
<b>Глава 3.</b> Кошки против собак: перенос обучения с помощью Keras в 30 строках кода .....	83
<b>Глава 4.</b> Создание механизма обратного поиска изображений. Эмбединги .....	112
<b>Глава 5.</b> От новичка до мастера прогнозирования: увеличение точности сверточной нейронной сети .....	151
<b>Глава 6.</b> Увеличение скорости и эффективности TensorFlow: удобный чек-лист.....	183
<b>Глава 7.</b> Практические инструменты, советы и приемы .....	225
<b>Глава 8.</b> Облачные API для компьютерного зрения: установка и запуск за 15 минут.....	237
<b>Глава 9.</b> Масштабируемый инференс в облаке с помощью TensorFlow Serving и KubeFlow .....	274
<b>Глава 10.</b> ИИ в браузере с TensorFlow.js и ml5.js.....	304
<b>Глава 11.</b> Классификация объектов в реальном времени в iOS с Core ML .....	338
<b>Глава 12.</b> Not Hotdog на iOS с Core ML и Create ML.....	379

<b>Глава 13.</b> Шазам для еды: разработка приложений для Android с помощью TensorFlow Lite и ML Kit.....	400
<b>Глава 14.</b> Создание приложения Purrfect Cat Locator с помощью TensorFlow Object Detection API.....	445
<b>Глава 15.</b> Как стать творцом: ИИ в краевых устройствах .....	487
<b>Глава 16.</b> Моделирование беспилотного автомобиля методом сквозного глубокого обучения с использованием Keras.....	519
<b>Глава 17.</b> Создание беспилотного автомобиля менее чем за час: обучение с подкреплением с помощью AWS DeepRacer .....	553
<b>Приложение.</b> Краткое введение в сверточные нейронные сети.....	596
Об авторах .....	605
Иллюстрация на обложке.....	608

---

# Оглавление

<b>Вступление.....</b>	<b>20</b>
Разработчикам.....	21
Специалистам по данным.....	22
Студентам.....	22
Преподавателям .....	23
Энтузиастам робототехники .....	23
Обзор глав .....	23
Условные обозначения.....	27
Использование исходного кода примеров.....	27
Благодарности .....	28
Коллективные благодарности.....	28
Личные благодарности.....	30
<b>Глава 1. Обзор ландшафта искусственного интеллекта .....</b>	<b>32</b>
Извинения.....	33
Настоящее вступление .....	34
Что такое ИИ? .....	34
Мотивирующие примеры .....	35
Краткая история ИИ .....	37
Захватывающее начало.....	38
Холодные и мрачные дни .....	39
Проблеск надежды .....	40
Как глубокое обучение вошло в моду.....	43
Рецепт идеального решения задачи глубокого обучения .....	46
Датасеты.....	47
Архитектура модели .....	50
Фреймворки.....	52
Ответственный ИИ .....	59
Предвзятость .....	60
Прозрачность и объяснимость .....	63
Воспроизводимость.....	64
Устойчивость .....	64
Конфиденциальность.....	65

Итоги .....	66
Часто задаваемые вопросы .....	66
<b>Глава 2. Что на картинке: классификация изображений с помощью Keras ...</b>	<b>69</b>
Введение в Keras .....	70
Классификация изображений .....	71
Исследование модели .....	75
Датасет ImageNet .....	76
Зоопарк моделей .....	78
Карты активации классов .....	79
Итоги .....	82
<b>Глава 3. Кошки против собак: перенос обучения с помощью Keras в 30 строках кода .....</b>	<b>83</b>
Адаптация предварительно обученных моделей к новым задачам .....	84
Неглубокое погружение в сверточные нейронные сети .....	85
Перенос обучения .....	87
Тонкая настройка .....	88
Сколько слоев выбрать для тонкой настройки .....	89
Создание специального классификатора методом переноса обучения с использованием Keras .....	90
Организация данных .....	91
Создание пайплайна обработки данных .....	94
Количество классов .....	94
Размер пакета .....	95
Аугментация данных .....	96
Определение модели .....	99
Обучение модели .....	100
Настройка параметров обучения .....	100
Запуск обучения .....	101
Тестируем модель .....	102
Анализ результатов .....	103
Для дальнейшего чтения .....	110
Итоги .....	111
<b>Глава 4. Создание механизма обратного поиска изображений. Эмбединги .....</b>	<b>112</b>
Сходство изображений .....	113
Извлечение признаков .....	116
Поиск сходств .....	119

Визуализация кластеров изображений с помощью t-SNE.....	123
Увеличение скорости поиска сходств .....	126
Длина векторов признаков.....	126
Уменьшение длины векторов признаков с помощью метода главных компонент.....	128
Масштабирование поиска сходства с помощью метода приближенных ближайших соседей .....	132
Бенчмарк метода приближенных ближайших соседей .....	133
Какую библиотеку выбрать?.....	134
Создание синтетического датасета .....	135
Полный перебор.....	135
Annoy.....	136
NGT .....	137
Faiss .....	137
Повышение точности с помощью тонкой настройки.....	138
Тонкая настройка без полносвязных слоев .....	141
Сиамские сети для распознавания лица однократным (one-shot) обучением.....	142
Примеры из практики .....	144
Flickr .....	144
Pinterest .....	145
Двойники знаменитостей.....	146
Spotify.....	146
Описание изображений .....	148
Итоги .....	150

## **Глава 5. От новичка до мастера прогнозирования:**

<b>увеличение точности сверточной нейронной сети .....</b>	<b>151</b>
Что понадобится для работы .....	152
TensorFlow Datasets.....	153
TensorBoard.....	154
Инструмент What-If .....	157
tf-explain.....	161
Стандартные приемы для экспериментов с машинным обучением .....	163
Проверка данных .....	164
Разбиение данных на обучающую, проверочную и контрольную выборки .....	164
Ранняя остановка .....	165
Воспроизводимость экспериментов.....	166

Пример сквозного пайплайна глубокого обучения.....	166
Простой пайплайн переноса обучения .....	166
Простой пайплайн создания сети.....	169
Влияние гиперпараметров на точность .....	169
Сравнение переноса обучения и обучения с нуля.....	170
Влияние количества слоев для тонкой настройки при переносе обучения.....	171
Влияние объема данных на перенос обучения.....	172
Влияние скорости обучения .....	173
Влияние оптимизатора .....	174
Влияние размера пакета .....	175
Влияние изменения размеров .....	176
Влияние изменения соотношения сторон на перенос обучения.....	177
Инструменты автоматизации настройки моделей для достижения максимальной точности.....	178
Keras Tuner.....	178
AutoAugment .....	180
AutoKeras .....	181
Итоги .....	182

## **Глава 6. Увеличение скорости и эффективности TensorFlow:**

<b>удобный чек-лист .....</b>	<b>183</b>
Голодание GPU .....	183
nvidia-smi.....	184
Профилировщик TensorFlow + TensorBoard .....	186
Как использовать этот чек-лист.....	187
Чек-лист настроек производительности.....	188
Подготовка данных.....	188
Чтение данных .....	188
Аугментация данных .....	188
Обучение .....	189
Инференс.....	189
Подготовка данных.....	190
Сохраните данные в формате TFRecord .....	190
Уменьшите размеры исходных данных.....	191
Используйте TensorFlow Datasets .....	191
Чтение данных .....	192
Используйте tf.data .....	192
Организуите предварительное извлечение данных .....	193

Организируйте параллельную обработку на CPU .....	194
Организируйте параллельный ввод/вывод и обработку.....	194
Разрешите недетерминированный порядок следования данных .....	194
Кэшируйте данные .....	195
Включите экспериментальные оптимизации.....	196
Автоматическая настройка значений параметров.....	197
Аугментация данных .....	198
Используйте GPU для аугментации .....	198
Обучение .....	200
Используйте автоматическую смешанную точность .....	200
Используйте пакеты большого размера.....	201
Используйте значения, кратные восьми .....	203
Определите оптимальную скорость обучения.....	203
Используйте tf.function .....	205
Переобучите и научите обобщать .....	207
Установите оптимизированный программный стек для поддержки оборудования .....	209
Оптимизируйте количество потоков, выполняющихся на CPU параллельно.....	210
Используйте более производительное оборудование .....	212
Используйте распределенное обучение.....	212
Изучите отраслевые бенчмарки.....	214
Инференс .....	216
Используйте эффективную модель .....	216
Используйте квантование модели .....	219
Прореживайте модели .....	222
Используйте совмещенные операции.....	223
Включите сохранение состояния GPU .....	223
Итоги .....	224
<b>Глава 7. Практические инструменты, советы и приемы .....</b>	<b>225</b>
Установка.....	225
Обучение .....	227
Модель .....	229
Данные .....	230
Защищенность .....	233
Обучение и исследования.....	234
Последний вопрос.....	236



<b>Глава 8. Облачные API для компьютерного зрения: установка и запуск за 15 минут</b> .....	<b>237</b>
Ландшафт API распознавания образов .....	239
Clarifai .....	239
Microsoft Cognitive Services .....	240
Google Cloud Vision .....	240
Amazon Rekognition.....	242
IBM Watson Visual Recognition .....	242
Algorithmia .....	244
Сравнение API для распознавания образов .....	245
Предлагаемые услуги .....	245
Стоимость.....	246
Точность .....	247
Предвзятость .....	249
Подготовка и использование облачных API .....	252
Обучение собственного классификатора .....	255
Основные причины плохой работы классификатора .....	260
Сравнение качества работы собственных классификаторов в разных API ...	261
Настройка производительности облачных API.....	264
Влияние изменения разрешения на API разметки изображений.....	265
Влияние сжатия на API разметки изображений .....	265
Влияние сжатия на API оптического распознавания символов .....	266
Влияние изменения разрешения на API оптического распознавания символов .....	266
Примеры.....	267
New York Times .....	268
Uber .....	268
Giphy .....	268
OmniEarth .....	271
Photobucket.....	271
Staples .....	271
InDro Robotics .....	272
Итоги .....	273
<b>Глава 9. Масштабируемый инференс в облаке с помощью TensorFlow Serving и KubeFlow</b> .....	<b>274</b>
Ландшафт услуг прогнозирования с помощью ИИ .....	275
Flask: создание собственного сервера .....	277
Создание REST API с помощью Flask.....	277

Развертывание модели Keras в Flask.....	278
Плюсы использования Flask.....	279
Минусы использования Flask.....	280
Желаемые качества системы производственного уровня.....	280
Высокая доступность.....	280
Масштабируемость.....	281
Низкая задержка.....	281
Географическая доступность.....	282
Обработка сбоев.....	283
Мониторинг.....	283
Управление версиями модели.....	283
A/B-тестирование.....	284
Поддержка нескольких библиотек машинного обучения.....	284
Google Cloud ML Engine: управляемый стек облачных услуг ИИ.....	284
Плюсы использования Cloud ML Engine.....	285
Минусы использования Cloud ML Engine.....	285
Создание API классификации.....	285
TensorFlow Serving.....	292
Установка.....	293
KubeFlow.....	294
Пайплайны.....	297
Инструменты управления.....	297
Установка.....	298
Соотношение цены и производительности.....	300
Анализ затрат на управляемый стек Inference-as-a-Service.....	300
Анализ затрат на создание собственного стека.....	302
Итоги.....	303
<b>Глава 10. ИИ в браузере с TensorFlow.js и ml5.js.....</b>	<b>304</b>
Библиотеки машинного обучения на JavaScript: краткая история.....	305
ConvNetJS.....	306
Keras.js.....	307
ONNX.js.....	308
TensorFlow.js.....	308
Архитектура TensorFlow.js.....	310
Использование предварительно обученных моделей с TensorFlow.js.....	312
Преобразование модели для использования в браузере.....	314
Обучение в браузере.....	314
Извлечение признаков.....	315

Сбор данных.....	317
Обучение.....	317
Нагрузка на GPU.....	319
ml5.js.....	320
PoseNet.....	322
pix2pix.....	325
Сравнительный анализ и практические рекомендации.....	330
Размер модели.....	331
Время инференса.....	331
Примеры.....	333
Дирижер.....	333
TensorSpace.....	334
Metacat.....	335
Классификация фотографий в Airbnb.....	336
GAN Lab.....	336
Итоги.....	337

## **Глава 11. Классификация объектов в реальном времени в iOS с Core ML.....338**

Жизненный цикл разработки искусственного интеллекта для мобильных устройств.....	340
Краткая история Core ML.....	342
Альтернативы фреймворку Core ML.....	343
TensorFlow Lite.....	344
ML Kit.....	344
Fritz.....	345
Архитектура машинного обучения Apple.....	345
Предметно-ориентированные фреймворки.....	346
ML Framework.....	346
Оптимизированные примитивы ML.....	346
Приложение для распознавания объектов в реальном времени.....	347
Конвертация моделей в формат Core ML.....	354
Конвертация из формата Keras.....	354
Конвертация из формата TensorFlow.....	354
Развертывание динамической модели.....	356
Обучение на устройстве.....	357
Федеративное обучение.....	358
Анализ качества моделей.....	358
Бенчмарк моделей на iPhone.....	359

Оценка энергопотребления .....	363
Оценка нагрузки .....	365
Уменьшение размера приложения.....	368
Не внедряйте модели в приложение .....	368
Используйте квантование .....	369
Используйте Create ML.....	370
Примеры приложений.....	371
Magic Sudoku .....	371
Seeing AI.....	372
HomeCourt .....	373
InstaSaber + YoPuppet .....	374
Итоги .....	377
<b>Глава 12. Not Hotdog на iOS с Core ML и Create ML .....</b>	<b>379</b>
Сбор данных .....	381
Подход 1: поиск готового или создание своего датасета .....	381
Подход 2: загрузка изображений с помощью расширения Fatkun для браузера Chrome.....	382
Подход 3: загрузка с помощью Bing Image Search API.....	385
Обучение модели .....	386
Подход 1: с помощью инструментов с веб-интерфейсом.....	386
Подход 2: с помощью Create ML.....	390
Подход 3: тонкая настройка с использованием Keras .....	396
Конвертация модели с использованием Core ML Tools .....	397
Создание приложения для iOS.....	397
Что можно сделать дальше.....	398
Итоги .....	399
<b>Глава 13. Шазам для еды: разработка приложений для Android с помощью TensorFlow Lite и ML Kit .....</b>	<b>400</b>
Цикл разработки приложения для классификации блюд.....	401
Обзор TensorFlow Lite .....	403
Архитектура TensorFlow Lite.....	406
Конвертация модели в формат TensorFlow Lite .....	407
Создание приложения для распознавания объектов.....	408
ML Kit + Firebase .....	415
Классификация объектов в ML Kit .....	417
Использование своих моделей в ML Kit.....	417
Модели, размещенные в облаке .....	419

A/B-тестирование моделей, размещенных в облаке .....	423
Использование эксперимента в коде .....	426
TensorFlow Lite в iOS .....	427
Оптимизация производительности .....	428
Квантование с помощью TensorFlow Lite Converter .....	428
Набор инструментов TensorFlow для оптимизации моделей .....	428
Fritz .....	429
Целостный взгляд на цикл разработки мобильных приложений ИИ .....	432
Как собирать данные? .....	433
Как размечать данные? .....	434
Как обучить модель? .....	434
Как конвертировать модель в формат для мобильных устройств? .....	434
Как оптимизировать производительность модели? .....	435
Как повысить привлекательность для пользователей? .....	435
Как развернуть модель? .....	436
Как оценить успешность модели? .....	436
Как совершенствовать модель? .....	436
Как обновить модель на телефонах пользователей? .....	437
Самосовершенствующаяся модель .....	437
Примеры из практики .....	439
Lose It! .....	439
Режим портретной съемки на телефонах Pixel 3 .....	441
Распознавание голоса от Alibaba .....	442
Определение контуров лица с помощью ML Kit .....	442
Сегментация видео в реальном времени в YouTube Stories .....	443
Итоги .....	444

<b>Глава 14. Создание приложения Purrfect Cat Locator с помощью TensorFlow Object Detection API.....</b>	<b>445</b>
Виды задач компьютерного зрения.....	446
Классификация .....	447
Локализация .....	447
Обнаружение.....	447
Сегментация.....	448
Способы обнаружения объектов.....	450
Использование готовых облачных API обнаружения объектов.....	451
Использование предварительно обученных моделей.....	453
Получение модели .....	453

Тест-драйв модели .....	454
Развертывание на устройстве .....	455
Создание своей модели обнаружения объектов без программирования ....	456
Развитие технологии обнаружения объектов .....	460
Вопросы производительности.....	462
Ключевые термины в обнаружении объектов .....	463
Intersection over Union.....	464
Mean Average Precision.....	465
Non-Maximum Suppression.....	465
Создание своих моделей с помощью TensorFlow Object Detection API .....	466
Сбор данных.....	467
Разметка данных .....	469
Предварительная обработка данных.....	473
Исследование модели .....	474
Обучение .....	476
Конвертация модели.....	478
Сегментация изображений .....	479
Примеры из практики .....	481
Умный холодильник .....	481
Подсчет толпы.....	482
Распознавание лиц в приложении Seeing AI .....	483
Беспилотные автомобили.....	484
Итоги .....	486
<b>Глава 15. Как стать творцом: ИИ в краевых устройствах.....</b>	<b>487</b>
Обзор краевых устройств ИИ .....	488
Raspberry Pi.....	489
Intel Movidius Neural Compute Stick.....	491
Google Coral USB Accelerator.....	492
NVIDIA Jetson Nano.....	494
FPGA + PYNQ .....	496
Arduino.....	499
Сравнение краевых устройств для ИИ.....	501
Raspberry Pi.....	504
Ускорение с помощью Google Coral USB Accelerator.....	506
NVIDIA Jetson Nano .....	508
Сравнение производительности краевых устройств .....	511
Примеры из практики .....	512

JetBot .....	512
Билеты на проезд в метро за приседания .....	514
Сортировщик огурцов .....	515
Что изучать дальше .....	517
Итоги .....	517

## **Глава 16. Моделирование беспилотного автомобиля методом сквозного глубокого обучения с использованием Keras..... 519**

Краткая история автоматизации вождения.....	521
Глубокое обучение, автономное вождение и проблема данных.....	522
«Hello, World!» в автономном вождении: управление в моделируемой среде .....	525
Инструменты и требования .....	525
Исследование и подготовка данных .....	528
Определение области интереса .....	530
Аугментация данных .....	532
Дисбаланс датасета и стратегии вождения .....	533
Обучение модели автопилота .....	538
Генератор данных.....	539
Определение модели .....	542
Развертывание модели автопилота .....	547
Что изучать дальше .....	550
Расширение датасета.....	551
Обучение на последовательных данных.....	551
Обучение с подкреплением .....	552
Итоги .....	552

## **Глава 17. Создание беспилотного автомобиля менее чем за час: обучение с подкреплением с помощью AWS DeepRacer ..... 553**

Краткое введение в обучение с подкреплением .....	554
Почему для изучения обучения с подкреплением выбран беспилотный автомобиль?.....	555
Практика глубокого обучения с подкреплением с DeepRacer.....	557
Создание первой модели обучения с подкреплением .....	560
Шаг 1: создание модели.....	561
Шаг 2: настройка процесса обучения .....	562
Шаг 3: обучение модели .....	570
Шаг 4: оценка качества модели.....	571
Обучение с подкреплением на практике.....	572

Как происходит обучение с подкреплением?.....	572
Теория обучения с подкреплением .....	577
Алгоритм обучения с подкреплением в AWS DeepRacer .....	579
Кратко о порядке глубокого обучения с подкреплением на примере DeepRacer .....	581
Шаг 5: улучшение модели обучения с подкреплением .....	582
Гонки на автомобиле AWS DeepRacer .....	587
Создание трека .....	587
Шаблон трека для AWS DeepRacer с одним поворотом .....	588
Запуск модели на автомобиле AWS DeepRacer .....	589
Автономное вождение AWS DeepRacer .....	589
Что изучать дальше .....	592
Лига DeepRacer .....	592
AWS DeepRacer с расширенными возможностями .....	592
Олимпиада автопилотов с искусственным интеллектом.....	592
DIY Robocars .....	593
Roborace.....	594
Итоги .....	595
<b>Приложение. Краткое введение в сверточные нейронные сети .....</b>	<b>596</b>
Машинное обучение.....	596
Перцептрон .....	596
Функции активации.....	597
Нейронные сети .....	598
Обратное распространение ошибки .....	600
Недостатки нейронных сетей .....	600
Желаемые свойства классификатора изображений.....	601
Свертка.....	601
Объединение.....	602
Структура сверточной сети .....	602
Что изучать дальше .....	604
<b>Об авторах .....</b>	<b>605</b>
Основные авторы .....	605
Приглашенные авторы.....	606
<b>Иллюстрация на обложке.....</b>	<b>608</b>