

Содержание

Предисловие	16
Глава 1. Общие сведения	25
Что такое OpenCV?.....	25
Кто использует OpenCV?.....	26
Что такое компьютерное зрение?.....	26
Истоки OpenCV.....	30
Архитектура OpenCV.....	32
Ускорение OpenCV с помощью IPP.....	32
Кто является владельцем OpenCV?.....	33
Скачивание и установка OpenCV.....	33
Установка.....	33
Получение самой последней версии OpenCV из Git.....	36
Дополнительная документация по OpenCV.....	36
Документация в комплекте поставки.....	36
Онлайновая документация и вики.....	36
Репозиторий предоставленного кода OpenCV.....	39
Скачивание и сборка предоставленных модулей.....	40
Переносимость.....	40
Резюме.....	41
Упражнения.....	41
Глава 2. Введение в OpenCV	42
Включаемые файлы.....	42
Ресурсы.....	43
Первая программа – вывод изображения на экран.....	43
Вторая программа – видео.....	46
Перемотка вперед и назад.....	47
Простое преобразование.....	51
Не столь простое преобразование.....	52
Ввод с камеры.....	54
Запись в AVI-файл.....	55
Резюме.....	56
Упражнения.....	57
Глава 3. Знакомство с типами данных OpenCV	58
Типы данных OpenCV.....	58
Обзор простых типов.....	59
Простые типы: а теперь детали.....	60
Вспомогательные типы.....	66
Служебные функции.....	73

Шаблонные структуры	79
Резюме	80
Упражнения	80
Глава 4. Типы изображений и больших массивов.....	81
Динамические массивы переменного размера.....	81
Класс <code>cv::Mat</code> : плотные N-мерные массивы.....	81
Создание массива.....	82
Доступ к отдельным элементам массива	86
N-арный итератор массива: <code>NArgMatIterator</code>	89
Доступ к блоку элементов массива.....	91
Матричные выражения: <code>cv::Mat</code> и алгебра.....	92
Приведение с насыщением	93
На что еще способны массивы	94
Класс разреженных массивов <code>cv::SparseMat</code>	95
Доступ к элементам разреженного массива.....	96
Функции, уникальные для разреженных массивов.....	98
Шаблонные структуры для типов больших массивов.....	99
Резюме	101
Упражнения	101
Глава 5. Операции с массивами.....	103
Что еще можно делать с массивами.....	103
<code>cv::abs()</code>	106
<code>cv::absdiff()</code>	106
<code>cv::add()</code>	106
<code>cv::addWeighted()</code>	107
<code>cv::bitwise_and()</code>	108
<code>cv::bitwise_not()</code>	109
<code>cv::bitwise_or()</code>	109
<code>cv::bitwise_xor()</code>	109
<code>cv::calcCovarMatrix()</code>	110
<code>cv::cartToPolar()</code>	111
<code>cv::checkRange()</code>	112
<code>cv::compare()</code>	112
<code>cv::completeSymm()</code>	113
<code>cv::convertScaleAbs()</code>	113
<code>cv::countNonZero()</code>	114
<code>cv::cvarrToMat()</code>	114
<code>cv::dct()</code>	115
<code>cv::dft()</code>	116
<code>cv::cvtColor()</code>	117
<code>cv::determinant()</code>	119
<code>cv::divide()</code>	120
<code>cv::eigen()</code>	120

cv::exp()	121
cv::extractImageCOI()	121
cv::flip()	121
cv::gemm()	121
cv::getConvertElem() и cv::getConvertScaleElem()	122
cv::idct()	123
cv::idft()	123
cv::inRange()	124
cv::insertImageCOI()	124
cv::invert()	124
cv::log()	125
cv::LUT()	125
cv::magnitude()	126
cv::Mahalanobis()	126
cv::max()	127
cv::mean()	128
cv::meanStdDev()	128
cv::merge()	129
cv::min()	129
cv::minMaxIdx()	130
cv::minMaxLoc()	131
cv::mixChannels()	131
cv::mulSpectrums()	133
cv::multiply()	133
cv::mulTransposed()	133
cv::norm()	134
cv::normalize()	135
cv::perspectiveTransform()	136
cv::phase()	137
cv::polarToCart()	137
cv::pow()	138
cv::randu()	138
cv::randn()	139
cv::randShuffle()	139
cv::reduce()	139
cv::repeat()	140
cv::scaleAdd()	141
cv::setIdentity()	141
cv::solve()	141
cv::solveCubic()	142
cv::solvePoly()	143
cv::sort()	143
cv::sortIdx()	143
cv::split()	144
cv::sqrt()	144

cv::subtract()	145
cv::sum()	145
cv::trace()	146
cv::transform()	146
cv::transpose()	146
Резюме	147
Упражнения	147
Глава 6. Рисование и аннотирование	149
Рисование	149
Линии и залитые многоугольники	149
Шрифты и текст	156
Резюме	157
Упражнения	158
Глава 7. Функторы в OpenCV	159
Объекты-работяги	159
Метод главных компонент (cv::PCA)	159
Сингулярное разложение (cv::SVD)	162
Генератор случайных чисел (cv::RNG)	164
Резюме	167
Упражнения	167
Глава 8. Изображения, видео и файлы данных	169
HighGUI: переносимый комплект графических инструментов	169
Работа с файлами изображений	170
Загрузка и сохранение изображений	171
Замечание о кодеках	172
Сжатие и распаковка	173
Работа с видео	174
Чтение видео с помощью объекта cv::VideoCapture	174
Запись видео с помощью объекта cv::VideoWriter	179
Сохранение данных	180
Запись в cv::FileStorage	180
Чтение из cv::FileStorage	182
Класс cv::FileNode	183
Резюме	185
Упражнения	185
Глава 9. Платформенные и кросс-платформенные окна	188
Работа с окнами	188
Платформенный графический интерфейс пользователя в HighGUI	189
Работа с библиотекой Qt	199
Интеграция OpenCV с полнофункциональными библиотеками для построения GUI	208

Резюме	220
Упражнения	220
Глава 10. Фильтры и свертка	221
Вступление	221
Прежде чем начать.....	221
Фильтры, ядра и свертка	221
Экстраполяция рамки и граничные условия	222
Пороговые операции.....	225
Метод Оцу	228
Адаптивный порог	228
Сглаживание.....	231
Простое размытие и прямоугольный фильтр	231
Медианный фильтр	233
Фильтр Гаусса.....	234
Двусторонний фильтр	235
Производные и градиенты	237
Оператор Собеля.....	237
Фильтр Шарра	239
Лапласиан	240
Морфологические преобразования	241
Наращивание и эрозия.....	242
Общая морфологическая функция.....	246
Размыкание и замыкание	246
Морфологический градиент.....	249
Верх шляпы и черная шляпа.....	251
Создание собственного ядра	253
Свертка с произвольным линейным фильтром.....	254
Применение общего фильтра с помощью cv::filter2D().....	255
Применение общего сепарабельного фильтра с помощью cv::sepFilter2D	255
Построители ядер	256
Резюме	257
Упражнения	257
Глава 11. Преобразования изображений общего вида	261
Вступление	261
Растяжение, сжатие, деформирование и вращение	261
Равномерное изменение размера.....	261
Пирамиды изображений.....	263
Неравномерные отображения	266
Аффинное преобразование.....	268
Перспективное преобразование.....	271
Преобразования общего вида	275
Полярное преобразование	275
Лог-полярное преобразование	276

Произвольные отображения	279
Исправление изображений.....	280
Ретуширование	280
Очистка от шума	281
Выравнивание гистограммы	284
Резюме	287
Упражнения	287
Глава 12. Анализ изображений.....	289
Вступление	289
Дискретное преобразование Фурье.....	289
cv::dft(): дискретное преобразование Фурье	290
cv::idft(): обратное дискретное преобразование Фурье	292
cv::mulSpectrums(): умножение спектров	292
Свертка с помощью дискретного преобразования Фурье.....	293
cv::dct(): дискретное косинусное преобразование.....	294
cv::idct(): обратное дискретное косинусное преобразование	295
Интегральные изображения.....	296
cv::integral(): интегральное изображение в виде суммы.....	298
cv::integral(): интегральное изображение в виде суммы квадратов.....	298
cv::integral(): интегральное изображение в виде суммы с наклоном	298
Детектор границ Кэнни.....	299
cv::Canny().....	300
Преобразования Хафа	301
Преобразование Хафа для поиска прямых	301
Преобразование Хафа для поиска окружностей.....	304
Дистанционное преобразование	308
cv::distanceTransform(): непомеченное дистанционное преобразование.....	309
cv::distanceTransform(): помеченное дистанционное преобразование	309
Сегментация.....	310
Заливка	310
Алгоритм водораздела.....	313
Алгоритм GrabCut	314
Сегментация методом сдвига среднего	316
Резюме	318
Упражнения	318
Глава 13. Гистограммы и шаблоны.....	320
Представление гистограмм в OpenCV	322
cv::calcHist(): создание гистограммы по данным	323
Базовые операции с гистограммами.....	325
Нормализация гистограммы	325
Пороговое отсечение гистограммы.....	326
Нахождение интервала с наибольшим числом значений	326
Сравнение двух гистограмм	328

Примеры использования гистограмм	330
Более сложные методы работы с гистограммами.....	333
Расстояние землекопа	333
Обратное проецирование	337
Сравнение с шаблоном.....	340
Метод квадратов разностей (cv::TM_SQDIFF).....	342
Нормированный метод квадратов разностей (cv::TM_SQDIFF_NORMED).....	342
Метод взаимной корреляции (cv::TM_CCORR)	342
Нормированный метод взаимной корреляции (cv::TM_CCORR_NORMED).....	342
Метод коэффициента корреляции (cv::TM_CCOEFF).....	342
Нормированный метод коэффициента корреляции (cv::TM_CCOEFF_NORMED)	343
Резюме	345
Упражнения	346
Глава 14. Контуры	348
Нахождение контуров	348
Иерархии контуров	348
Рисование контуров.....	353
Пример программы	354
Еще один пример программы	355
Быстрый анализ связанных компонент.....	356
Дополнительные операции над контурами	358
Аппроксимации многоугольников.....	358
Геометрические и обобщенные характеристики	360
Геометрические проверки.....	365
Сравнение контуров.....	366
Моменты	366
Дополнительные сведения о моментах	367
Моменты X_u и сравнение	370
Использование контекста для сравнения фигур	371
Резюме	375
Упражнения	376
Глава 15. Вычитание фона	378
Вступление	378
Недостатки методов вычитания фона	379
Моделирование сцены	379
Срез пикселей.....	380
Вычитание кадров.....	383
Метод усреднения фона.....	384
Аккумуляирование средних, дисперсий и ковариаций	389
Более сложный метод вычитания фона	396

Структуры данных.....	399
Обучение модели фона	401
Обучение при наличии движущихся объектов на переднем плане	403
Вычитание фона: нахождение объектов переднего плана	404
Использование модели фона на основе кодовой книги	405
Еще несколько мыслей о моделях на основе кодовой книги.....	405
Связные компоненты и очистка переднего плана	405
Экспресс-тест	408
Сравнение двух методов вычитания фона.....	410
Инкапсуляция вычитания фона в OpenCV.....	411
Базовый класс cv::BackgroundSubtractor.....	412
Метод КаеТраКулПонга–Боудена	413
Метод Живковича	414
Резюме	416
Упражнения	416
Глава 16. Особые точки и дескрипторы	418
Особые точки и основы прослеживания	418
Нахождение углов.....	419
Введение в оптический поток.....	422
Метод разреженного оптического потока Лукаса–Канаде	424
Обобщенные особые точки и дескрипторы	434
Оптический поток, сопровождение и распознавание	436
Особые точки и дескрипторы в общем случае.....	436
Основные методы обнаружения особых точек.....	446
Фильтрация особых точек	483
Методы сопоставления	484
Отображение результатов.....	490
Резюме	492
Упражнения	492
Глава 17. Сопровождение	495
Основные понятия.....	495
Плотный оптический поток	496
Алгоритм TV-L1	499
Алгоритм Simple Flow	502
Алгоритмы сопровождения: сдвиг среднего и Camshift.....	506
Метод сдвига среднего	506
Алгоритм Camshift.....	510
Шаблоны движения.....	510
Оцениватели	517
Фильтр Калмана.....	519
Несколько слов об обобщенном фильтре Калмана.....	532
Резюме	534
Упражнения	534

Глава 18. Модели и калибровка камеры	536
Модель камеры	537
Основы проективной геометрии	539
Преобразование Родригеса.....	541
Дисторсия объектива.....	542
Калибровка.....	545
Матрица поворота и вектор параллельного переноса.....	546
Калибровочные доски	549
Гомография.....	555
Калибровка камеры.....	559
Функция калибровки	564
Коррекция дисторсии.....	569
Карты коррекции дисторсии.....	570
cv::convertMaps(): преобразование различных представлений карты коррекции дисторсии.....	571
cv::initUndistortRectifyMap(): вычисление карты коррекции дисторсии.....	572
cv::remap(): коррекция дисторсии изображения.....	573
cv::undistort(): коррекция дисторсии	573
cv::undistortPoints(): разреженная коррекция дисторсии	574
Соберем все вместе.....	574
Резюме	577
Упражнения	578
Глава 19. Проекция и трехмерное зрение	580
Проекция	581
Аффинные и перспективные преобразования.....	582
Пример преобразования в вид сверху	583
Оценка расположения в пространстве	588
Оценка расположения с помощью одной камеры	588
Получение стереоизображений	591
Триангуляция	591
Эпиполярная геометрия	596
Существенная и фундаментальная матрица	597
Вычисление эпиполярных прямых	605
Стереокалибровка.....	606
Ректификация стереопары	610
Сопоставление стереоизображений	619
Пример программы калибровки, ректификации и сопоставления стереоизображений	632
Определение структуры по движению.....	640
Аппроксимация прямой линией на плоскости и в пространстве	641
Резюме	644
Упражнения	644

Глава 20. Основы машинного обучения в OpenCV	647
Что такое машинное обучение?	647
Обучающие и тестовые данные.....	648
Обучение с учителем и без учителя.....	649
Порождающие и дискриминантные модели.....	650
Алгоритмы машинного обучения в OpenCV	651
Использование машинного обучения в компьютерном зрении.....	653
Важность переменной	655
Диагностика проблем машинного обучения	656
Унаследованные функции в библиотеке ML	661
Метод К средних	661
Расстояние Махаланобиса.....	667
Резюме	670
Упражнения	670
Глава 21. StatModel: стандартная модель машинного обучения в OpenCV	672
Общие средства в библиотеке ML	672
Обучение и структура cv::ml::TrainData.....	674
Прогнозирование	680
Алгоритмы машинного обучения на базе cv::StatModel	681
Наивный байесовский классификатор.....	681
Двоичные решающие деревья.....	685
Усиление.....	696
Случайные деревья.....	703
Алгоритм ожидания-максимизации.....	707
Метод k ближайших соседей.....	711
Многослойный перцептрон.....	713
Метод опорных векторов	721
Резюме	730
Упражнения	730
Глава 22. Обнаружение объектов	734
Методы обнаружения объектов на основе деревьев.....	734
Каскадные классификаторы	734
Обучение с учителем и теория усиления	737
Обучение на новых объектах	744
Обнаружение объектов методом опорных векторов	753
Применение латентного SVM для обнаружения объектов.....	753
Метод набора слов и семантическая классификация	755
Обучение с помощью класса cv::BOWTrainer.....	756
Резюме	760
Упражнения	760

Глава 23. Будущее OpenCV	762
Прошлое и настоящее.....	762
OpenCV 3.x.....	763
Сбылись ли наши прежние предсказания?.....	764
Будущие функции	764
Текущие работы по программе GSoC	766
Вклад со стороны сообщества.....	768
OpenCV.org.....	768
Несколько мыслей об искусственном интеллекте	769
Послесловие.....	772
Приложение А. Планарные разбиения	774
Триангуляция Делоне, диаграммы Вороного.....	774
Создание разбиения Делоне или Вороного	777
Обход разбиения Делоне.....	778
Примеры.....	784
Упражнения	785
Приложение В. opencv_contrib	786
Обзор модулей в репозитории opencv_contrib.....	786
Состав opencv_contrib.....	786
Приложение С. Калибровочные шаблоны	790
Калибровочные шаблоны в OpenCV	790
Список литературы	795
Предметный указатель	808
Об авторах	824
Об иллюстрации на обложке	825

Предисловие

Эта книга представляет собой руководство по библиотеке компьютерного зрения на C++ с открытым исходным кодом (OpenCV) версии 3.x и содержит общие сведения о дисциплине компьютерного зрения в объеме, достаточном для эффективной работы с OpenCV.

Назначение книги

Своим быстрым развитием компьютерное зрение обязано четырем причинам:

- в наш быт вошли мобильные телефоны, а вместе с ними в руках миллионов людей оказались фото- и видеокамеры;
- в Интернете и в поисковых системах накопились гигантские объемы изображений и видео, хранящиеся в огромных базах данных;
- компьютеры, обладающие большой вычислительной мощностью, стали доступным потребительским товаром;
- сами алгоритмы машинного зрения стали более зрелыми (теперь уже и благодаря внедрению глубоких нейронных сетей, поддержка которых в OpenCV неуклонно расширяется; см. модуль *dnn* на странице https://github.com/opencv/opencv_contrib [opencv_contrib]).

OpenCV сыграла важную роль в развитии компьютерного зрения, дав возможность сотням тысяч людей работать более продуктивно. В наши дни OpenCV 3.x позволяет студентам, исследователям, профессионалам и любителям эффективно реализовывать новые проекты, предоставляя внутренне согласованную архитектуру компьютерного зрения в виде библиотеки на языке C++, оптимизированной для различных платформ.

Авторы ставили перед собой следующие задачи:

- полностью документировать OpenCV, точно описав, что означают параметры каждой функции и как эти функции правильно использовать;
- дать читателю интуитивное понимание алгоритмов машинного зрения;
- объяснить читателю, какие алгоритмы в каких случаях следует использовать;
- облегчить читателю реализацию алгоритмов компьютерного зрения и машинного обучения, предложив работающие примеры, от которых можно оттолкнуться;
- подсказать, что делать в сложных случаях, когда что-то не получается.

Эта книга устроена так, чтобы читатель поскорее перешел к интересным и доставляющим удовольствие вещам. Нашими интуитивными объяснениями принципов работы алгоритмов читатель сможет руководствоваться при проектировании и отладке приложений компьютерного зрения. Заодно такой подход делает формальные описания алгоритмов компьютерного зрения и машинного обучения более простыми для усвоения и запоминания.

На кого рассчитана эта книга

Эта книга содержит описания, примеры кода и объяснения различных инструментов, включенных в библиотеку OpenCV 3.x, написанную на C++. Поэтому она может оказаться полезной для различных категорий пользователей.

Профессиональные разработчики

Для профессионального разработчика, которому нужно быстро разработать прототип или реализовать полноценную систему компьютерного зрения, пример кода послужит отправной точкой. Благодаря описаниям алгоритмов читатель узнает или вспомнит, как они работают. Библиотека OpenCV 3.x располагается поверх *уровня аппаратного ускорения* (HAL), поэтому реализованные алгоритмы работают эффективно, в полной мере используя возможности конкретной аппаратной платформы.

Студенты

Такого учебника нам не хватало, когда мы учились. Интуитивно понятные объяснения, детальная документация и примеры кода – все это поможет быстрее продвигаться в изучении компьютерного зрения, работать над более интересными групповыми проектами и в конечном итоге внести свой вклад в отрасль.

Преподаватели

Компьютерное зрение – быстро развивающаяся область. Но опыт показал, что обучение проходит эффективнее, если студенты быстро осваивают материал по доступному учебнику, а преподаватель дает формальные пояснения там, где это необходимо, дополняя их ссылками на современные журнальные статьи и лекциями приглашенных экспертов. Это позволяет студентам быстрее перейти к групповым проектам и заняться более амбициозными задачами.

Любители

Компьютерное зрение – это интересно. А в книге описано, как к нему подступиться.

Нашей основной целью было снабдить читателя достаточным количеством интуитивно понятных пояснений, документации и работающего кода, чтобы он мог поскорее приступить к реализации приложений компьютерного зрения, работающих в режиме реального времени.

На кого эта книга не рассчитана

Это не формальный учебник. В некоторых местах мы приводим математические детали¹, но только для того, чтобы лучше развить интуицию, необходимую для понимания алгоритмов, или пояснить, на что влияют встроенные в алгоритмы предположения. Мы не пытались давать формальные математические доказательства и тем рискуем навлечь на себя гнев авторов, предпочитающих строгий стиль изложения.

Эта книга больше прикладного характера. Она, безусловно, поможет овладеть предметом в целом, но не ориентирована на узкоспециализированные дисциплины (например, обработку медицинских изображений или анализ данных дистанционного зондирования).

Вместе с тем мы полагаем, что, познакомившись с нашими объяснениями, студенты будут не только лучше понимать теорию, но и надолго запомнят ее. Поэтому книга станет хорошим дополнением к теоретическому курсу, а также отличным пособием для вводного курса или для работы над конкретным проектом.

¹ Но всегда предупреждаем менее склонных к математике читателей, что они вольны пропустить такие разделы.

О примерах программ

Все приведенные в книге примеры основаны на версии OpenCV 3.x. Код должен работать в операционных системах Linux, Windows и OS X. OpenCV 3.x также в полной мере поддерживает платформы Android и iOS. Исходный код примеров можно скачать с сайта книги по адресу <http://shop.oreilly.com/product/0636920044765.do>, исходный код OpenCV доступен на GitHub (<https://github.com/opencv/opencv>), а откомпилированный код для разных платформ – на сайте SourceForge (<http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary>).

OpenCV продолжает активно разрабатываться, официальные версии выходят раз в квартал. Чтобы всегда находиться на острие разработки, скачивайте обновления прямо с сайта на GitHub. OpenCV посвящен сайт <http://opencv.org>, а для разработчиков имеется вики по адресу <https://github.com/opencv/opencv/wiki>.

Требования к читателю

От читателя требуется в основном умение программировать на C++. Многие насыщенные математикой разделы факультативны, и об этом имеются предупреждения. Из математики нужно знать основы линейной и матричной алгебры, а также иметь представление о решении задач оптимизации методом наименьших квадратов и базовые знания о нормальном распределении, правиле Байеса и производных простых функций.

Вся математика в этой книге лишь подкрепляет развитие интуиции. Читатель может пропустить математические выкладки и описания алгоритмов, а использовать только определения функций и примеры кода, чтобы откомпилировать приложение и наблюдать за его работой.

Рекомендации по работе с книгой

Книгу не обязательно читать последовательно. Можно рассматривать ее как своего рода руководство пользователя: найти нужную функцию и прочитать описание, если интересно понять принцип ее работы. Но истинное назначение книги – служить учебным пособием. Читатель почерпнет из нее понимание основ компьютерного зрения, а также подробные сведения о том, как и когда применять конкретные алгоритмы.

Книга написана так, чтобы ее можно было использовать в качестве дополнительного или основного учебника по курсу компьютерного зрения для студентов средних и старших курсов. Предполагается, что студенты прочитают ее, чтобы бегло познакомиться с тематикой, а затем дополняют полученные знания материалом из более формальных учебников и из научных статей. В конце каждой главы имеются упражнения для проверки усвоения прочитанного и выработки дополнительных интуитивных представлений.

Подходить к чтению книги можно по-разному.

Сборная солянка

В первом заходе прочитайте главы 1–5, а затем переходите к тем главам или разделам, которые нужны в данный момент. Книгу не обязательно читать последовательно, за исключением глав 18 и 19 (где речь идет о калибровке камеры и получении стереоизображений) и глав 20, 21 и 22 (о машинном обучении). Такой способ больше под-

ходит профессионалам, занятым разработкой конкретного приложения, и студентам, работающим над курсовым проектом.

Систематическое изучение

Читайте по две главы в неделю, так вы проработаете главы 1–22 за 11 недель (на главу 23 много времени не уйдет). Работайте над проектами и углубляйтесь в детали выбранной области, привлекая дополнительные учебники и статьи.

Спринт

Пролистайте главы 1–23 в темпе, соответствующем вашему уровню знаний. Затем переходите к конкретным проектам и углубляйтесь в детали выбранной области, привлекая дополнительные книги и статьи. Такой вариант подходит прежде всего, профессионалам, но может пригодиться и при прохождении более продвинутого курса компьютерного зрения.

Короткая глава 20 содержит общие основы машинного обучения, а в главах 21 и 22 приводятся детали алгоритмов машинного обучения, реализованных в OpenCV, и рекомендации по их применению. Конечно, машинное обучение – неотъемлемая часть распознавания объектов и играет значительную роль в компьютерном зрении, но о нем можно написать отдельную книгу. Специалистам этот текст может послужить отправной точкой для изучения литературы – или хотя бы поможет понять, как подступиться к коду в этой части библиотеки. В версии OpenCV 3.x интерфейс с алгоритмами машинного обучения существенно упрощен и унифицирован.

Мы предпочитаем такой подход к преподаванию компьютерного зрения: быстро пробежаться по содержанию курса, стремясь к тому, чтобы студенты уяснили основные принципы, а затем перейти к интересным групповым проектам, восполняя недостающие формальные детали ссылками на другие учебники и статьи в профильных журналах. Один и тот же метод применим к полусеместровым, семестровым и годичным курсам. Студенты быстро понимают суть поставленной задачи и пишут для нее код. Когда проекты становятся более трудными и требующими больше времени, преподаватель помогает в разработке и отладке сложных систем.

В случае более длительных курсов сам проект может стать источником знаний о методах управления проектами. Сначала строится работающая система, затем она совершенствуется на основе дополнительных знаний, а потом используется для исследования. Результат такого проекта должен заслуживать публикации в материалах какой-то конференции, и предполагается, что будет опубликовано несколько статей по результатам работы уже после окончания курса. Если говорить об OpenCV 3.x, то структура кода на C++, роботы сборки, использование GitHub, анализ запросов на включение кода, автономные и регрессионные тесты, а также документация – все это отличные примеры инфраструктуры профессионально написанного программного обеспечения, которые могут взять за образец стартапы и другие коммерческие организации.

Графические выделения

В книге применяются следующие графические выделения:

Курсив

Новые термины, имена и расширения имен файлов, каталогов и утилит Unix.

Моноширинный

Команды, параметры, флаги, имена переменных, атрибутов, ключей, функций, типов, классов, пространств имен, методов, модулей, свойств, а также значения, объекты, события, обработчики событий, XML-теги, HTML-теги, содержимое файлов и результаты работы команд.

Моноширинный полужирный

Команды и иные строки, которые следует вводить буквально. Также используется для выделения в примерах кода.

Моноширинный курсив

Текст, вместо которого следует подставить значения, заданные пользователем.

[...]

Библиографическая ссылка



Так обозначается совет, рекомендация или замечание общего характера.



Так обозначается предупреждение или предостережение.

О примерах кода

Дополнительные материалы (примеры кода, упражнения и т. д.) размещены по адресу https://github.com/oreillymedia/Learning-OpenCV-3_examples.

Библиотека OpenCV свободна для использования в коммерческих и исследовательских целях, и те же правила применимы к примерам кода в этой книге. Можете использовать их при выполнении домашних заданий, в научно-исследовательских проектах и в коммерческих продуктах! Мы будем весьма признательны, если вы при этом дадите ссылку на книгу, хотя и не настаиваем. В ссылке обычно указываются название книги, имя автора, издательство и ISBN, например: «Learning OpenCV 3 by Adrian Kaehler and Gary Bradski (O'Reilly). Copyright 2017 Adrian Kaehler, Gary Bradski, 978-1-491-93799-0».

Нам интересно знать не только о том, как книга помогла вам сделать домашнюю работу (это как раз лучше хранить в секрете), но и о том, как вы используете OpenCV в академических исследованиях, университетских курсах и в коммерческих программах. Это, конечно, не обязательно, но мы были бы рады получить от вас строчку-другую.

Нам интересно ваше мнение

Вопросы и замечания по поводу этой книги отправляйте в издательство:

O'Reilly Media, Inc.
1005 Gravenstein Highway North
Sebastopol, CA 95472
800-998-9938 (в США и Канаде)
707-829-0515 (международный или местный)
707-829-0104 (факс)

Для этой книги имеется веб-страница, на которой публикуются примеры и планы на будущее. Адрес страницы: <http://bit.ly/learningOpenCV3>.

Замечания и вопросы технического характера следует отправлять по адресу bookquestions@oreilly.com.

Дополнительную информацию о наших книгах, курсах, конференциях и новостях вы можете найти на нашем сайте по адресу <http://www.oreilly.com>.

Читайте нас на Facebook: <http://facebook.com/oreilly>.

Следите за нашей лентой в Twitter: <http://twitter.com/oreillymedia>.

Смотрите нас на YouTube: <http://www.youtube.com/oreillymedia>.

Благодарности

В любом длительном проекте ПО с открытым исходным кодом люди приходят и уходят, оставляя тот или иной вклад. Список всех, кто принимал участие в разработке библиотеки, слишком длинный, и мы не можем его здесь опубликовать, но он имеется в файле `.../opencv/docs/HTML/Contributors/doc_contributors.html`, который входит в состав дистрибутива OpenCV.

Благодарности за помощь в разработке OpenCV

Библиотека родилась в компании Intel, которая заслуживает всяческой благодарности за поддержку проекта на этапах его становления и развития. Время от времени Intel все еще финансирует конкурсы и передает результаты внутренних разработок в OpenCV. Intel также безвозмездно передала код встроенных примитивов производительности, которые прозрачно обеспечивают ускорение на платформах с архитектурой Intel. Спасибо ей за это.

Google стабильно поддерживала разработку OpenCV, финансово поощряя работу молодых специалистов над OpenCV в рамках своего проекта Google Summer of Code; благодаря этому финансированию было проделано немало полезной работы. Компания Willow Garage несколько лет предоставляла средства, позволившие перейти от версии OpenCV 2.x к версии 3.0. В течение этого времени компания Itseez, занимающаяся исследованиями в области компьютерного зрения (недавно ее купила Intel Corporation), обеспечивала инженерную поддержку и предоставляла хостинг для веб-служб. Intel подтвердила устное согласие на продолжение этой поддержки (спасибо!).

Что касается программной стороны дела, то особого упоминания заслуживают несколько лиц, и прежде всего из российской команды. Главным из них является ведущий программист из России Вадим Писаревский, который написал больше библиотечного кода, чем любой другой отдельно взятый человек. Вадим также нянчил библиотеку и управлял ее развитием в тощие годы, когда подъем интереса сменился спадом, дождавшись противоположного тренда. Если и существует настоящий герой в истории библиотеки, то это именно он. Его технические знания также очень помогли при написании этой книги. В плане руководства ему оказывал помощь Виктор Ерухимов, сооснователь Itseez [Itseez], а ныне генеральный директор компании Itseez3D.

В ходе еженедельных встреч нам постоянно помогали управлять разработкой библиотеки Грейс Весом (Grace Vesom), Винсент Рабу (Vincent Rabaud), Стефано Фабри (Stefano Fabri) и, конечно, Вадим Писаревский. Заметки с этих встреч опубликованы по адресу https://github.com/opencv/opencv/wiki/Meeting_notes.

Немало людей внесло вклад в OpenCV в разное время; перечислим лишь недавних авторов: Динар Ахматнуров, Пабло Алькантарилла (Pablo Alcantarilla), Александр Алехин, Даниэл Ангелов (Daniel Angelov), Дмитрий Анисимов, Анатолий Бакшеев, Кристиан Балинт (Cristian Balint), Александр Бенуа (Alexandre Benoit), Доран Берже (Laurent Berger), Леонид Бейненсон, Александр Боков, Александр Бовырин, Хилтон Бристоу (Hilton Bristow), Владимир Быстрицкий, Антонелла Каскителли (Antonella Cascitelli), Мануэла Чесса (Manuela Chessa), Эрик Кристиансен (Eric Christiansen), Фредерик Деверне (Frederic Deverney), Мария Димашова, Роман Донченко, Владимир Дудник, Виктор Ерухимов, Георгиос Евагелидис (Georgios Evangelidis), Стефано Фабри (Stefano Fabri), Серджио Гарридо (Sergio Garrido), Гаррис Гаспаракис (Harris Gasparakis), Юрий Гитман, Луис Гомес (Lluís Gomez), Юрий Горбачев, Елена Гвоздева, Филипп Хаспер (Philipp Hasper), Фернандо Х. Иглесиас Гарсиа (Fernando J. Iglesias Garcia), Александр Калистратов, Андрей Камаев, Александр Карсаков, Рауль Кави (Rahul Kavi), Пэт О'Кифи (Pat O'Keefe), Сиддхартх Кхерада (Siddharth Kherada), Евгений Хведченя, Анна Коган, Марина Колпакова, Кирилл Корняков, Иван Королев, Максим Костин, Евгений Кожин, Илья Крылов, Лакосоно Курнианггоро (Laksono Kurnianggoro), Бай Чжень Лай (Baisheng Lai), Илья Лавренев, Алекс Леонтьев, Джил Ливай (Gil Levi), Бо Ли (Bo Li), Илья Лысенков, Виталий Людвиченко, Бенс Мадьяр (Bence Magyar), Никита Манович, Хуан Мануэль Перес Руа (Juan Manuel Perez Rua), Константин Мацкевич, Патрик Михелич (Patrick Michelič), Александр Мордвинцев, Федор Морозов, Грегори Морс (Gregory Morse), Мариус Муя (Marius Muja), Мирча Пауль Муресан (Mircea Paul Muresan), Сергей Носов, Даниил Осокин, Сеон-Вук Парк (Seon-Wook Park), Андрей Павленко, Александр Петриков, Philip aka Dikaу900, Прасанна (Prasanna), Франческо Пужа (Francesco Puja), Стивен Путтеманс (Steven Puttemans), Винсент Рабу (Vincent Rabaud), Эдгар Рибба (Edgar Riba), Соди Ригни (Cody Rigney), Павел Ройтберг, Этан Рабли (Ethan Rublee), Альфонсо Санчес-Беато (Alfonso Sanchez-Beato), Андрей Сенин, Максим Шабунин, Влад Шахуро, Ади Шавит (Adi Shavit), Александр Шишков, Сергей Сиволгин, Марвин Смит (Marvin Smith), Александр Сморгалов, Фабио Солари (Fabio Solari), Адриан Стратулат (Adrian Stratulat), Евгений Таланин, Мануэле Тамбуррано (Manuele Tamburano), Озан Тонкал (Ozan Tonkal), Владимир Тянь, Янник Верди (Yannick Verdie), Пьер-Эммануэль Вьель (Pierre-Emmanuel Viel), Владислав Виноградов, Павел Власов, Филипп Вагнер (Philipp Wagner), Ида Ванг (Yida Wang), Чжао Лонг Сю (Jiaolong Xu), Мариан Зайко (Marian Zajko), Зоран Жижкович (Zoran Zivkovic).

Время от времени в файле <https://github.com/opencv/opencv/wiki/ChangeLog> появляются и другие имена. Наконец, в настоящее время нам помогает в сопровождении сайта OpenCV.org компания Arrai [Arrai].

Благодарности за помощь в работе над книгой

Мы благодарим Джона Маркоффа (John Markoff), научного обозревателя из «Нью-Йорк Таймс», который помогал нам при подготовке этого и предыдущего издания книги моральной поддержкой, важными знакомствами и общими рекомендациями по написанию текстов – плодами многолетней работы «на передовой». Мы также благодарны многочисленным редакторам в издательстве O'Reilly, особенно Дону Шанафельту (Dawn Schanafelt), который терпеливо продолжал работать с нами, когда просрочки стали нормой из-за того, что заблудшие авторы затеяли основывать

стартап. Этот проект растянулся надолго и плавно перешел от OpenCV 2.x к текущей версии OpenCV 3.x. Большое спасибо издательству O'Reilly, не бросившему нас на этом пути.

Дополнения от Адриана...

В первом издании книги я отметил несколько замечательных учителей, которые помогли мне достигнуть уровня, необходимого для такой работы. За прошедшие с тех пор годы ценность уроков, полученных от каждого из них, стала еще более очевидной. Большое спасибо всем им вместе и каждому в отдельности. Хотел бы добавить к этому списку выдающихся наставников Тома Томбрелло (Tom Tombrello), перед которым я в неоплатном долгу и чьей памяти посвящаю свой вклад в эту книгу. Он был глубоко интеллигентным и мудрым человеком, и я счастлив, что имел возможность следовать по его стопам. Наконец, я искренне признателен сообществу OpenCV за благосклонное отношение к первому изданию этой книги и за проявленное терпение, когда выход этого издания задерживался из-за многочисленных волнительных, но несколько отвлекающих начинаний.

На подготовку этого издания книги ушло много времени. За прошедшие годы мне довелось поработать с десятками компаний в качестве консультанта, помогающего выстроить нужную им технологию. Выступая в роли члена правления с решающим или совещательным голосом, технического сотрудника, консультанта или основателя компании, я имел возможность наблюдать и восторгаться всеми аспектами процесса разработки новой технологии. Много лет я провел в компании Applied Minds, Inc., где занимался сначала созданием, а потом управлением отделом робототехники, а также в компании Applied Invention Corporation, отпочковавшей от Applied Minds, в качестве коллегиального члена. Мне всегда доставляло удовольствие видеть, что OpenCV занимает центральное место в выдающихся проектах в самых разных областях: от здравоохранения и сельского хозяйства до авиации, обороны и национальной безопасности. Не меньшее удовольствие я испытывал, видя первое издание этой книги на столах сотрудников практически в каждой организации, где я работал. Технология, которую мы с Гэри использовали для создания Stanley, с тех пор стала неотъемлемой частью бесчисленных проектов – и не в последнюю очередь многих разрабатываемых сейчас проектов автомобилей без водителя. Любой из них, а быть может, и все сразу потенциально способны изменить и улучшить повседневную жизнь огромного числа людей. Какая радость – быть частью всего этого! Сколько выдающихся умов я повстречал за эти годы – и они говорили мне, какую роль сыграло первое издание в учебе, в преподавании, в выстраивании карьеры, в достигнутых успехах, – и каждый раз их слова приводили меня в состояние счастья и изумления. Я надеюсь, что новое издание продолжит служить всем вам и станет источником вдохновения для нового поколения ученых, инженеров и изобретателей.

Заканчивая последнюю главу этой книги, мы начинаем новые главы своей жизни работой в области робототехники, искусственного интеллекта, компьютерного зрения и т. д. Лично я глубоко благодарен всем тем, кто своей работой дал мне возможность сделать следующий шаг в жизни: учителям, наставникам и авторам книг. Я надеюсь, что новое издание нашей книги позволит и другим людям сделать очередной важный шаг в жизни. Хочется надеяться, что мы встретимся на этом пути!

Дополнения от Гэри...

Я начал работать над библиотекой OpenCV в 1999 году, поставив целью ускорить развитие компьютерного зрения и искусственного интеллекта и дать в руки каждому желающему инфраструктуру, которую в то время можно было встретить только в ведущих лабораториях. Мало что в жизни происходит по намеченному плану, и я благодарен судьбе, что эта мечта стала явью спустя долгих 17 (!) лет. Это случилось благодаря помощи со стороны многочисленных друзей и коллег – слишком многочисленных, чтобы их можно было перечислить здесь¹. Но я все равно хочу выделить группу из России, с которой я начал работать в Intel. Они создали успешную компанию в области компьютерного зрения (Itseez.com), которая в конечном итоге была выкуплена Intel. Мы начинали как коллеги, но в итоге стали добрыми друзьями.

Когда в доме три подростка, жена, Соня Бродски, делает для выхода книги больше, чем я сам. Я очень люблю ее и бесконечно благодарен. Детей я тоже люблю, но не могу сказать, что они ускорили выход книги. :)

К работе над этим вариантом книги я приступил, когда трудился в стартапе Industrial Perception Inc., который помогал создавать и который был продан Google в 2013 году. С тех пор работа велась урывками, иногда по выходным, иногда поздними вечерами. И надо же, на дворе уже 2016 год – как летит время, когда работы невпроворот! Некоторые размышления в конце главы 23 навеяны природой интеллекта роботов, с которым я столкнулся, работая над PR2, двуруким роботом, сконструированным компанией Willow Garage, а также над проектом Stanley в Стэнфорде – роботом, выигравшим приз в 2 миллиона долларов на соревнованиях автомобилей-роботов DARPA Grand Challenge.

Заканчивая эту книгу, мы надеемся встретить вас в стартапах, исследовательских лабораториях, в академических кругах, на конференциях и семинарах, в ректоратах университетов и среди участников интересных коммерческих проектов. Не сочтите за труд черкнуть пару строк и рассказать, над какой крутой штукой работаете. Я создал OpenCV, чтобы поддержать и ускорить развитие компьютерного зрения и искусственного интеллекта для общего блага; все остальное делать вам. Мы живем в творческом мире, где один придумывает горшок, другой превращает его в барабан и т. д. Творите! Используйте OpenCV, чтобы создать что-то необыкновенно хорошее для всех нас!

¹ Сейчас у нас множество соавторов, вы можете убедиться в этом, пролистав список обновлений в журналах по адресу <https://github.com/opencv/opencv/wiki/ChangeLog>. Новых алгоритмов и приложений стало так много, что мы размещаем лучшие в самоподдерживаемых автономных модулях в каталоге *opencv_contrib*.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru