

А. В. Сацюк



КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ ПРАКТИКА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



«Инфра-Инженерия»

А. В. Сацюк

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ. ПРАКТИКА

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2025

УДК 004.89
ББК 32.813
С22

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА» *Чепцов Михаил Николаевич*;
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Компьютерные технологии»
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ДонНУ) *Толстых Виктор Константинович*;
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Горная электротехника
и автоматика им. Р. М. Лейбова» ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ДонНТУ) *Маренич Константин Николаевич*;
доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ДонНТУ) *Малеев Виктор Борисович*

Сацюк, А. В.

С22 Компьютерное зрение. Практика : учебное пособие / А. В. Сацюк. –
Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 272 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-2346-5

Содержит краткое теоретическое описание основных методов и принципов области компьютерного зрения, а также включает практические примеры: программы с применением функций библиотек компьютерного зрения на языке Python, начиная от примеров работы с пикселями и заканчивая нейросетевыми задачами.

Для студентов старших курсов очной и заочной форм обучения, инженеров и аспирантов, которые обучаются по специальности «Системы обеспечения движения поездов» и «Информационные системы и технологии», а также для обучающихся на дополнительных курсах по направлению «Искусственный интеллект», «Программирование и робототехника», «Компьютерное зрение».

УДК 004.89
ББК 32.813

ISBN 978-5-9729-2346-5

© Сацюк А. В., 2025
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2025
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1. ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ.....	10
1.1. История развития компьютерного зрения.....	10
1.2. Аппаратные ресурсы	12
1.3. Библиотеки для работы с изображениями. OpenCV	20
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	24
2. ИНТЕРАКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ	
В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ.....	25
2.1. Общие сведения об интерактивном управлении	25
2.2. Интерактивные окна и виджеты	26
2.3. Слайдеры	28
2.4. События мыши	29
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	31
3. ОСНОВЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ВИДЕО	32
3.1. Представление изображений в OpenCV	32
3.2. Загрузка, отображение и сохранение изображений.....	33
3.3. Захват видео с камеры и из файла	35
3.4. Основные операции с изображениями.....	37
3.4.1. Изменение размера изображения	37
3.4.2. Обрезка изображения	40
3.4.3. Вращение изображения	42
3.4.4. Отражение изображения	44
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	45
4. ЦВЕТОВЫЕ ПРОСТРАНСТВА И ФИЛЬТРАЦИЯ	47
4.1. Цвет и свет	47
4.2. Пиксели и их представление.....	49
4.3. Цветовые пространства	53
4.4. Операции над пикселями.....	57
4.5. Преобразование между цветовыми пространствами	61
4.6. Цветовая коррекция	64
4.7. Фильтрация цветов и цветовая сегментация	66
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	70
5. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ	72
5.1. Инверсия изображения	72
5.2. Линейное объединение двух изображений	74
5.3. Вычисления абсолютной разницы изображений.....	77
5.4. Преобразование изображения с использованием абсолютных значений и масштабирования.....	79
5.5. Бинаризация и пороговая обработка	81

5.6. Фильтрация	84
5.6.1. Принцип цифровой фильтрации.....	84
5.6.2. Ядро фильтра	90
5.6.3. Фильтрация и сглаживание изображений	92
5.6.4. Фильтрация Гаусса	95
5.6.5. Билатеральный фильтр	98
5.6.6. Фильтры расширения и сужения.....	100
5.6.7. Медианный фильтр	103
5.6.8. Фильтр Лапласа.....	104
5.6.9. Фильтр Собеля.....	107
5.7. Выделение контуров и краев на изображениях	110
5.7.1. Обнаружения границ	110
5.7.2. Обнаружения контуров	112
5.8. Сегментация изображений	115
5.9. Гомография изображений	117
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	122
6. ГРАФИЧЕСКИЕ ОТРИСОВКИ В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗРЕНИИ.....	124
6.1. Графические отрисовки.....	124
6.2. Отрисовка геометрических фигур.....	125
6.2.1. Отрисовка линий	126
6.2.2. Отрисовка прямоугольника	128
6.2.3. Отрисовка кругов и эллипсов	129
6.2.4. Отрисовка полигональных фигур	131
6.2.5. Создание холста	133
6.3. Перемещение геометрических фигур	136
6.4. Динамическая отрисовка прямоугольной области.....	138
6.5. Добавление текста к изображению	141
6.6. Вычисление гистограммы изображения.....	142
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	146
7. ОБРАБОТКА ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ	148
7.1. Основы обработки движущихся объектов	148
7.2. Предварительная обработка изображений	149
7.3. Выбор области интереса.....	152
7.4. Отслеживание движущихся объектов.....	160
7.5. Анализ траекторий движущихся объектов.....	167
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	171
8. ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ И НЕЙРОННЫЕ СЕТИ.....	174
8.1. Введение в глубокое обучение	174
8.2. Сверточная нейронная сеть.....	177
8.3. Рекуррентная нейронная сеть	187
8.4. Распознавание объектов с использованием алгоритма каскадов Хаара	188
8.5. Обнаружение объектов в реальном времени	194

8.5.1. Алгоритмы YOLO	194
8.5.2. Эволюция модели YOLO	196
8.5.2. Практическое применение YOLO	202
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	204
9. КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ НА МИКРОКОМПЬЮТЕРАХ.....	205
9.1. Выбор микрокомпьютера	205
9.2. Установка и настройка окружения.....	210
9.3. Работа с камерой	212
9.4. Программно-аппаратная архитектура CUDA	219
9.5. Настройка CUDA на микрокомпьютере Jetson Nano	221
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	225
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	226
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....	227
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	233
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	234
cv2.absdiff()	234
cv2.addWeighted()	234
cv2.bilateralFilter().....	235
cv2.bitwise_and()	235
cv2.bitwise_not().....	236
cv2.boxFilter().....	236
cv2.boxPoints()	236
cv2.calcHist()	237
cv2.Canny()	237
cv2.CascadeClassifier().....	238
cv2.circle().....	238
cv2.convertScaleAbs()	239
cv2.createTrackbar()	239
cv2.cvtColor()	240
cv2.destroyAllWindows()	241
cv2.detectMultiScale()	241
cv2.dilate().....	242
cv2.drawContours().....	242
cv2.ellipse()	243
cv2.erode().....	244
cv2.filter2D()	244
cv2.findContours()	245
cv2.flip().....	246
cv2.GaussianBlur().....	246
cv2.getRectSubPix().....	246
cv2.getRotationMatrix2D().....	247
cv2.getTrackbarPos()	247

cv2.imread()	248
cv2.imshow()	248
cv2.imwrite()	248
cv2.inRange()	249
cv2.Laplacian()	249
cv2.line()	250
cv2.magnitude()	250
cv2.medianBlur()	251
cv2.merge()	251
cv2.minAreaRect()	251
cv2.moveWindow()	252
cv2.MultiTracker()	252
cv2.namedWindow()	252
cv2.polylines()	253
cv2.putText()	253
cv2.rectangle()	254
cv2.resize()	255
cv2.selectROI()	255
cv2.setMouseCallback()	256
cv2.setWindowProperty()	257
cv2.Sobel()	257
cv2.split()	258
cv2.threshold	258
cv2.TrackerCSRT()	259
cv2.TrackerKCF()	259
cv2.TrackerMedianFlow()	259
cv2.TrackerMIL()	260
cv2.TrackerMOSSE()	260
cv2.VideoCapture()	260
cv2.VideoWriter()	260
cv2.VideoWriter_fourcc()	261
cv2.waitKey()	261
cv2.warpAffine()	262
numpy.array()	262
numpy.arange()	263
numpy.empty()	263
numpy.flip()	264
numpy.full()	264
numpy.hstack()	265
numpy.mean()	265
numpy.ones()	265
numpy.reshape()	266
numpy.std()	266
numpy.vstack()	267

numpy.zeros().....	267
tracker.init().....	268
tracker.update()	268
tracker.get()	269
tracker.release()	269