基于计算机视觉识别图书条形码

——084519117 王译

一、问题重述

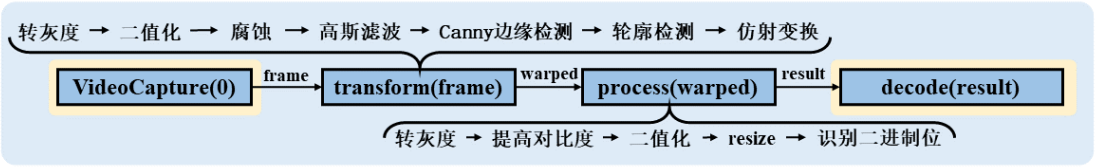
利用计算机视觉相关技术识别出现在摄像头中的图书条形码，并在屏幕上打印识别结果。

二、问题分析

条形码是将宽度不等的多个黑条和空白，按照一定的编码规则排列，用以表达一组信息的图形标识符。常见的条形码是由反射率相差很大的黑条（简称条）和白条（简称空）排成的平行线图案。目前的条形码识别依据“条”、“空”对光线具有不同反射率的原理制成，识别效果极佳，而本实验将尝试从计算机视觉领域入手，在像素层次上识别条形码。为了简化问题，降低图像预处理成本，本实验针对图书条形码任务进行。目前关于此方面的参考文献与资源较少。

三、模型建立

基于 OpenCV 库构建条形码识别平台简要 pipeline 如下：



上述流程图是我经过多次试验得到的效果较好的方案，由于在平常中识别条形码都基于物理性质，真正靠计算机视觉技术来识别条形码的不多，这主要是因为难度大（条形码太细，在对条形码进行操作时，很容易就会影响到条形码本身）和效率低（通过图像处理技术来处理条形码，在有些操作上时间复杂度较高，较难满足实时性的要求）。网上的相关资源也非常少，即使有要么是对电子版条形码进行处理（这样大幅度降低了难度，因为免去了摄像头分辨率以及光照等因素），要么就是直接掉包实现（没法自定义，也没法落地）。

因此我基于多次试验得到了上述的流程，可以实现对笔记本摄像头前的条形码进行实时识别，并且识别错误率控制在 1 位以内，多数情况下是完全识别正确。

四、模型求解

在该部分，我会讲述 pipeline 中各项的目的与意义，以及在该步的结果，因为 pipeline 与实际代码流程是有简化的，如果想要完全理解该模型，参见源代码，见附件。

4.1 VideoCapture(0)

目的：调用 VideoCapture(0)打开笔记本的内置摄像头，函数返回摄像帧，后续的处理都是基于 frame。

效果：

4.2 transform(frame)

该模块里主要实现了提取帧中的条形码区域的功能，最终以仿射变换的条形码图像返回。

4.2.1 转灰度

目的：便于后续的所有操作。

效果：

4.2.2 二值化

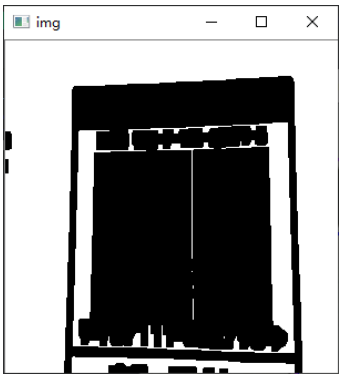
目的：这是后续轮廓检测，识别条形码所在区域的必要操作。这里的二值化是简单的阈值二值化，阈值为 110，这是一个较为合理的数值，是多次通过直方图确定的。

效果：

4.2.3 腐蚀操作

目的：为了后面 Canny 边缘检测结果的正确，需要腐蚀操作把条形码区域围成一片。腐蚀核大小为 5*5，迭代 3 次。

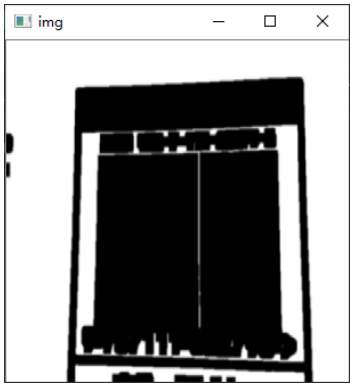
效果：



4.2.4 高斯滤波

目的：上述腐蚀操作之后的图像可能包含噪音点，而且腐蚀操作后的图像边缘也有点锯齿状，采用最常用的高斯滤波来消除噪音和平滑图像。核大小为 7*7，高斯 sigma 为 0。

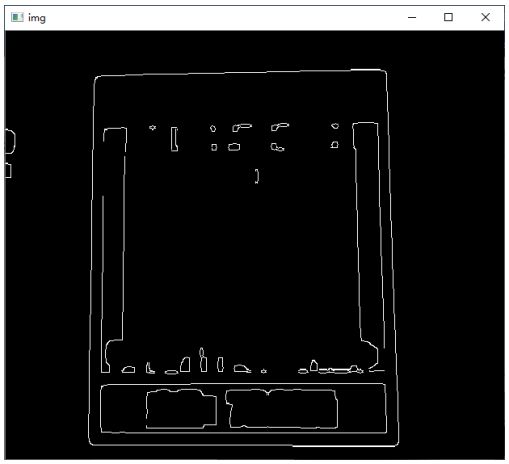
效果：



4.2.5 Canny 边缘检测

目的：如果直接对滤波后的图像进行轮廓检测，这样可能导致一些奇怪的轮廓被检测出来，甚至条形码区域都不会被检测出来，但如果通过一次边缘检测，这样最后的轮廓检测效果就比较好。Canny 边缘检测的阈值设为 75 与 200.

效果：



4.2.6 轮廓检测

目的：在经过边缘检测后，再进行轮廓检测就可以将条形码区域给画出来了，如下图的蓝框。

效果：

4.2.7 仿射变换

目的：仿射变换的本意是将一组向量放射到另一维度的空间进行表示，在这里的意思就是将条形码区域取出来，以便于后续对图像直接进行处理。仿射变换的原理就是将原图像乘一个仿射变换矩阵 M，具体 M 的计算方法见代码。

效果：

4.3 process(warped)

该模块是对仿射变换后的图像进行操作，返回条形码编码的 01 列表。

4.3.1 转灰度

目的：在得到上述仿射变化的图像之后，为了便于后续的操作，首先还是必须转灰度图像。

效果：

4.3.2 提高对比度

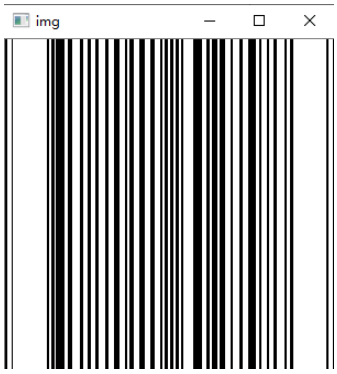
目的：在转灰度之后，如果直接做二值化分割出条形码的话，效果较差，这是因为条形码与背景图像差不多，都是属于比较灰色的颜色。之前也在这里花费了很长时间，尝试过通过直方图结合 OTSU 自适应二值化，二值效果都不好。所以为了好做后面的二值化，这里我先提高对比度，把条形码增黑，背景增白。提高对比度函数为自定义实现，原理简要的讲就是设置了 fa 和 fb，在范围内的像素值得到增益：k * (img[i, j] - fa)，其中 k = 255 / (fb - fa)，如果像素值大于 fb，直接赋值为 255，小于 fa，赋值为 0。

效果：

4.3.3 二值化

目的：在二值化之前其实还有一步，就是 img = img2[(imgShape[0] // 2 - 1):(imgShape[0] // 2), :]，即取中间一行的像素值进行处理，这是因为条形码上下看都是一样的，没有必要对整个条形码进行处理，只要取出一行进行识别就好。接着进行二值化，便于后续的识别条形码操作。值得注意的是，这里的参数设置的二值化效果是“非白即黑”（cv2.threshold(img, 254, 255, cv2.THRESH_BINARY)），这是因为提高对比度之后的图像，有些线是灰色的。

效果：



4.3.4 resize

目的：该步之前其实还有一步，就是注意到上面的图，左右边缘都有黑线，这其实是原图包围条形码的框，而不是条形码，所以要在代码里判断黑线是不是条形码，我采用的算法就是算距离，分别从左向右，从右向左扫描，记录遇到的第一个黑线的位置，接着计算位置之差可以得到黑线的相邻距离，太大的肯定是框，直接去除即可，把图像的索引 0 和索引-1 的位置分别置为条形码最左边和最右边的位置。

下面的工作就是识别条形码，为了便于后面分割，先把 y 长度 resize 为 95，这是因为条形码本质上就是由 95 个条组成的。

效果：

4.3.5 识别二进制位

目的：检测出条形码的二进制位。到这一步，像素矩阵的维度应该就是 1*95 了，那么我们可以依次遍历这 95 个值，计算他们的像素值白色的占比。我在代码里写的是占比超过 30%即认为该条为白色，存储 0，否则存储 1。30%这个 ratio 也是经过多次试验得到的，效果较好。

效果：

```
[1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0,
 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1]
```

4.4 decode(result)

目的：根据上述存储二进制位的数组 result 来解码这些二进制位代表的数字。根据条形码的原理，设置四个字典，分别是左侧奇性字典，左侧偶性字典，右侧偶性字典，首位校验字典，对 result 进行切割，再在字典中查找，找到一组二进制位对应的十进制数。如果查找失败返回 None，该部分详细代码逻辑参见源代码。如果查找成功就将该数字打印到屏幕上，并且替换上一帧解码得到的数字，这样可以确保在经过几帧的运算后，正确的结果得以显现。

效果：

五、模型的评价与改进方向

经过我多本书的测试，在绝大多数情况下模型都能正确识别条形码，打印正确的条形码的值，少数情况至多有 1 位的误差，模型总体的正确率从我直观角度感受还是满意的。并且识别速度也在可以接收的范围内（3s）。**此外为了量化模型结果，找了 5 本书，每本书做 10 次检测，共正确 48 次，正确率为 96%。**

未来如果有时间的话，我会进一步优化处理算法，因为现在可以看到在处理条形码时，模型的 FPS 只有 2 左右，有点卡卡的。另外可以将条形码识别扩展到二维码识别等领域，其实和条形码大同小异，甚至比条形码简单，因为条形码太细，间隔太小，处理很容易影响条形码。而二维码是由一个个小方块组成的，图像处理不太会影响二维码本身。

六、我的感想

大概花了四天时间完成了选题-实践-优化-实现的过程，总体下来收获颇多，因为在暑假期间曾学过 OpenCV，所有这次也直接基于 OpenCV 来做，算是一种复习。除了动手能力，整个课程设计对课内知识也有较大的辅助理解。总的来说，我个人认为该课程设计是一个不错的作品，达到了我的预期。

本学期内课程的学习也是勤奋求索，实验里积极探索 MATLAB 在图像处理的应用，尽量做到了知其然，知其所以然。

七、参考文章

https://blog.csdn.net/kangkanglhb88008/article/details/86468830

八、源代码

只有一个.py 文件，可以直接运行。

```
import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import time


def cv_show(img, name='img'):
    cv2.namedWindow(name, 0)
    cv2.resizeWindow(name, 300, 300)
    cv2.imshow(name, img)
    cv2.waitKey(0)
    cv2.destroyAllWindows()


def resize(image, width=None, height=None, inter=cv2.INTER_AREA):
    (h, w) = image.shape[:2]
    if width is None and height is None:
        return image
    if width is None:
        r = height / float(h)
        dim = (int(w * r), height)
    else:
        r = width / float(w)
        dim = (width, int(h * r))
    resized = cv2.resize(image, dim, interpolation=inter)
    return resized


def order_points(pts):
    # 一共 4 个坐标点
    rect = np.zeros((4, 2), dtype="float32")

    # 按顺序找到对应坐标 0123 分别是 左上，右上，右下，左下
    # 计算左上，右下
```

```
    s = pts.sum(axis=1)
    rect[0] = pts[np.argmin(s)]
    rect[2] = pts[np.argmax(s)]

    # 计算右上和左下
    diff = np.diff(pts, axis=1)
    rect[1] = pts[np.argmin(diff)]
    rect[3] = pts[np.argmax(diff)]

    return rect


def four_point_transform(image, pts):
    # 获取输入坐标点
    rect = order_points(pts)
    (tl, tr, br, bl) = rect

    # 计算输入的 w 和 h 值
    widthA = np.sqrt(((br[0] - bl[0]) ** 2) + ((br[1] - bl[1]) ** 2))
    widthB = np.sqrt(((tr[0] - tl[0]) ** 2) + ((tr[1] - tl[1]) ** 2))
    maxWidth = max(int(widthA), int(widthB))

    heightA = np.sqrt(((tr[0] - br[0]) ** 2) + ((tr[1] - br[1]) ** 2))
    heightB = np.sqrt(((tl[0] - bl[0]) ** 2) + ((tl[1] - bl[1]) ** 2))
    maxHeight = max(int(heightA), int(heightB))

    # 变换后对应坐标位置
    dst = np.array([
        [0, 0],
        [maxWidth - 1, 0],
        [maxWidth - 1, maxHeight - 1],
        [0, maxHeight - 1]], dtype="float32")

    # 计算变换矩阵
    M = cv2.getPerspectiveTransform(rect, dst)
    warped = cv2.warpPerspective(image, M, (maxWidth, maxHeight))

    # 返回变换后结果
    return warped


def grayContrast(img, fa, fb):
    img = img.copy()
    k = 255 / (fb - fa)
    for i in range(0, img.shape[0]):
        for j in range(0, img.shape[1]):
            if img[i, j] < fa:
                img[i, j] = 0
            elif img[i, j] > fb:
                img[i, j] = 255
            else:
                img[i, j] = k * (img[i, j] - fa)
    return img


def transform(image):
```

```
    orig = image.copy()
    image = orig
    # 预处理
    gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    # ret, thresh = cv2.threshold(gray, 0, 255, cv2.THRESH_BINARY + cv2.THRESH_OTSU)
    ret, thresh = cv2.threshold(gray, 110, 255, cv2.THRESH_BINARY)

    kernal = np.ones((5, 5), np.uint8)
    erosion = cv2.erode(thresh, kernal, iterations=3)

    blur = cv2.GaussianBlur(erosion, (7, 7), 0)

    edged = cv2.Canny(blur, 75, 200)

    # 轮廓检测
    cnts = cv2.findContours(edged.copy(), cv2.RETR_LIST,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[1]
    cnts = sorted(cnts, key=cv2.contourArea, reverse=True)[:5]

    # 遍历轮廓
    for c in cnts:
        # 计算轮廓近似
        peri = cv2.arcLength(c, True)
        # C 表示输入的点集
        # epsilon 表示从原始轮廓到近似轮廓的最大距离，它是一个准确度参数
        # True 表示封闭的
        approx = cv2.approxPolyDP(c, 0.02 * peri, True)
        if peri < 500:
            return []
        # 4 个点的时候就拿出来
        if len(approx) == 4:
            return approx
    return []


def process(warped):
    # 转灰度图像
    img2 = cv2.cvtColor(warped, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    # 提高对比度
    img2 = grayContrast(img2, 50, 100)
    # cv_show(img2)

    # 取中间 1 行像素点进行处理
    imgShape = img2.shape
    img = img2[(imgShape[0] // 2 - 1):(imgShape[0] // 2), :]
    imgShape = img.shape

    # 非白即黑，这是因为提高对比度之后的图像，有些线是灰色的
    ret, thresh = cv2.threshold(img, 254, 255, cv2.THRESH_BINARY)
    img = thresh
    # for i in range(0, imgShape[1]):
    #     if img[0, i] != 255:
    #         img[0, i] = 0

    # 有些条形码四周有黑框要把他们和条形码区别，算相邻距离即可
    blackStartLeft, blackStartRight = [], []
```

```
    for k in range(1, imgShape[1] // 2):   # 从左向右扫描
        if img[0, k] == 0 and img[0, k - 1] == 255:
            blackStartLeft.append(k)
    for k in range(imgShape[1] - 2, imgShape[1] // 2, -1):   # 从右向左扫描
        if img[0, k] == 0 and img[0, k + 1] == 255:
            blackStartRight.append(k)
    disBetweenBlackLeft = np.diff(blackStartLeft)
    disBetweenBlackRight = np.diff(blackStartRight)

    # 结果列表
    result = []
    if disBetweenBlackLeft != [] and disBetweenBlackRight != []:
        if disBetweenBlackLeft[0] - disBetweenBlackLeft[1] > 25:
            left = blackStartLeft[1]
        else:
            left = blackStartLeft[0]
        if disBetweenBlackRight[1] - disBetweenBlackRight[0] > 25:
            right = blackStartRight[1]
        else:
            right = blackStartRight[0]
        img = img[:, left:right]   # 去除黑框，得到条形码结果

        # 下面的工作就是识别条形码，为了便于后面分割，先把 y 长度 resize 为 95
        imgShape = img.shape
        img = cv2.resize(img, dsize=(95, imgShape[0]))
        imgShape = img.shape

        # 等分 95 份
        offset = int(imgShape[1] / 95)   # 计算偏移量，其实也就是 1
        for j in range(offset, imgShape[1] + 1):
            if j % offset == 0:
                ratio = np.sum(img[:, j - offset:j]) / (255 * offset)
                if ratio >= 0.3:
                    result.append(0)
                else:
                    result.append(1)
        # print(result)
        if result[:3] == [1, 0, 1] or result[-3:] == [1, 0, 1]:   # 条形码的起始符和终止符必须
正确
            return True, result[3:-3]
        else:
            return False, result
    return False, result


def decode(result):
    # 编码表
    singularCharDict = {'0001101': 0, '0011001': 1, '0010011': 2,
                        '0111101': 3, '0100011': 4, '0110001': 5,
                        '0101111': 6, '0111011': 7, '0110111': 8,
                        '0001011': 9
                        }
    evenCharDict = {'0100111': 0, '0110011': 1, '0011011': 2,
                    '0100001': 3, '0011101': 4, '0111001': 5,
                    '0000101': 6, '0010001': 7, '0001001': 8,
                    '0010111': 9
```

```
                              }
    evenCharDict2 = {'1110010': 0, '1100110': 1, '1101100': 2,
                              '1000010': 3, '1011100': 4, '1001110': 5,
                              '1010000': 6, '1000100': 7, '1001000': 8,
                              '1110100': 9}
    firstNumberDict = {'000000': 0, '001011': 1, '001101': 2,
                                 '001110': 3, '010011': 4, '011001': 5,
                                 '011100': 6, '010101': 7, '010110': 8,
                                 '011010': 9}
    # 最终的数组与记录奇偶性的列表
    number, oddAndEven = [], []
    for i in range(7, 42 + 1):   # 左侧数据区
        if i % 7 == 0:
            tempList = list(map(lambda x: str(x), result[i - 7:i]))   # 设置为 str 类型元素的
列表
            tempStr = ''.join(tempList)
            if not singularCharDict.get(tempStr):   # 非 None 值
                oddAndEven.append('1')
            if not evenCharDict.get(tempStr):
                oddAndEven.append('0')
            number.append(singularCharDict.get(tempStr) or evenCharDict.get(tempStr))

    for i in range(7, 42 + 1):   # 右侧数据区
        if i % 7 == 0:
            tempList = list(map(lambda x: str(x), result[47 + i - 7:47 + i]))
            tempStr = ''.join(tempList)
            number.append(evenCharDict2.get(tempStr))

    number.insert(0, firstNumberDict.get(''.join(oddAndEven)))   # 插入奇偶位，也就是第 0
位
    number = ['X' if item == 'None' else item for item in list(map(lambda x: str(x), number))]
# 将所有的 None 值替换为 X
    return number


def main():
    capture = cv2.VideoCapture(0)
    number = ['X', 'X', 'X', 'X', 'X', 'X', 'X', 'X', 'X', 'X', 'X', 'X', 'X']
    if capture.isOpened():   # 检查是否打开正确
        openSucess, frame = capture.read()
    else:
        openSucess = False

    while openSucess:
        ret, frame = capture.read()
        if frame is None:
            break
        if ret:
            # 启动计时器
            timeStart = time.time()
            # 先进行轮廓检测和投射变换
            screenCnt = transform(frame)
            ContourDetect = 'False'
            SignDetect = 'False'
            if screenCnt != []:
                ContourDetect = 'True'
```

```
                    cv2.drawContours(frame, [screenCnt], -1, (255, 0, 0), 2)  # 绘制轮廓
                    warped = four_point_transform(frame.copy(), screenCnt.reshape(4, 2))  # 投射变换
                    state, result = process(warped)  # 得到投射变换图之后进行图像处理，如果最后条形码起始符和终止符不是 101，图片里没有条形码返回 false
                    if state:
                        numberGenList = decode(result)  # decode 函数对 result 里编码进行解码
                        SignDetect = 'True'
                        # 替换掉 X
                        number = [numberGenList[i] if item == 'X' and numberGenList[i] != 'X' else item for i, item in
                                  enumerate(number)]
                        # 替换上一次结果
                        number = [numberGenList[i] if item != 'X' and numberGenList[i] != 'X' else item for i, item in
                                  enumerate(number)]
                # 翻转镜头
                # frame = cv2.flip(frame, 180)
                timeEND = time.time()
                FRAME = 1 / (timeEND - timeStart)
                cv2.putText(frame, 'FPS:{:.2f}'.format(FRAME), (0, 22), cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN, 2.0, (0, 0, 255), 2)
                cv2.putText(frame, 'EAN13 Code:' + ''.join(number), (0, 44), cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN, 2.0, (0, 0, 255), 2)

                cv2.putText(frame, 'Contour:' + ContourDetect, (0, 445), cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN, 2.0, (0, 0, 255), 2)
                cv2.putText(frame, 'Sign:' + SignDetect, (0, 475), cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN, 2.0, (0, 0, 255), 2)
                # frameShape = frame.shape
                # frame = cv2.resize(frame, (int(frameShape[1] * 1.4), int(frameShape[0] * 1.2)))
                cv2.rectangle(frame, (140, 420), (510, 50), (211, 50, 148), 2)
                cv2.imshow('Book Barcode Recognition by Wang Yi', frame)
                if cv2.waitKey(10) & 0xFF == 27:
                    break

    capture.release()
    cv2.destroyAllWindows()


main()
```