

USB 摄像头的条形码识别

刘 松, 卢一相, 孙 冬

(安徽大学 电气工程与自动化学院, 安徽 合肥 230601)

摘 要: 以 USB 摄像头为输入设备, 提出一种改进的 EAN-13 条形码定位和识别算法. 首先, 视频连续两帧图像进行差分运算, 当其绝对值小于一定阈值, 捕获当前图像帧, 进而用形态学的膨胀和腐蚀算法对捕获到的图像进行条形码区域的定位; 然后, 用大津法求定位后图像的全局阈值并对其进行二值化; 再然后, 用所提出的矩形平移的校正方法对倾斜的条形码进行倾斜校正; 最后, 用平均宽度法计算出条形码条和空的宽度, 接着识别条形码并判断是否识别正确. 实验结果表明, 该算法识别速度快, 识别率高.

关键词: USB 摄像头; EAN-13; 形态学; 矩形平移

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)01-0047-05

Barcode Recognition Based on USB Camera

LIU Song, LU Yi-xiang, SUN Dong

(College of Electrical Engineering and Automation, Anhui University, Hefei 230601, China)

Abstract: Taking USB Camera as the input device, an improved EAN-13 barcode location and recognition algorithm was proposed. First, the differences of the two successive frames was calculated. The current image frame was captured when the absolute value of the differences was less than a certain threshold. Morphological dilation and erosion algorithm was used to locate the barcode of the image caught by camera. Then, global threshold calculated by Otsu was used to segment the image located. Then, geometric correction of the tilted barcode was realized by the method of rectangular panning that was proposed in this paper. Finally, the barcode was recognised after calculating the barcode and empty width and judged whether was right. Experiments shows that the algorithm has a high recognition speed and high rate of recognition.

Key words: USB camera; EAN-13; morphology; rectangular panning

1 引言

由于条形码技术具有准确、快速、方便、经济的特点, 因此很快渗透到自动化管理的各个领域^[1-2]. Jain 等人^[3]提出了多通道 Gabor 滤波的条码检测算法. Shellhammer 等人^[4]提出了基于选择性采样的条码边界处理技术, 计算条码的边缘强度, 根据边缘强度进行选择采样除去噪声引起的伪边界, 再用拉普拉斯变换增强条码边界. 徐益峰等人^[5]提出了用双平方边缘直线拟合算法对条形码进行几何校正, 用改进的相似边距离测量算法进行条形码识别.

本文提出了以 USB 摄像头为输入设备的条形码快速识别算法. 在本文中提出了新的条形码几何校正算法, 比传统校正算法更快速, 效果更好. 最后用 matlab 的 GUI 对本文算法进行仿真, 实验表明, 本文所提算法识别率高, 识别速度快.

2 EAN-13 条形码

EAN(European Article Number)是以消费资料为使用对象的国际统一商品代码. 目前有 EAN-8 和 EAN-13 两种, EAN-8 是 EAN-13 的缩短版. 一个完整的 EAN-13 条形码由两侧的空白区、起始符、左

收稿日期: 2013-02-20; **修回日期:** 2013-04-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(51177002)

侧数据符、中间分隔符、右侧数据符、校验符和终止符组成。因为其只在水平方向通过条和空的宽度编码来表达信息,垂直方向不表达任何信息,故它是一维条形码。图 1 所示为标准的 EAN-13 条形码。



图 1 标准 EAN-13 条形码

图 1 中条形码的条和空所表达的信息即为条码底部的字符。978 表示国际标准书号 (ISBN) 的前缀;接着的第一组号码段为国家代码,最短的是一位数,最长的达五位数,图 1 中 9787 后面的 7 代表中国大陆出版物;第二组号码段为出版社代码,允许取值范围 2~5 位;第三组号码段为书序段,由出版社自己给出;第四组号码段是校验码,只有一位。

条形码是模块组合型条码,模块是其基本单位^[5]。起始符的每个条宽或每个空宽代表一个模块宽度。条的宽度有 N 个模块宽就代表二进制的 N 个 1,空则代表 N 个 0。除了前置符不参与编码,其余每个字符都是由两个空和两个条编码,加起来为 7 个模块宽度。除此之外,左侧数据字符分为偶编码和奇编码,右侧数据字符只有偶编码。EAN-13 的字符编码如表 1 所示。前置符是由左侧数据符的奇偶编码关系确定的,具体对应关系见表 2。

表 1 EAN-13 的字符编码

字符 数据	左侧数据符		右侧数据符
	奇编码	偶编码	偶编码
0	0001101(53)	0100111(23)	1110010(53)
1	0011001(44)	0110011(34)	1100110(44)
2	0010011(33)	0011011(43)	1101100(33)
3	0111101(55)	0100001(25)	1000010(55)
4	0100011(24)	0011101(54)	1011100(24)
5	0110001(35)	0111001(45)	1001110(35)
6	0101111(22)	0000101(52)	1010000(22)
7	0111011(44)	0010001(34)	1000100(44)
8	0110111(33)	0001001(43)	1001000(33)
9	0001011(42)	0010111(32)	1110100(42)

表 2 前置符与左侧奇偶编码的对应关系表

前置符	左侧数据符奇偶编码排列顺序					
0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	0	0
2	1	1	0	0	1	0
3	1	1	0	0	0	1
4	1	0	1	1	0	0
5	1	0	0	1	1	0
6	1	0	0	0	1	1
7	1	0	1	0	1	0
8	1	0	1	0	0	1
9	1	0	0	1	0	1

1 为奇编码,0 为偶编码

3 条形码的识读

条形码的识读主要包括三个步骤:第一步,是对条形码区域的定位。第二步,是对条形码进行几何校正。第三步,是对条形码进行识别。

3.1 条形码定位

国内外很多学者提出了有关条形码定位的方法,比如基于纹理特性、利用图像分块、离散余弦变换、采用 JPEG2000 压缩图像等,各有优缺点^[6]。

由条形码本身的特征可以看出,条形码的条空组成一个矩形区域。因为有这一特征,所以本文提出基于形态学的条形码定位算法。具体算法步骤如下:

①求取摄像头拍摄到图像的边缘。因为条形码是由条和空组成,所以为了减少计算量,本文只选用 Sobel 算子^[7]的垂直模板。

②对求取边缘后的图像进行二值化。二值化用的阈值是由大律法求出。

③对二值化图像进行膨胀。

④对膨胀后的图像进行腐蚀。腐蚀到只剩一个连通区域时停止,但是如果非条形码区域纹理比较大,就会出现直接不经过一个连通区域而直接到全部腐蚀没有连通区域的情况。对这种情况,保留上一步时连通区域最大一个区域,其余连通区域全部置零。

⑤对剩下的连通区域,进行膨胀,膨胀的次数和腐蚀的次数相同。最后膨胀后的区域即为条形码区域。

3.2 条形码校正

摄像头拍摄到的图像有可能倾斜,需要对其进

行几何校正. 因为条形码是条和空组成, 所以可以用 Hough 变换^[8]、最小二乘法^[9]拟合直线等方法来求取条形码倾斜的角度, 然后再进行旋转. 但因为 Hough 变换、最小二乘法等计算量大, 所以本文提出一种计算量较小, 但效果较好的条形码校正算法.

如图 2 所示(为了便于观察, 图 2 是只显示了条形码中的一个条的二值化图像, 并且放大了), 当条形码倾斜时, 二值化的条就会成为阶梯状, 该阶梯可以看出是由一个个小矩形组成. 再观察图 2 可以看出, 组成阶梯的每个小矩形的左右宽度是一样的, 该宽度即为该条形码条的宽度. 所以当把每个小矩形向右平移到竖直时, 即完成条形码的校正过程. 当条形码的倾斜角度和图 2 相反时, 只要把小矩形平移的方向向左即可. 算法具体步骤如下:



图 2 条形码一个条的放大二值化图

①求条形码倾斜的斜率. 该算法只要求求出条形码倾斜斜率的正负即可(如图 2 倾斜斜率定为负, 与图 2 反向斜率则为正), 所以只要找到一个条形码的条(图 2), 然后找到这条条形码的最上和最下点的坐标, 用求直线斜率公式即可求出条形码的斜率.

②平移小矩形. 如果斜率小于零, 每次取出一条条形码, 从左向右扫描, 记下条形码左右边界点的横坐标, 然后求差分. 差分不为零点, 即为阶梯的跳变点. 从上向下按行扫描, 遇到条形码左边的跳变点时, 判断对应行的条形码右边是否是跳变点. 如果是, 判断条形码左边跳变点和下一个跳变点的距离是否比右边跳变点和上一个跳变的距离长, 如果长的话, 把右边的下一个跳变点坐标作为小矩形的右下角坐标, 而左上角坐标为左跳变点坐标. 然后把该小矩形向右平移, 平移的距离为该左跳变点和上一个左跳变点的横坐标差. 不断的重复该步骤, 直到所有的条形码被校正完毕. 如果斜率大于零, 只是小矩形的平移的方向改为向左, 搜索方向改为右跳变点, 再判断左跳变点, 其余和斜率小于零相同.

3.3 条形码识别

条形码识别的具体步骤如下:

①求条和空的宽度. 对校正后的条形码图像, 从

上到下从左到右开始扫描, 记录每一个条的每一行的宽度, 最后对应条的宽度相加后除以行数即为该条的平均宽度. 对于求空的宽度, 只是把图像反色, 去除图像两端非空的区域, 其余和求条的方法是一致的.

②用相似边距离算法^[10]进行识别. 相似边距离的优点是, 即使有噪音干扰, 导致上一步计算的条和空宽度不准确, 也不影响正确的识别. 如图 3 为一个字符宽度示意图. C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 分别是对应条和空的宽度, $T_1 = C_1 + C_2$, $T_2 = C_2 + C_3$, $T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$. t_1 、 t_2 分别是 T_1 、 T_2 归一化的值. 计算关系如式(1) ($i = 1, 2$):

$$t_i = \begin{cases} 2 & T_i/T < 2.5/7 \\ 3 & 2.5/7 \leq T_i/T < 3.5/7 \\ 4 & 3.5/7 \leq T_i/T < 4.5/7 \\ 5 & T_i/T \geq 4.5/7 \end{cases} \quad (1)$$

令 $t = T_1 \times 10 + T_2$, 此时求出的 t 即为表 1 括号后面的数字. 由表 1 可以看出, 除了几个字符其余的都和 t 的值成一一对应关系. 不一一对应的有, 左侧奇编码的 1 和 7, 其对应 t 的值都为 44; 左侧奇编码的 2 和 8, 其对应 t 的值都为 33; 左侧偶编码的 1 和 7, 其对应 t 的值都为 34; 左侧偶编码的 2 和 8, 其对应 t 的值都为 43; 右侧偶编码的 1 和 7, 其对应 t 的值都为 44; 右侧偶编码的 2 和 8, 其对应 t 的值都为 33. 对于这种情况, 再进一步判断. 比如, 某次左侧数据符号的条形码求出 t 的值为 44, 查表 1 可以看出, 对应的字符可能为 1 也可能为 7. 对此种情况需要进一步判断, 由表 1 中的 1 和 7 的二进制编码可以看出, 字符 1 对应的 $c_1 + c_3 > c_2 + c_4$, 而 7 对应的 $c_1 + c_3 < c_2 + c_4$. 由此分辨出 t 为 44 时, 对应的字符是 1 还是 7. 对于其他不是一一对应的字符, 也采用同样类似的办法.

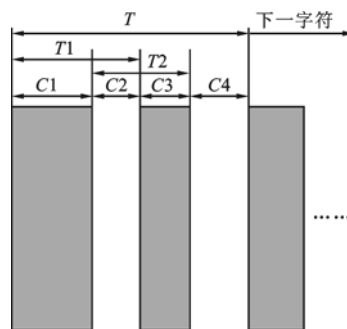


图 3 相似边距离

通过相似边距离算法求出的 t 和表 1 的对应关系, 可以求出除了前置符的其他所有字符. 而对于前

置符,则通过左侧奇偶编码的排序和表 2 对应的关系来求出。

3.4 条形码校验

EAN-13 条形码字符的最后一位为校验位,这样可以增加条形码识别的可靠性. 校验具体过程如下:

①将条形码字符按从校验位到前置符的顺序排序。

②从第 2 位开始所有偶数位上的字符相加,然后乘以 3。

③从第 3 位开始所有奇数位上的字符相加。

④把②和③所得的结果相加,取其个位数,再由 10 减去此个位数即得到计算的校验值。

⑤如果计算的校验值与条形码的校验值相等,说明译码正确,否则译码错误。

4 实验结果及分析

本实验采集图像所用的集成环境是基于 matlab 图像采集工具箱的 GUI,所用的设备是 640 * 480 USB 摄像头. 当采集视频信息的前后两帧差分小于一个阈值时捕获图像,进而进行下一步处理。

4.1 条形码定位实验结果

对选用的几幅图像用本文的定位算法进行定位,结果如图 4 所示。

4.2 条形码校正实验结果

因为条形码只有水平方向表达信息,所以识别时不需要整幅条形码. 本文把上一节定位的条形码按行分成若干等份,只选取中间一等份,作为识别时的条形码. 本节比较了本文所提出的几何校正算法和经过 Hough 变换,再进行旋转的算法. 结果如图 5 所示. 由图 5 可以看出,由 Hough 变换检测在进行旋转后条形码的毛刺较多,不利于进一步的识别. 而本文所提的校正算法校正效果较好。

4.3 条形码识别实验结果

本实验用 matlab 图像采集工具箱(Image Acquisition Tool)驱动 USB 摄像头捕获图像,matlab 的 GUI 作为显示界面. 测试了 200 幅捕获到的图像,识别率正确的有 193 幅,识别错误的有 4 幅,识别不出的有 3 幅,正确识别率在 96% 以上. 从摄像头开始采集图像到识别出结果,这个过程需要时间小于 0.1 s,本仿真程序没有经过优化,如果识别程序经过进一步优化,识别需要的时间会更少. 由以上可见,本文所提的算法识别效果较好. 图 6 所示为 matlab 的 GUI 界面,图像显示区显示条形码视频图

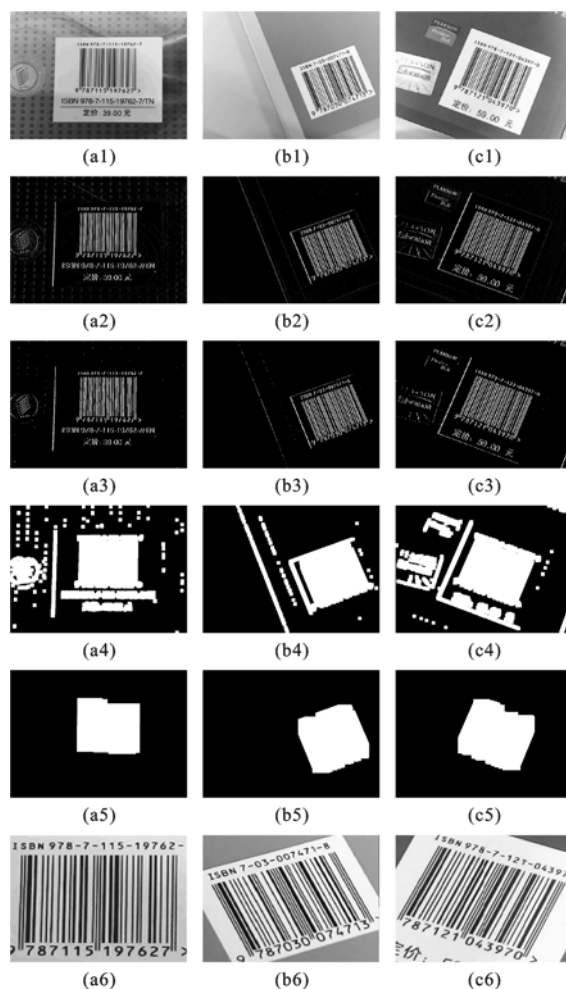


图 4 定位结果

((a1)、(b1)、(c1)为原始图像,(a2)、(b2)、(c2)为边缘检测图,(a3)、(b3)、(c3)为二值化图,(a4)、(b4)、(c4)为膨胀后的图像,(a5)、(b5)、(c5)为腐蚀到一个连通区域的图像,(a6)、(b6)、(c6)为定位后图像)

像,图像显示区上方显示识别结果,结果有识别正确、识别错误、识别不出三种. 图 6(a)中条形码被故意污损,但不影响识别结果的正确性,可见本文提出的算法对条形码的要求质量不高,有一定的鲁棒性. 图 6(b)把 9787040079814 识别成 9787040079874,把其中的字符 1 错误识别成字符 7. 因为用相似边距离识别条形码时 1 和 7 都对应着 44,如果能改进 1 和 7 进一步分类的算法,那么这种错误是可以避免的. 图 6(c)中识别不出的原因是因为条形码本身模糊不清,从图中可以看出,条形码的有些条都模糊在一块. 图 6(d)为故意测试不包含条形码图像的识别结果情况,可见当采集的图像不包含条形码,此种情况为拒识(即图中显示的“识别不出”).

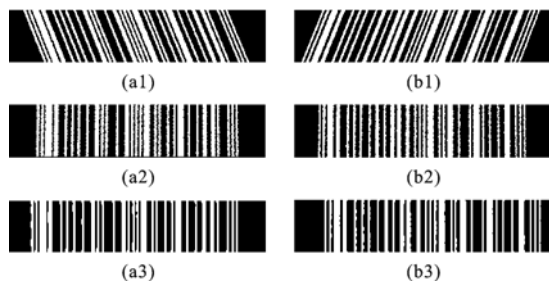


图5 几何校正图

((a1)(b1)分别为从条形码选取一等份并二值化的图像,(a2)(b2)分别为用 Hough 变换检测直线,然后用双线性插值进行旋转的图像,(a3)(b3)分别为用本文所提出的几何校正算法校正后的图像)

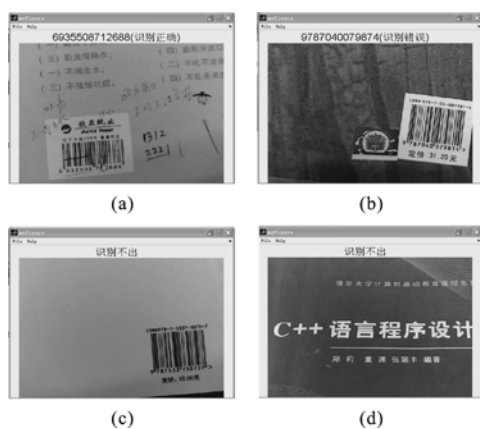


图6 识别结果

5 结束语

本文首先用 matlab 的图像采集工具箱(Image Acquisition Tool)控制 USB 摄像头采集图书条形码,然后进行进一步的识别.实验结果表明,本文所提出的 EAN-13 条形码识别算法,识别率高、鲁棒性强、而且处理速度快,满足工业自动化的要求.

参考文献:

- [1] 陈丹晖,刘红.条码技术与应用[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [2] 马晓婷,程承恩.条码技术手册[M].北京:中国计量出版社,1991.
- [3] Jain A K, Chen Y. Barcode localization using texture analysis[C]// Proceedings of the 2nd International Conference on Document Analysis and Recognition. Tsukuba City, Japan, 1993:41-44.
- [4] Shellhammer S J, Goren D P, Pavlids T. Novel signal-processing techniques in barcode scanning[J]. IEEE Robot & Automation Magazine, 1996(6):57-65.
- [5] 徐益峰,金恒宏,戴曙光.基于 EAN-13 条形码识别的改进算法[J].计算机与数字工程,2011, 39(7):127-131.
- [6] 吴忻生,邓军.利用提取边缘线的方法定位条形码[J].计算机应用,2010, 30(5):1246-1250.
- [7] 范礼,高铁杠,杨群亭.基于小波提升与 Sobel 膨胀特征提取的零水印版权认证方案[J].计算机应用研究,2010, 27(2):727-730.
- [8] 朱娟,刘艳滢,王延杰.一种基于 Hough 变换的新直线段检测算法[J].微电子学与计算机,2008, 25(12):60-63.
- [9] 吕晶晶,姚金杰.基于最小二乘法和牛顿迭代法的空中目标定位[J].微电子学与计算机,2011, 28(9):108-110.
- [10] 王雅静.基于图像处理的 EAN-13 条码识别算法[J].山东理工大学学报,2005, 19(4):14-18.

作者简介:

刘松男,(1987—),硕士研究生.研究方向为图像增强、图像匹配等.

卢一相男,(1980—),博士研究生,讲师.研究方向为图像增强、图像识别等.

孙冬男,(1982—),博士研究生,讲师.研究方向为图像增强、图像识别等.

(上接第46页)

- [10] Teng L, Wang X Y. A bit-level image encryption algorithm based on spatiotemporal chaotic system and self-adaptive[J]. Optics Communications, 2012(285):4048-4054.
- [11] Pisarchik A N, Flores-Carmona N J, Carpio-Valadez M. Encryption and decryption of images with chaotic map lattices[J]. Chaos, 2006(16):033118-1-6.
- [12] Zhu Z L, Zhang W, Wong K W, et al. A chaos-based

symmetric image encryption scheme using a bit-level permutation[J]. Information Sciences, 2011,181(6):1171-1186.

作者简介:

盛苏英女,(1979—),硕士,讲师.研究方向为混沌加密、数码防伪.