

# 用于QR码自动识读的图像分析方法

孙明<sup>1</sup>, 傅隆生<sup>1</sup>, 杨信廷<sup>2</sup>, 张树槐<sup>3</sup>

(1. 中国农业大学传感器与检测技术研究所 北京 海淀区 100083; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心 北京 海淀区 100097;  
3. 日本弘前大学农学生命科学部 日本 弘前 036-8561)

**【摘要】**对于所采集的条码图像,为了适应实时性的要求,以得到不同光照条件下的最佳阈值,该文提出了把直方图双峰法、OTSU法及NLNblack阈值法结合起来的改进的自适应阈值法。实验证明了该方法具有高效性和稳定性。为了在条码分割图像中获取QR码的4个顶点,首先,根据3个位置探测图形的特性提出了一种新的方法以求取对应的3个顶点,同时利用QR码的特征提出挖空算法获取条码的边缘,再采用过已知点的Hough变换得到第4个顶点。实验证明该算法在各种采集条件下可有效地得到QR码的4个顶点。

**关键词** 二值图像; 几何学; Hough变换; 图像分析; 快速响应码  
中图分类号 TP391 文献标识码 A doi:10.3969/j.issn.1001-0548.2009.06.026

## Image Analysis Method for QR Code's Automatic Recognition

SUN Ming<sup>1</sup>, FU Long-sheng<sup>1</sup>, YANG Xin-ting<sup>2</sup> and ZHANG Shu-huai<sup>3</sup>

(1. Institute of Sensoring Technology, China Agricultural University Haidian Beijing 100083;  
2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture Haidian Beijing 100097;  
3. Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University Hirosaki Japan 036-8561)

**Abstract** For collected barcodes images, an image analysis method with the ability of locating, segmenting, correcting and recognizing the QR code is introduced. In order to meet real-time demands and obtain the optimal thresholds under various lighting conditions, we propose an improved adaptive thresholding, which is proved with high efficiency and high stability. In order to get the four corner points of QR code in the segmentation of barcode, a new algorithm is presented to obtain three points among those corner points according to their patterns features. The fourth corner point is then obtained by employing known point. Hough transformation. Experiment shows that the algorithm can get the four corner points of QR code effectively under various acquisition situations.

**Key words** binary images; geometry; hough transforms; image analysis; quick response code

条码作为一种信息自动识别技术,以其采集速度快、准确率高、成本低、可靠性强等优点,被广泛应用于商品标识、安全防伪和电子商务等众多领域。二维条码在平面两个方向上记录信息,同一维条码相比,具有信息容量大、可靠性高、支持多种纠错级别等优点。

快速响应码(QR码)是日本Denso公司于1994年研制的一种矩阵式二维码。QR码有40个版本和4个纠错等级,最多能编码7 089个数字或4 296个字母,最高的纠错等级能纠正30%的错误码字<sup>[1]</sup>。

二维条码是集编解码规则、条码印制和条码图像识别等技术于一体的综合应用技术。在实际应用中,条码图像识读技术会遇到以下难点:(1)由于条码符号印制在商品或商品外包装上,同时还印制很

多与条码无关的信息,导致条码图像的背景复杂。(2)条码应用的环境光照变化大,再加上图像采集装置引起的几何失真和平面失真,增大了识别的难度。(3)QR码是高密度条码,由于图像采集装置中光学系统点扩展函数<sup>[2]</sup>的影响,条码符号在边界方向上会出现模糊和重叠。

针对以上问题,国内外的专家学者做了大量研究,提出很多有效的算法。文献[3]将中心区域分块并取其所有块阈值中的最小值作为分割阈值,获得3个位置探测图形的顶点后再求取第4个顶点,采用仿射变换后取样即可解码。其阈值选取方法易产生过分割现象,导致译码失败。文献[4]采用直方图双峰法选取阈值,对图像进行开运算和闭运算后,寻找位置探测图形定位QR码后解码。文献[5]采用OTSU

法求取阈值后二值化,直接应用梯度法提取QR码的边缘,并对其降分辨率后采用Hough变换定位条码,但这两种方法的识别率不高。文献[6]提出了针对QR码的自适应阈值法,但未分析不同情况下的最佳阈值选取方法。文献[7]提出基于一维特征模板匹配的条码快速定位方法,并对条码进行Hough变换得到边界直线和顶点位置,再做控制点变换,形成只包含条码的图像并解码。文献[8]利用Hough变换、Sobel算子定位条码图像,并利用空间变换纠正图像失真。但QR码的边界不像PDF417码是一个连续的边界<sup>[9]</sup>,采用Hough变换定位误差很大。文献[10]提出的基于遗传算法的QR图像识别,计算量大,难以满足实时性的要求。

本文阐述了一种能对QR码进行定位、分割、几何失真校正和模块识别的图像分析方法,旨在解决条码开发和实际应用中存在的问题。

## 1 QR码的自动识读

### 1.1 二值化

一个好的二值化方法对整个条码识别系统的影响非常大。在多达20种全局阈值法中,OTSU法公认为是最有效的。如果光照条件不稳定,采用全局阈值法得到的图像效果差,而此时局部阈值法能获得比较好的效果。文献[11]对11种常见的局部阈值法做了评估,实验表明Niblack法最佳。但在Niblack法中很难设定一个合适的窗口大小,而且模块之间的影响很大,也比较耗时。

实验表明采用单一阈值选取方法难以满足各种条件下的条码图像的二值化要求。本文提出了改进的自适应阈值法,给出了不同光照下的最佳阈值选取方法。该方法在低照度、高照度或不稳定照明条件下,都能得到很好的识读效果。具体步骤为:

(1) 首先计算条码灰度图像的直方图,对其进行中值滤波去除噪声干扰,分析直方图的峰值特性。

(2) 如果得到明显双峰的直方图,采用直方图双峰法获取阈值,这种简单的阈值选取方法省时。

(3) 当直方图为弱双峰时,说明图像处于弱光照或强光照下。如果直方图区域位于低灰度区,则认为条码处于弱光照下;反之,条码处于强光照下,此时采用OTSU法计算全局阈值并进行二值化。

(4) 如果直方图呈现两个以上的峰,说明条码图像是在光照不均或背景复杂的情况下获得的,采用文献[12]提出的NLNiblack局部阈值法,不仅消除上述环境因素的影响,也克服了Niblack法过分夸大图

像细节的缺点。

综合各种阈值选取方法的优点,既能满足一般光照下条码识别的快速实时性,又能满足特殊光照下条码识别的正确性。

### 1.2 条码定位和提取

QR码中包含3个大小和形状相同的位置探测图形A、B、C,如图1所示。探测图形由3个重叠的同心正方形组成,深浅模块宽度比例为1:1:3:1:1。对本译码算法,每一模块宽度的允许偏差为0.5。它们对条码图像的大小和旋转具有不变性的特点,同时在图像中出现类似图形的可能性极小,因此可以通过查找满足近似比例1:1:3:1:1(如图1中的 $L_1$ 和 $L_2$ )的区域来迅速确定探测图形的位置。由于边缘模糊性及编码内容随机性的影响,满足要求的图形往往多于3个,此时根据位置探测图形A、B、C之间的距离关系(A、B、C构成近似等腰直角三角形),可以最终确定位置探测图形。同时在这个过程中可以得到位置探测图形的中心点坐标及其宽度和高度,根据这些已知条件将条码从背景中提取出来。

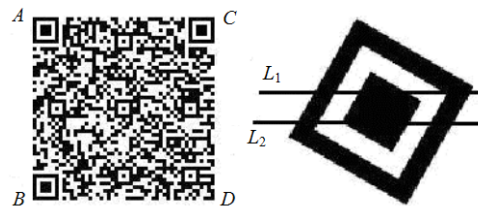


图1 位置探测图形

## 2 失真图像的几何校正

几何失真会给QR码的识别带来很大误差,降低识别率。引起几何失真的因素是错综复杂的,不能单独对某一失真进行处理。一般情况下,可以近似为线性失真。因此,可以用QR码为正方的特性来校正。

### 2.1 获取条码的四个顶点

针对Hough变换应用在QR码上的不足,本文提出一种新的求取条码边界点的算法,利用QR码的位置探测图形的特性,得到条码的其中3个顶点,具体处理步骤如下:

(1) 从条码区域的8个方向(上、下、左、右、左上、左下、右上、右下)由外至里用直线进行扫描,当直线与条码的黑色模块有两个以上的交点则停止。(2) 8个方向上的扫描结束后,至少可以获得16个点;(3) 同时在两个方向上出现的点即为顶点。这些步骤完成之后,将获得3个或3个以上的顶点。又因其中的3个顶点分别离各自的位置探测图形的中

心点最远, 以此为判断条件即可得到3个顶点。

在用Hough变换获取图像的偏转角度时, QR码图中间部分信息是不需要的, 妨碍了检测的正确性。为此本文提出了挖空算法, 即先将条码挖空, 得到边缘信息, 在排除了条码内部点的干扰后, 所求出的旋转角度就比较精确了。

挖空算法如下: 因为QR码是一幅二值图像, 故凡是位于QR码内部的点, 其上、下、左、右4个方向上都有黑色像素点存在, 此时可将该点挖空变为白色像素点。而边缘部分不可能4个方向上同时存在黑色像素点, 所以, 通过这个方法可以将QR码的边缘信息提取出来, 结果如图2所示。

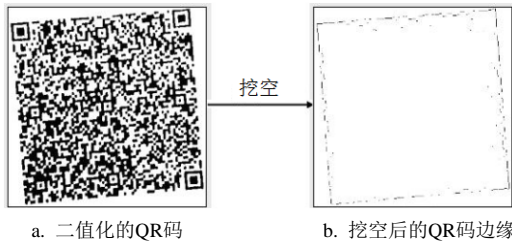


图2 挖空算法的示意图

同时采用过已知点的Hough变换的直线检测方法检测QR码边缘。传统的Hough变换直线检测方法是一种穷尽式搜索, 计算量和空间复杂度都很高, 很难在实时性要求较高的领域内应用。而过已知点的Hough变换方法, 是在Hough变换基本原理的基础上, 将逐点向整个参数空间的投票改进为仅向一个“已知点”参数空间投票的快速直线检测方法。

本文所提出的采用过已知点的Hough变换检测条码第4个顶点算法的具体步骤如下: (1) 根据已知的3个顶点的位置关系, 确定出第4个顶点位于条码的方位(左上、左下、右上、右下)。(2) 把与第4个顶点相邻的两个顶点作为已知点利用Hough变换处理挖空后的图像, 得到这两条边界直线的斜率, 从而利用两条直线相交得到第4个顶点。

### 2.2 条码图像的几何校正

无失真的条码为正方形, 由于各种原理采集后的条码图像总是存在失真, 利用逆投影变换法可以达到几何校正。利用QR码的4个顶点正方形特征, 通过式(1)所示变换将失真图像中的4个顶点A'、B'、C'和D'(控制点)还原成A、B、C和D, 如图3所示。

$$s = \frac{k_0x + k_1x + k_2}{k_6x + k_7x + 1}, t = \frac{k_3x + k_4x + k_5}{k_6x + k_7x + 1} \quad (1)$$

式中  $k_0 \sim k_7$  这8个参数可以从对应的4对顶点的方程组中求出, 从而实现由一般四边形到正方形的校正变换。图像变换的另一项工作是实现像素值的变

换, 可以采用三线性插值法<sup>[13]</sup>。

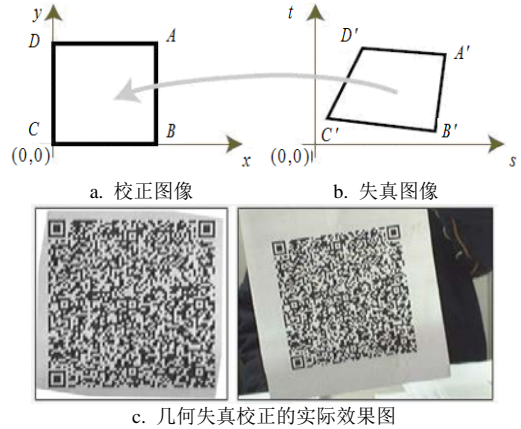


图3 控制点变换原理及示例

为得到条码图像的码字, 需要得到行与列交叉处的条码模块, 可以参照国标给出的参考译码算法。通过校正图形将条码分成若干个小区域, 在每一个区域中进行网格采样, 得到码字阵列。

### 3 实验方法

为了扩大条码的应用范围, 不通过条码专用阅读器进行图像采集, 而是采用广泛普及的聊天用摄像头(30万像素)作为采集设备, 使它具有更普遍的实际意义。实验中采集了200幅分辨率为640×480的QR条码图像, 图像中包括: (1) 条码密度变化, 模块宽度为0.10、0.15、0.20 cm的条码。(2) 模块数的差别, 模块数包括21×21, 25×25, ..., 77×77等15种不同数据容量的条码。(3) 光照的差别, 分别在一般光照、弱光照、强光照、不均匀光照和聚焦模糊等条件下采集条码图像。(4) 几何失真测试, 采集装置与条码平面角度变化为90°~60°, 采集装置与条码平面相对角度为0°~360°, 采集装置与条码平面的距离为8~15 cm。(5) 条码被放置在不同背景图案中。

在Intel Core2 Duo T7300 2.0G CPU, 2 GHz内存的笔记本电脑上计算了改进的自适应阈值法的处理时间及其识别率, 并与参考文献中的几种常见阈值选取方法进行了比较, 实验结果如表1所示。其中改进的自适应阈值法是根据分析试验图像的直方图峰值特性, 有155幅图像呈明显双峰的直方图, 采用直方图双峰法选取阈值; 25幅图像呈弱双峰直方图, 采用OTSU法选取阈值; 剩下的20幅图像呈多峰直方图, 采用NLNblack法选取局部阈值, 即3种阈值方法被选择的概率分别是直方图双峰法的77.5%、OTSU法的12.5%、NLNblack法的10%, 阈值选取时间分别是27、31、42 ms, 这样平均阈值选取时间为27×0.775+31×0.125+42×0.1=29 ms, 比其他几种方法

时间稍长,但识别率高达98.5%,表明自适应阈值法满足了识别率和处理时间的要求。当二值化后的图像中存在明显的位置探测图形时,本文所提出的检测4个顶点的算法能够100%获取QR码的4个顶点。同时实验表明,在同等实验条件下,过已知点的Hough变换的处理速度比一般Hough变换快近20倍。

表1 不同阈值选取方法的效果对比

阈值选取方法	阈值选取时间/ms	识别率/(%)
QR码标准参考算法	25	75.0
Ohbuchi法	22	83.0
直方图双峰法	27	80.5
OTSU法	31	89.5
改进的自适应阈值法	29	98.5

## 4 结束语

本文研究了QR码的自动识读算法,包括阈值选取、定位、几何失真校正及模块识别。针对实际应用中光线的不稳定,提出把多种阈值方法结合起来的改进的自适应阈值法,可以很好地分割图像。利用条码的位置探测图形及条码原图为正方形的特点,采用了控制点变换的方法,很好地校正了条码图像的失真变形。同时提出了检测QR码的4个顶点的算法,即首先根据QR码中位置探测图形的特性提出了一种新的算法以求取其中的3个顶点,利用挖空算法,得到QR码的边缘信息,再采用过已知点的Hough变换有效地得到了第4个顶点。

## 参 考 文 献

- [1] ISO/IEC. Information technology-automatic identification and data capture techniques-QR code 2005 bar code symbology specification[S]. Switzerland: ISO, 2006.
- [2] SONKA M, HLAVAC V, BOYLE R, et al. Image processing analysis and machine vision[M]. Beijing: Posts and Telecom Press, 2002.
- [3] OHBUCHI E, HANAIZUMI H, HOCK L A. Barcode readers using the camera device in mobile phones[C]// Proceedings of the 2004 International Conference on Cyberworlds. Tokyo: IEEE, 2004.
- [4] 刘东,高西全. QR码图像处理及识别算法的研究[J]. 信息技术, 2004, 28(1): 61-63.

- LIU Dong, GAO Xi-quan. Research on algorithm of processing and identification of QR barcode image[J]. Information Technology, 2004, 28(1): 61-63.
- [5] 胡孝鹏,董强,于忠清. 基于图像处理的QR码识别[J]. 航空计算技术, 2007, 37(2): 99-102.
- HU Xiao-peng, DONG Qiang, YU Zhong-qing. QR code recognition based on image processing[J]. Aeronautical Computing Technique, 2007, 37(2): 99-102.
- [6] 刘悦,刘明业,刘明军. 快速响应矩阵码自动识别算法的设计[J]. 计算机系统应用, 2006, 6: 51-54.
- LIU Yue, LIU Ming-ye, LIU Ming-jun. Design of automatic recognition algorithm of quick response code[J]. Computer Systems and Applications, 2006, 6: 51-54.
- [7] 刘慧娟. 快速响应码的全方位识别[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(4): 376-379.
- LIU Hui-juan. Omnidirectional recognition of quick response code image[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2006, 27(4): 376-379.
- [8] 刘宏伟,严研. 快速响应码的识别和解码[J]. 计算机工程和设计, 2005, 26(6): 1560-1562.
- LIU Hong-wei, YAN Yan. Recognition and decoding of QR code[J]. Computer Engineering and Design, 2005, 26(6): 1560-1562.
- [9] 戴扬,于盛林. 基于滤波-还原的二维条码识别投影算法[J]. 电子科技大学学报, 2005, 34(4): 537-540.
- DAI Yang, YU Sheng-lin. Two dimensional bar codes decoding algorithm based on projection and filtering-restoring principles[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology, 2005, 34(4): 537-540.
- [10] 谷晓琳,黄明,威海英. 基于遗传算法的二维QR码图像识别[J]. 大连铁道学院学报, 2005, 26(4): 47-51.
- GU Xiao-lin, HUANG Ming, QI Hai-yin. 2-Dimensional bar code recognition based on genetic algorithms[J]. Journal of Dalian Railway Institute, 2005, 26(4): 47-51.
- [11] TRIER O D, JAIN A K. Goal-Directed evaluation of binarization methods[J]. IEEE Trans on PAMI, 1995, 17(12): 1191-1201.
- [12] ZHU Kai-hua, QI Fei-hu, JIANG Ren-jie. Automatic character detection and segmentation in natural scene images[J]. Journal of Zhejiang University Science A, 2007, 8(1): 63-71.
- [13] 何晓乾,陈雷霆,房春兰. 基于纹理图像映射的医学图像三维重建[J]. 电子科技大学学报, 2007, 36(3): 576-578.
- HE Xiao-qian, CHEN Lei-ting, FANG Chun-lan. Texture mapping based 3D-reconstruction of medical images[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology, 2007, 36(3): 576-578.

编辑 税红