

快速响应矩阵码自动识别算法的设计

Design of Automatic Recognition Algorithm of Quick Response Code

刘悦 (济南大学 信息科学与工程学院 250022)

刘明业 (北京理工大学 信息科学技术学院 100081)

刘明军 (济南大学 信息科学与工程学院 250022)

摘要:研究了快速响应矩阵码的自动识别技术,阐述一种用图像处理方法进行条码二值化、定位、分割、译码的方法,该算法运算速度快,性能优越。实验结果表明,整个识别算法的性能优于快速响应矩阵码国家标准提供的参考算法,明显地提高了不同光照下条码的识别率,可以满足不同场景下条码的实时译码应用。

关键词:快速响应矩阵码 二维条码 阈值 条码识别

1 引言

条码作为一种信息采集速度快、准确率高、成本低、可靠性强的自动识别技术,被广泛应用于物流、交通、电子商务等社会各个领域。二维条码分为两类,一类是以 PDF417 为代表的堆积式二维条码,一类是以 QR Code 为代表的矩阵式二维条码。二维条码可以表示数字、字母,还能表示汉字和图像,因此应用广泛。二维条码领域我国有两个国家标准,PDF417 和 QR Code。二维条码是靠识读设备进行译码,随着二维条码的信息密度增高,识读难度随之增大,受周围光照和印刷污损的影响也增大。PDF417 条码的识别可以借鉴一维条码识读技术,国内外有大量学者在研究^[1-2]。而 QR Code^[3](又称 QR 码)是矩阵式二维条码,具有容量大、全方位超高速识读、高效汉字表示等优点。如何快速准确地识读大容量、高密度的快速响应矩阵码是值得研究的问题,识读的研究在国内外参考文献较少。

本文提出一系列 QR Code 自动识读算法,实现不同光源、旋转、变形等多种情况下的快速、准确、有效的译码。

2 QR Code 简介

QR Code 码是日本 Denso 公司于 1994 年研制的一种矩阵式二维码符号,它除具有一维条码及其它二维条码所具有的信息容量大、可靠性高、能表示汉字及

图象多种文字信息、保密防伪性强等优点外,还具有如下主要特点:

(1) 超高速识读

在用 CCD 识读 QR Code 码时,整个 QR Code 码符号中信息的读取是通过 QR Code 码符号的位置探测图形,信息识读所需时间很短,具有超高速识读特点。用 CCD 二维条码识读设备,每秒可识读 30 个含有 100 个字符的 QR Code 码;对于含有相同数据信息的 PDF417 符号,仅能识读 3 个符号。

(2) 全方位识读

QR Code 码具有全方位(360°)识读特点,而堆积式条码是将一维条码符号在行排高度上截短来实现的,很难实现全方位识读。

(3) 高效表示中国汉字、日本汉字

QR Code 码用特定的数据压缩模式表示中国汉字和日本汉字,13bit 表示一个汉字,而其他二维条码没有特定汉字表示模式,用字节表示汉字,即 16bit(二个字节)表示一个汉字,因此 QR Code 码比其它的二维条码表示汉字的效率提高了 20%。

QR 码由正方形模块排列于正方形图形中形成,包括功能图形和数据区域两部分,如图 1。功能图形由探测图形、定位图形、校正图形和分割符组成。其中位于符号三个角上的探测图形用来确定符号位置、尺寸和倾斜度,可以将条码从背景中区分出来。其余部分为数据区域,用来存放编码后的数据。

表1 QR码主要性能指标

符号规格	21×21模块(版本1)~177×177模块 (版本40)(每一规格:每边增加4个模块)
数据类型与容量(最大规格符号版本40-L级)	数字数据:7,089个字符 字母数据:4,296个字符 8位字节数据:2,953个字符 中国汉字、日本汉字数据:1,817个字符
数据表示方法	深色模块表示二进制“1”, 浅色模块表示二进制“0”。
纠错能力	L级:约可纠错7%的数据码字 M级:约可纠错15%的数据码字 Q级:约可纠错25%的数据码字 H级:约可纠错30%的数据码字

* 每一符号表示100个字符的信息。

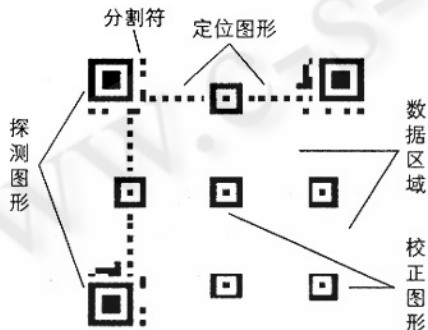


图1 QR码示例

3 QR Code 自动识别算法设计

3.1 灰度变换

数据采集设备中无论采用的是 CCD, 还是 CMOS 摄像头, 摄入的图像大部分都是彩色图像。QR 码本身是黑白条码, 不需要颜色信息, 而且灰度图像的处理速度快, 占用空间少, 所以先进行彩色到灰度的转换。

3.2 二值化处理

3.2.1 阈值分割

二值化是二维条码正确识别的基础, 二值化效果好有利于探测图形的快速定位。一方面, 条码所处环境变化较大, 在实际应用中不同光照、不同采集设备获取的图像差异较大, 这种多变性使得采用一种方法对所有环境下的条码进行二值化很困难。另外一方面, 条码的应用要求实时性强, 受到识读硬件设备的制约,

从而决定二值化不易采用耗时, 占用空间较多的算法。因此, 选取阈值分割作为二值化的方法。

阈值算法分为全局阈值和局部阈值^[5]。QR Code 标准中提供了一种取最大和最小极值的均值作为阈值的全局阈值方法^[3]。此方法对光照不均匀和光源照明较暗时, 灰度直方图并不呈现双峰时, 处理效果不理想。Ohbuchi^[4]等人在研究 QR Code 识读预处理部分时, 也采用了全局阈值方法。它将 320×240 分辨率的条码图像, 中心 60×60 的方形区域分成 9 块, 分别计算直方图, 然后在每一块内按照像素灰度值排序, 块内阈值取排序后灰度的中值, 最后将所有区域阈值的最小值作为整幅图像的阈值。Ohbuchi 算法存在两个问题:

(1) 此方法的前提是条码图像必须位于摄入图像中心, 这样最后得出的全局阈值才能较好的对图像进行二值化。如果条码符号在整个图像的某一个角上, 则此算法失败。

(2) 这种方法容易产生过分现象, 将部分条码图像分割为背景, 导致后面译码失败。

3.2.2 自适应二值化算法

鉴于采用全局阈值、局部阈值都不能很好的解决条码在多种光照情况下的二值化问题, 提出一种分级阈值自适应二值化的方法。对于灰度条码图像, 计算它的直方图, 为了去除噪声干扰, 对直方图进行中值滤波, 分析直方图的峰值特性。如果得到明显双峰的直方图, 取双峰间的波谷最低值或平坦波谷的中间值作为全局阈值, 对条码图像进行二值化, 避免对普通图像采用复杂的阈值算法带来无意义的时间和空间消耗。但是实际摄入的图像有一部分是直方图呈现单峰或者多峰的特征, 说明图像处于光照弱、光照强、背景复杂或者光照不均匀等情况下。对于直方图是单峰, 并且单峰区域位于低灰度区, 则认为条码处于弱光下, 反之条码处于强光下, 采取二次阈值选取的处理方式。如果直方图呈现三峰状态, 说明条码处于光照不均匀或背景复杂的情况下, 采用局部阈值进行二值化。之所以不对所有条码都进行局部阈值选取, 原因有两个:

(1) 局部阈值算法时间消耗大, 对于直方图双峰和光照偏强弱的图像没有必要采用局部阈值;

(2) 对于普通光照下条码进行分块局部阈值时, 容易产生过分, 同模块块间不同宽度导致条码定位失败。综上所述, 集全局阈值和局部阈值结合的分级阈

值方法综合了全局阈值和局部阈值两种算法优点,既能满足普通光照下条码译码快速实时性,又能满足特殊光照下条码译码的正确性。

3.3 探测图形的定位和定向

二值化后的 QR Code 要进行探测图形定位,探测图形定位是模块、版本以及旋转、变形等处理的前提。QR Code 中包含三个相同大小和形状的位置探测图形。每个探测图形由 3 个重叠的同心正方形组成,模块宽度为 1:1:3:1:1,在符号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的区域来迅速确定探测图形的位置。

得到三个探测图形后,需要确定条码的方位(旋转角度)。QR 码具有全方位识读的特点,对任意 $0 - 360^\circ$ 旋转后的条码可以正确识读。QR Code 标准中给出的是确定三个探测图形后进行旋转的方法,进行定向。图像旋转后再做插值运算,运算量大,为满足实时性要求,提出定方向的算法,确定条码方向后,不需要旋转图形,采用模块偏离距离法处理。符号方向的确定是将三个探测图形中心点围成一个三角形,按照余弦定理,求出三角形中的最大角,此角对应的中心点就是 QR Code 未旋转前左上角探测图形。以这个点为坐标系的原点,根据其他两个点在这个坐标系中的分布,从而确定右上角和左下角点。

在符号方位确定后,估算版本。QR 码中,对于版本大于 6 的条码,在右上角和左下角分别放置版本信息两次,增强了条码冗错能力和译码准确性。先由右上角探测图形中心点坐标和模块水平、垂直宽度,对其邻近版本信息进行纠错译码,若得到正确版本信息,则继续下面译码步骤;否则对左下角版本信息进行纠错译码。对于版本小于 7 的直接继续下面译码。

3.4 根据校正图形确定采样网格,进行采样。

随着 QR Code 条码版本的增大,校正图形的数量增多。通过校正图形将条码分成若干小区域,在每一个小区域中进行采样网格的确定,可以参照国标^[3]给出的参考算法进行,消除条码变形带来的译码错误。

校正图形中心坐标的确定按照先估算,再精确定位的方法。估算是利用已知的校正图形和探测图形,以及校正图形的参考位置得到。QR 国标中给出一个参考定位校正图形中心的算法,即从估算的中心坐标像素开始,扫描校正图形中空白方块的轮廓,确定实际

的中心坐标 X_i 和 Y_i ,如图 2(a)所示。这种定位的前提是估计的校正图形中心在校正图形内部,但是对多幅实际任意拍摄的 QR Code 符号进行译码测试,校正图形中心估计值在校正图形内的概率为 70%,如果采用上面国标中的参考译码算法,则 30% 的条码定位错误将导致译码失败。对于预估计的点在校正图形白色区域之外,提出采用八方向邻近估计的方法,得到校正图形精确定位的中心点,如图 2(b)所示。即设估计的校正图形中心点为 A,从 A 点开始,依次扫描其八个邻接方向,找满足条件的校正图形中心,如果找到(如图中 E 点)就停止。这样扩大了扫描范围,可达到 99.3% 校正图形中心的精确定位。

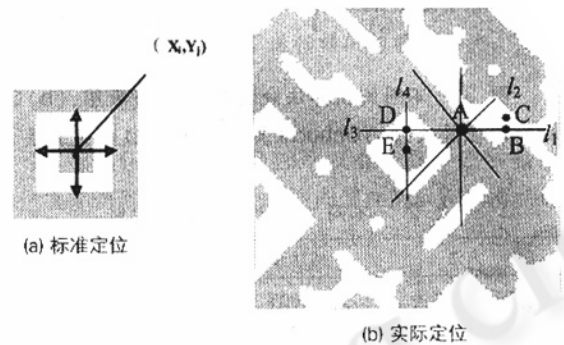


图 2 校正图形定位

3.5 解除掩模,分段译码

后续的条码译码步骤与编码正好是逆过程,相对简单,可以参照国标执行。

4 实验

为扩大条码应用范围,我们不是通过条码专用识读器进行的图像采集,而是采用广泛普及的带摄像头手机(30万像素),作为采集设备,使它具有更普遍的实际意义,目前日本已经有大量手机嵌入了识别条码的能力。试验中采集了 60 个 QR 条码图像,图像分辨率为 $640 * 480$,采集分为几类:普通光照,弱光照明,强光照明,不均匀光照,聚焦模糊。采用 Otsu 算法,Ohbuchi 算法,QR 标准给出的参考二值化算法和本文提出的分级阈值等四种算法进行了二值化比较,如图 3。Ohbuchi 算法根据分辨率采用了图像中心点周围 $120 * 120$ 的区域分为 9 块进行排序后取阈值的最小值作为全局阈值进行二值化。由图可以看出,分级阈值

方法适用于多种光照情况,而其他三种算法在光照不均匀时二值化均存在较大偏差。采用分级阈值化方法,译码成功率达到 99.9%。所有算法的成功识别率和执行时间比较如表 2 所示。

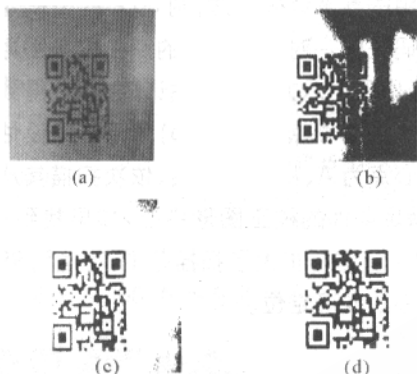


图 3 不同阈值算法分割结果:(a)原图,(b)QR 标准阈值算法,(c)Ohbuchi 算法,(d)分级阈值算法

表 2 不同二值化算法时间比较

方法	成功译码率	时间 (ms)
QR 标准算法	80%	36
Otsu 算法	90%	50
Ohbuchi 算法	85%	20
分级阈值	99.9%	35 (81.4%)
		38 (15.7%)
		52 (0.028%)

5 结束语

本文研究了 QR Code 的整个识读过程包括二值化、定位、定向、译码。该综合算法较国标给出的参考算法性能优越,识别率高。其中提出了集全局阈值和局部阈值分级自适应的二值化算法,由于兼顾图像在不同光照情况下的各种可能和实时性要求,可以很好实现图像的二值分割,模型简单,阈值选择容易,处理速度快,空间占用少。同时对于变形较大的符号,采用了校正图形八方向邻近估计的定位方法,更好的处理了符号变形的校正。由于源代码在开发过程中考虑了嵌入式系统的要求,在移植前后译码时间耗费不会有太大差异,因此为 QR Code 的实时译码提供了一种快速可行的自动识别方法。

参考文献

- 1 Shellhammer S J, Goren D P, Pavlidis T. Novel signal

- processing techniques in barcode scanning [J]. IEEE Robotics and Automation Magazine, 1999, 6 (1): 57 - 65.

- 2 刘宁钟、杨静宇,基于傅立叶变换的二维条码识别 [J],中国图像图形学报,2003,8(8):877-882。
- 3 GB/T18284. 中华人民共和国国家标准-快速响应矩阵码(QR Code) [S],北京:中国标准出版社,2000。
- 4 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, 2004, 11: 260 - 265.
- 5 Kamada H, Fujimoto K. High - Speed, High - Accuracy Binarization Method for Recognizing Text in Images of Low Spatial Resolutions [C]. Proceedings of the Fifth International Conference on Document Analysis and Recognition. 1999, 9: 139 - 142.