

# QR 码图像矫正的应用研究

胡智宏, 李军涛, 李凯

(郑州轻工业学院 电气信息工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:**针对摄像头采集 QR 码图像时,往往出现 QR 码图像倾斜、畸变等问题,提出了利用 QR 码特征与图像旋转、图像映射矫正相结合的矫正方法.该方法在对条码图像做常规预处理和行程编码后,通过位置探测图形的位置关系来判断 QR 码图像倾斜畸变情况,依据倾斜畸变情况选取矫正方法,矫正后直接利用采样网格和统计方法提取信息.经测试,该方法实现简单,可提高 QR 码的有效识别率;浮点运算量较小,可应用于嵌入式系统.

**关键词:**QR 码;图像预处理;图像矫正;嵌入式系统

**中图分类号:**TM391.4 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2014.04.017

## The application research of QR code image correction

HU Zhi-hong, LI Jun-tao, LI Kai

(College of Electric and Information Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** When collecting the QR code image, the inclined or geometric distortion often occurred. To solve this problem, a correction method combined the QR code feature, image rotation and image maps was proposed. This method, firstly, used the position detection patterns to detect tilt aberration after conventional image pre-processing and run length encoding; Secondly, selected the appropriate method by tilt aberration to correct the image; Thirdly, used grid and statistical methods to extract information and complete the decoding. The results showed that the method was simple and had a high rate of recognition. The computation of floating-point was small, so it could be used in embedded system.

**Key words:** QR code; image preprocessing; image correction; embedded system

## 0 引言

QR 码是 1994 年 9 月日本 Denso-Wave 公司发明的一种矩阵式二维码符号,也称快速响应矩阵<sup>[1]</sup>.我国于 2000 年 12 月 28 日发布 QR 码国家标准,次年 7 月投入实施<sup>[2]</sup>.QR 码除具有信息容量大、可靠性高、可表示汉字及图像、保密防伪性强等优点外,还可全方位识别和高速识别,目前已在物流、仓储管理、商品销售、生产制造等领域得到了广

泛的应用<sup>[1]</sup>.在 QR 码识别过程中,由于拍摄角度、二维码褶皱等原因,摄像头采集到的 QR 码图像往往出现平面倾斜、几何畸变等问题,得到的 QR 码图像可能会是任意四边形,而非标准的正方形<sup>[2]</sup>.这种图像倾斜和畸变将严重影响 QR 码的正确识别,需采用适当的方法对图像处理并矫正.国内外科研人员对此做了深入研究,取得了丰硕的成果,但现有方法的浮点运算量仍然很大,效率低,总体性能不佳.鉴于此,本文拟提出一种利用 QR 码特征与旋

收稿日期:2014-02-27

作者简介:胡智宏(1974—),男,甘肃省天水市人,郑州轻工业学院副教授,硕士,主要研究方向为电子信息及嵌入式系统应用.

转矫正、图像映射矫正相结合的矫正方法,以期减少浮点运算量,提高有效识别率。

## 1 QR 码基本结构特征

QR 码符号<sup>[3]</sup>是一个由黑白正方形模块组成的正方形阵列,包括编码区和功能图形,符号四周由 4 个模块宽的空白区环绕,如图 1 所示。功能图形包括位置探测图形、位置探测图形分隔符、定位图形和校正图形。

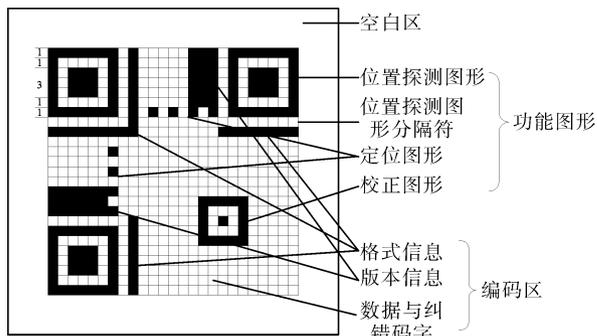


图 1 QR 码基本结构

1) 位置探测图形可看成 3 个重叠的同心正方形,由外到内依次为  $7 \times 7$  个黑色模块、 $5 \times 5$  个白色模块和  $3 \times 3$  个黑色模块;位置探测图形的黑白模块宽度比为  $1:1:3:1:1$ ,QR 码图像中几乎不可能出现其他类似比例特征,因此识别过程中可通过搜索左上角、左下角和右上角 3 个位置探测图形,来确定 QR 码在图像中的位置和方向。

2) 分隔符位于位置探测图形和编码区域之间,由宽度为 1 个模块的白色模块组成。

3) 定位图形由 1 行或 1 列黑白模块交替组成,以黑色模块开始和结束。水平定位图形位于上部的 2 个位置探测图形之间、QR 码的第 6 行;垂直定位图形位于左侧的 2 个位置探测图形之间、QR 码的第 6 列。

4) 校正图形可看成是 3 个重叠的同心正方形,由外到内依次为  $5 \times 5$  个黑色模块、 $3 \times 3$  个白色模块和 1 个黑色模块;版本 2 及以上的 QR 码均拥有校正图形,其数量视版本不同而不同。

5) 编码区域包括表示数据码字、纠错码字、格式信息和版本信息的符号字符。QR 码共有 40 个版本,分别是版本 1—40;版本 1 由  $21 \times 21$  个模块构成,每个版本依次比前一个版本每边增加 4 个模块,依此递推,直到版本 40。

## 2 QR 码图像倾斜畸变检测

首先搜索 QR 码的 3 个位置探测图形的中心点,判断 3 个中心点连成的三角形是否属于等腰直角三角形;若不是,则 QR 码图像存在几何畸变,做畸变矫正后解码;若是,则说明 QR 码没有发生几何畸变。之后,进一步判断是否产生平面倾斜;若无平面倾斜,直接解码处理;若存在平面倾斜,则做旋转矫正后解码。

### 2.1 位置探测图形搜索

位置探测图形搜索的主要目的是确定位置探测图形的中心点,基本步骤是通过扫描线提取图像数据,做行程编码,然后搜索 QR 码位置探测图形的特征  $1:1:3:1:1$ 。

行程编码<sup>[4]</sup>是一种靠统计并存储连续相同颜色像素点总数的图像编码方式。图像二值化后,图像中只含有 0(代表白)和 1(代表黑)。为了表示黑白模块的宽度,对扫描线提取到的二值化图像数据做行程编码,黑模块用正数表示,白模块用负数表示。行程编码后,QR 码位置探测图形的特征为  $1:-1:3:-1:1$ 。

对 QR 码图像做行扫描,扫描线与位置探测图形的关系存在 3 种情况,见图 2。其中,图 2a) 和图 2c) 是 2 种极限情况。图 2a) 表示只有 1 条扫描线出现  $1:-1:3:-1:1$ ,而图 2b) 和图 2c) 在扫描线  $S_1$  和  $S_2$  之间所有扫描线都会得到  $1:-1:3:-1:1$ 。

根据含有  $1:-1:3:-1:1$  特征的扫描线的情况可以做出判断,若为图 2a),则  $AB$  中点即为探测图形中心点;若为图 2b) 或图 2c),则可得到  $A, B, C, D$  4 个点;由于  $ABCD$  为规则四边形,根据 4 点坐标可求出探测图形中心点  $A_0$ ,同理可得到其他 2 个位置探测图形的中心点  $B_0, C_0$ 。利用位置探测图形搜索方法,根据校正图形特征,同样可完成校正图形的搜索。

### 2.2 QR 码倾斜畸变判断

将得到的 3 个位置探测图形中心点连线,构成三角形。构成的三角形存在 3 种情况: 1) 等腰直角三角形,直角顶点在左上方,两直角边分别处于水平和竖直方向,如图 3a) 所示; 2) 等腰直角三角形,但不满足条件 1),如图 3b) 所示; 3) 三角形为钝角三角形(或锐角三角形),如图 3c) 所示。

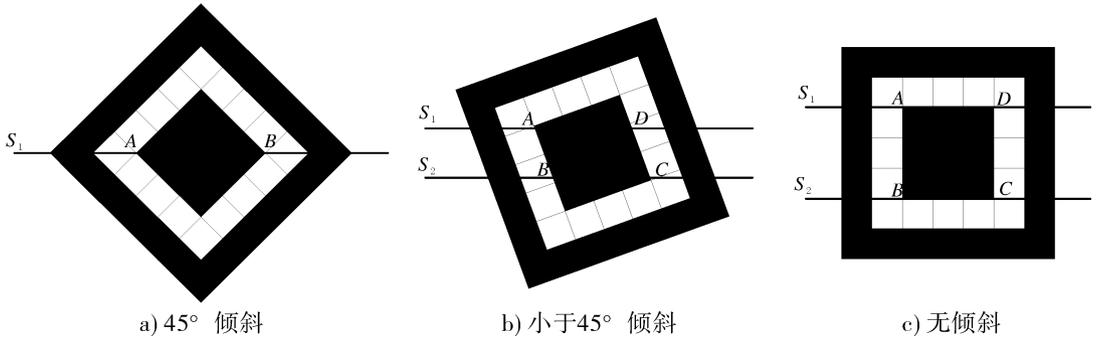


图2 位置探测图形中心点搜索

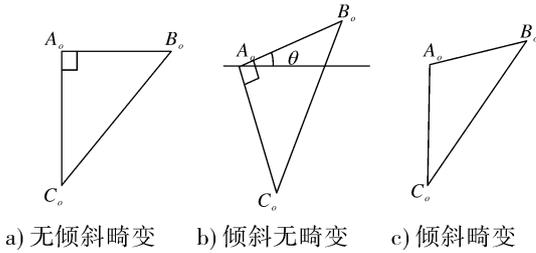


图3 位置探测图形中心点构成三角形

利用三角形3点坐标和几何定理对三角形形状和位置作出判断,若为上述情况1),则无倾斜、无畸变,可直接提取信息解码;若为情况2),则QR码只出现平面倾斜,没有发生畸变,旋转矫正后提取信息解码;若为情况3),则QR码发生了畸变,需要做畸变矫正后解码。

### 3 QR 码矫正

矫正前,首先搜索QR码的4个顶点,根据4个顶点坐标将QR码图像部分提取出来,以减少需要处理的图像数据量,进而减少运算量。

#### 3.1 QR 码顶点搜索<sup>[5]</sup>

利用3个位置探测图形的中心点,搜索QR码的4个顶点A,B,C,D。首先根据位置探测图形中心点A<sub>0</sub>,B<sub>0</sub>,C<sub>0</sub>的坐标判断三点方位;假设A<sub>0</sub>,B<sub>0</sub>和C<sub>0</sub>分别位于左上方、右上方和左下方,以A<sub>0</sub>为中心向左扫描,像素点变化将为黑白黑白,第2个黑块和第2个白块的临界点便是QR码的1个边界点;以该边界点为起点向左取列扫描线,再向上(若边界点下面为黑像素点则向下)扫描,当只有1个黑像素点时,此黑点即为顶点A。采用同样的方法,利用左下和右上探测图形中心点可得到顶点B和C。

利用直线BD和CD确定顶点D坐标。根据位置探测图形1:1:3:1:1的特征可得到位置探测

图形右侧的2个边界点,可确定直线BD。同理,可得到下边界直线CD,2条边界线的交点即可认定为QR码的右下角顶点D。

#### 3.2 QR 码平面倾斜矫正

根据探测图形中心点组成的三角形,可计算出倾斜QR码需要旋转的角度θ(见图3b))。

假设点A(x,y)顺时针旋转角度θ后为点A'(x',y'),点A可表示为 $\begin{cases} x = r\cos\alpha \\ y = r\sin\alpha \end{cases}$ ,那么,点A旋转角度θ后为

$$\begin{cases} x' = r\cos(\alpha - \theta) = r\cos\alpha\cos\theta + r\sin\alpha\sin\theta \\ y' = r\sin(\alpha - \theta) = r\sin\alpha\cos\theta - r\cos\alpha\sin\theta \end{cases}$$

$$\text{即} \begin{cases} x' = x\cos\theta + y\sin\theta \\ y' = y\cos\theta - x\sin\theta \end{cases}$$

将经过二值化后的图像按照上面公式逐点计算后,即完成平面倾斜校正。

#### 3.3 QR 码畸变矫正

利用图像映射<sup>[2]</sup>可以将不规则四边形按照一定的映射关系转变为标准正方形。如图4所示,将畸变QR码的4点坐标A,B,C,D,按照映射关系式 $F(x',y') = G(x,y) = G(ax + by + cxy + d, mx + ny + pxy + q)$ 分别映射为A',B',C',D'。

将输入图像顶点A,B,C,D4点坐标代入映射关系式的右边,矫正后输出图像的顶点A',B',C',D'4点坐标代入映射关系式左边则有

$$\begin{cases} x_{A'} = ax_A + by_A + cx_Ay_A + d \\ x_{B'} = ax_B + by_B + cx_By_B + d \\ x_{C'} = ax_C + by_C + cx_Cy_C + d \\ x_{D'} = ax_D + by_D + cx_Dy_D + d \\ y_{A'} = mx_A + ny_A + px_Ay_A + q \\ y_{B'} = mx_B + ny_B + px_By_B + q \\ y_{C'} = mx_C + ny_C + px_Cy_C + q \\ y_{D'} = mx_D + ny_D + px_Dy_D + q \end{cases}$$

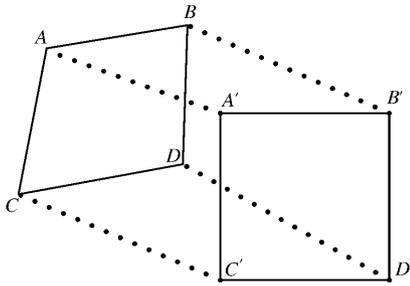


图4 图像映射畸变矫正

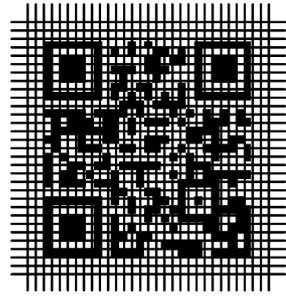


图5 条码信息提取

QR 码矫正前 4 个顶点  $A, B, C, D$  已知, 映射后 QR 码为正方形, 以位置探测图形中心点组成三角形的短边为正方形边长, 确定映射后 QR 码 4 点坐标  $A', B', C', D'$ , 代入化简可求出  $a, b, c, d, m, n, p, q$ , 即得到矫正的映射关系; 根据映射关系将 QR 码图像做畸变矫正处理。

### 4 条码信息提取

条码信息的准确提取是 QR 码被正确识别的关键。在处理器处理旋转矫正和畸变矫正过程中, 将会出现浮点数据, 由于坐标为整数, 所以要做四舍五入取整处理。取整处理会使矫正后的图像边界出现毛刺、模块出现噪点, 这给准确提取码字信息带来了困难。传统方法是做线性插值, 然后提取条码信息<sup>[6]</sup>。考虑到模块的整体信息没有受到太大的影响, 通过采样网格和网格像素的统计来提取条码信息; 与传统网格交点提取信息相比, 本方法无需做图像插值处理, 减小了浮点运算且准确率高。

将矫正后的图像根据校正图形进行 QR 码分区, 以图 5 所示版本 2 的 QR 码为例, 其存在一个校正图形, 所以可将 QR 码划分为左上、左下、右上、右下 4 个区, 然后按照每个区再具体设定模块网格, 版本 2 以上版本方法类同。合理利用校正图形, 分区后分别布置网格可提高网格准确度, 提高条码信息提取准确率。

网格布置完成后, 如图 5 所示。统计每个网格的黑白像素点数, 计算黑像素点占模块像素点总数的比例, 超过比例阈值 (一般选 50%) 则模块为黑, 没有超过则认定模块为白。依次完成所有模块的处理, 完成条码码字信息的提取, 最后进行解码处理。

### 5 样品 QR 码测试

样品 QR 码测试平台的 CPU 为 AMD Athlon (tm) 64 X2 3600 +, 主频为 1.91 GHz, 内存为 1 GB。分别采集 320 像素 × 240 像素, 640 像素 × 480 像素, 1 280 像素 × 1 024 像素的 QR 码图像各 100 个,

按本文方法和传统方法分别进行测试。传统方法指在矫正处理后做双线性插值等处理。测试结果见表 1。

表 1 样品 QR 码测试情况

| 图像分辨率/<br>(像素 × 像素) | 识别率% |      | 平均耗时/ms |      |
|---------------------|------|------|---------|------|
|                     | 传统方法 | 本文方法 | 传统方法    | 本文方法 |
| 320 × 240           | 80   | 78   | 122     | 86   |
| 640 × 480           | 92   | 91   | 516     | 211  |
| 1 280 × 1 024       | 95   | 96   | 1 720   | 875  |

由表 1 中的测试数据可知, 2 种方法在有效识别率上比较接近, 但在处理速度上, 本文方法明显优于传统方法。

### 6 结论

本文提出了利用 QR 码特征与图像旋转、图像映射矫正相结合的矫正方法。该方法在对条码图像做常规预处理和行程编码后, 通过位置探测图形的位置关系来判断 QR 码图像倾斜畸变情况, 依据倾斜畸变情况选取矫正方法, 矫正后直接利用采样网格和统计方法提取信息。测试结果表明, 该方法能实现 QR 码图像倾斜和畸变矫正, 有效识别率和识别效率高, 具有一定的推广应用价值。

#### 参考文献:

- [1] 中国物品编码中心. 二维条码技术与应用 [M]. 北京: 中国计量出版社, 2007.
- [2] 肖翔, 刘晓明, 王云柯. QR 码图像的矫正与定位方法研究 [J]. 计算机科学, 2007, 34(11): 217.
- [3] 付裕, 黄雅萍, 刘晓强, 等. QR 码抗倾斜识别方法的研究与应用 [J]. 计算机应用与软件, 2011, 28(10): 100.
- [4] 邓泽峰, 熊有伦, 黄小鹏. 图像式一维条码识别的三重编码方法 [J]. 光电工程, 2010, 37(3): 133.
- [5] 张民, 郑建立. 基于符号特征的 QR 码识别算法 [J]. 计算机工程, 2011, 37(4): 278.
- [6] 何伟, 黄丹灵, 张玲, 等. 适用于嵌入式系统的 QR 码识别算法 [J]. 计算机应用, 2009, 29(3): 774.