

# QR 码图像的矫正与定位方法研究

肖翔<sup>1,2</sup> 刘晓明<sup>2</sup> 王云柯<sup>2</sup>

(重庆电力公司沙坪坝供电局 重庆 400030)<sup>1</sup> (重庆大学通信工程学院 重庆 400044)<sup>2</sup>

**摘要** QR 二维条码作为一种可高速、全方位识别的二维条码,已经在各行各业中得到了广泛的应用。本文针对 QR 条码图像的识别过程中可能遇到的图像倾斜、几何失真等问题进行了研究,提出了通过双线性变换矫正变形的条码图像,然后使用 QR 条码符号特性对图像进行旋转并定向。实验证明,本文的方法简单有效,可以用于提高 QR 条码的正确识别率。

**关键词** QR 条码,几何失真,双线性变换

## Rectification and Localization of Quick Response Code Image

XIAO Xiang LIU Xiao-Ming WANG Yun-Ke

(School of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044)

**Abstract** Mainly focus on the methods of rectification and localization of the quick response code images. During the processing of QR code images, the images are often distorted; slant and geometry deforming, the distortions do harm to the recognition of the QR code. Therefore, first the bilinear transform is referred for the rectification of geometry distortion of QR Code images. Then with the research in the characters of QR code symbols, a simple, effective and high-speed method of localization and orientation is brought up. It is shown that by the rectification and localization method, the precision rate of QR code recognition is improved.

**Keywords** QR code, Geometry distortion, Bilinear transform

二维条码具有高信息密度、高识别速度以及高可靠性的优点,广泛应用于物流、仓储、邮政、交通运输等各个领域。

QR 条码又称为快速响应矩阵码,属于矩阵式二维条码,是由日本 Denso 公司于 1994 年开发成功的一种二维条码符号,具有高速识读、全方位识读和高效表示汉字的特点。我国于 2000 年 12 月 28 日发布了 QR 码的国家标准,并于次年 7 月 1 日正式施行。

如何根据 QR 码的特点设计一种快速有效的识别方法成为了一个研究领域。本文主要讨论的是如何矫正可能存在的几何变形失真并正确地对 QR 条码符号进行定位、定向。

### 1 几何失真的矫正

由于在获取条码图像数据时,可能会因为拍摄角度、图像

弯折等种种原因造成获得的图像存在几何变形,获取的条码图像并非正方形,而是任意四边形。由于这种几何失真的存在,使得对 QR 条码符号的定位与定向以及取样识别工作带来不小的困难,因此有必要使用矫正算法对失真图像进行矫正。

本文提出了一种基于双线性变换和插值方法的条码图像几何失真矫正算法。

#### 1.1 双线性变换

如图 1 所示,  $P_1, P_2, P_3, P_4$  为无失真条码图像的 4 个顶点,  $P'_1, P'_2, P'_3, P'_4$  为几何形变条码图像的 4 个顶点。用  $f(x, y)$  表示矫正后无几何失真的图像,  $f(x', y')$  表示未矫正的图像。

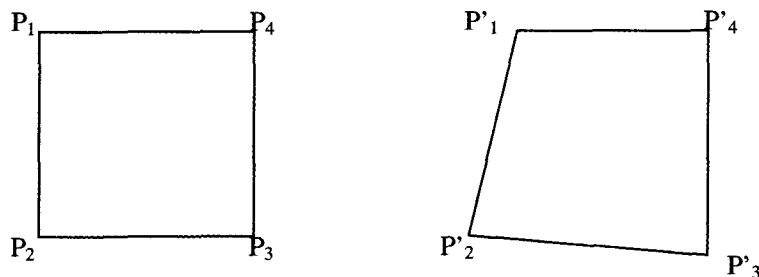


图 1 失真后条码图像顶点变化示意图

$f(x, y)$  与  $f(x', y')$  存在这样的关系:  $f(x, y) = f(x', y')$ , 即点  $(x, y)$  由于发生了几何畸变坐标值变换为  $(x', y')$ 。  
 $x, y, x', y'$  之间的关系可以描述为

$$x = ax' + by' + cx'y' + d \quad (1)$$

$$y = mx' + ny' + px'y' + q \quad (2)$$

设  $P_1, P_2, P_3, P_4$  的坐标分别为  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4)$ ,  $P'_1, P'_2, P'_3, P'_4$  的坐标分别为  $(x'_1, y'_1), (x'_2, y'_2), (x'_3, y'_3), (x'_4, y'_4)$ , 则存在如下两个线性映射方

程组:

$$\begin{cases} x_1 = ax'_1 + by'_1 + cx'_1y'_1 + d \\ x_2 = ax'_2 + by'_2 + cx'_2y'_2 + d \\ x_3 = ax'_3 + by'_3 + cx'_3y'_3 + d \\ x_4 = ax'_4 + by'_4 + cx'_4y'_4 + d \\ y_1 = mx'_1 + ny'_1 + px'_1y'_1 + q \\ y_2 = mx'_2 + ny'_2 + px'_2y'_2 + q \\ y_3 = mx'_3 + ny'_3 + px'_3y'_3 + q \\ y_4 = mx'_4 + ny'_4 + px'_4y'_4 + q \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} y_1 = mx'_1 + ny'_1 + px'_1y'_1 + q \\ y_2 = mx'_2 + ny'_2 + px'_2y'_2 + q \\ y_3 = mx'_3 + ny'_3 + px'_3y'_3 + q \\ y_4 = mx'_4 + ny'_4 + px'_4y'_4 + q \end{cases} \quad (4)$$

由线性方程组(3)、(4)可以求出  $a, b, c, d, m, n, p, q$ , 即确定了双线性映射的映射系数。对于矫正图像中任意一点  $(x, y)$  的灰度值  $f(x, y)$  就可以通过映射系数, 由对应的畸变点  $(x', y')$  的灰度值  $f(x', y')$  得到。

线性方程组的解法包括高斯消元法、雅可比迭代法等, 可根据实际情况选择相应方法, 在此不再介绍。

由于矫正之后的坐标  $(x, y)$  可能为浮点坐标, 因此需要采用最邻近点, 即四舍五入来确定其坐标; 或者是采用双线性插值, 根据点  $(x', y')$  所在的单元正方形 4 个顶点坐标来算出  $f(x, y)$ 。

### 1.2 插值

如上面所述方法, 当条码图像中几何变形后的点  $(x', y')$  经过双线性变换矫正变为点  $(x, y)$  后, 可以采用双线性插值确定点  $(x, y)$  的灰度值。

设  $(x', y')$  的 4 个相邻点坐标为  $(x'_0, y'_0)$ 、 $(x'_0, y'_1)$ 、 $(x'_1, y'_0)$ 、 $(x'_1, y'_1)$ , 灰度分别为  $f(0, 0)$ 、 $f(0, 1)$ 、 $f(1, 0)$ 、 $f(1, 1)$ , 则双线性插值公式为

$$f(x, y) = [f(1, 0) - f(0, 0)] \times (x' - x'_0) + [f(0, 1) - f(0, 0)] \times (y' - y'_0) + [f(1, 1) + f(0, 0) - f(0, 1) - f(1, 0)] \times (x' - x'_0) \times (y' - y'_0) + f(0, 0) \quad (5)$$

由公式(5)可得到点  $(x, y)$  的灰度值  $f(x, y)$ 。

以图 2 为例, 采用上述双线性变换和插值方法来矫正几何失真。图 2(a) 是标准的条码符号图像, 图 2(b) 是产生了几何失真的图像。利用双线性变换对图 2(b) 进行几何失真矫正, 得到图 2(c) 的结果; 图 2(c) 中出现的某些空白的像素点是由于矫正之后未使用线性插值法获取相应坐标处的灰度值。图 2(d) 是使用公式(5)的方法对图 2(c) 进行插值处理后得到的, 达到了进行识别处理的预期效果。

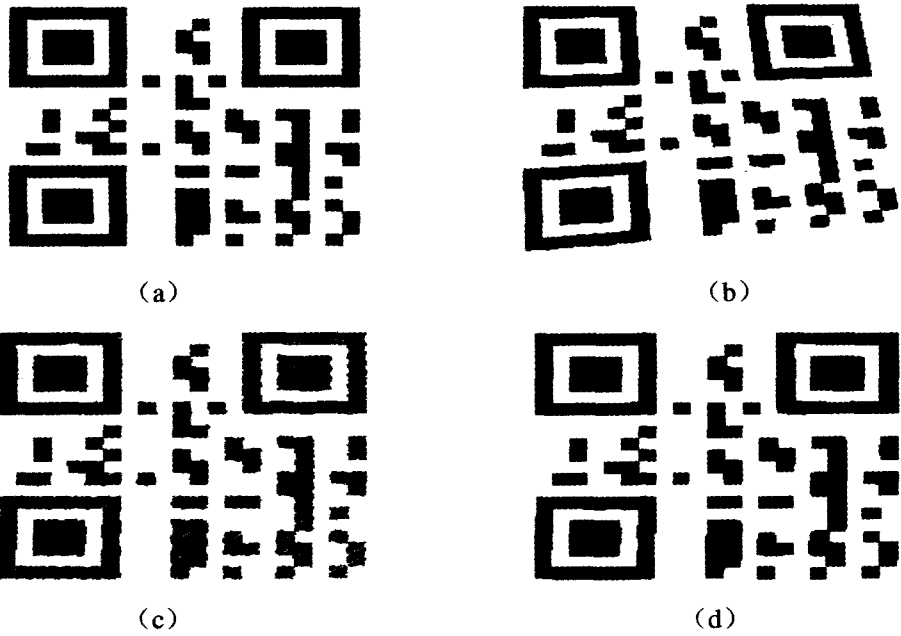


图 2 实验结果

## 2 QR 条码符号的定位与定向

解决了 QR 码图像的几何失真后, 影响识别结果的最大问题就成了如何正确找到 QR 条码符号的范围以及符号方向。

为了解决 QR 条码的定位与定向问题, 首先要研究 QR 条码符号的一些图像特征。

### 2.1 QR 条码的特征

QR 条码符号是由一系列的正方形模块构成的一个二维阵列, 主要分为功能图形和数据区域两部分。功能图形包括探测图形、定位图形、分割符和校正图形; 其中探测图形位于条码符号三个角上, 用于确定符号位置、尺寸和倾斜度。其余的部分数据区域, 用于存放编码后的数据。

QR 条码符号结构如图 3 所示。

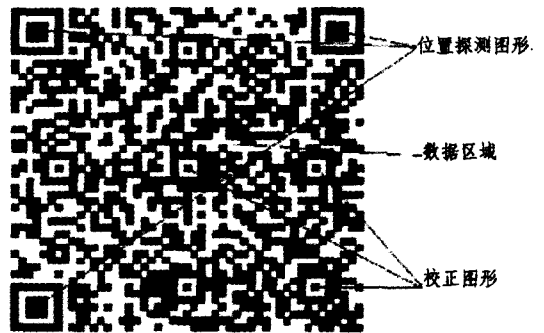


图 3 QR 条码符号结构图

QR 码与其他条码不同的是它不存在起始符和终止符, 因此要直接扫描得到条码边界是不可能的。为了能够检测到条码的位置, 就必须利用位置探测图形的特征。

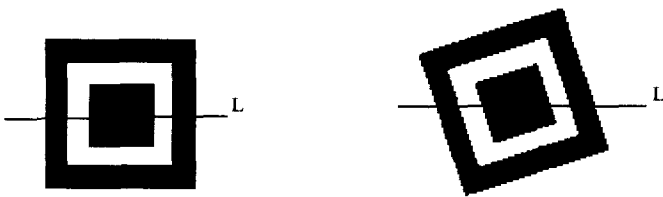


图4 探测图形比例不变特征

由图4可见,当一条水平线*l*穿过探测图形中心时,从左到右是按照深、浅交替,以比例1:1:3:1:1依次出现的。而且探测图形的这种比例特性不因整个条码图像的大小、旋转而改变,所以可以利用这种比例特性找到定位点。

由于QR条码的编码规则,出现如探测图形一样特征的区域基本不可能<sup>[1]</sup>,因此通过查找类似比例的图形区域确定探测图形是可行的。

### 2.2 实现QR条码符号的定位与定向

QR条码具有可全方位识读的优点,可以在条码符号图像被旋转任意角度的情况下被识读。

QR条码符号中有3个探测图形,根据QR Code[S]标准,需要先确定3个探测图形,然后再进行定向。但由于探测图像大小及方向皆未知,因此如何实现QR码的定位与定向是需要面对的问题。

按照前面所述,为了满足QR条码符号的高速识读、全方位识读的特性,可以利用QR码探测图形的特征,并使用一种比较简单的方法对倾斜图像进行旋转矫正。

注意到探测图形的比例特性,对整幅图像进行二值化处理,由竖直和水平方向进行扫描。根据QR Code[S]标准提出的参考译码算法,确定寻像图形的方法按照这样一种方式进行:当深浅像素按照与1:1:3:1:1接近的比例出现时,可以记录其行或列的位置,并搜索相邻位置,直至所有相邻行或列被发现。当记录最先与最后出现的行位置与列位置,可一共得到4条直线,围成一个方形,如图5所示。连接方形对角线就得到了探测图形的中心点。

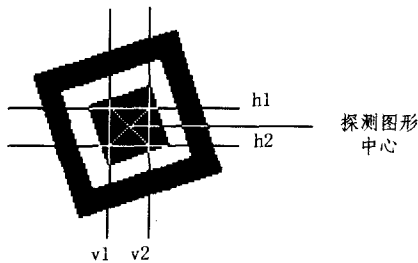


图5 探测图形中心点的获取

按照以上步骤,可以找到QR条码符号中的三个位置探测图形的中心。

确定三个位置探测图形之后,需要确定条码的方向。此时可以直接连接3个探测图形的中心点,构成一个三角形。下面以图6为例,说明如何利用这个三角形来实现QR条码符号的定位与定向。

设连接3个探测图形中心点构成的三角形的三个角分别为 $\alpha, \beta, \theta$ 。

根据构成最大角 $\theta$ 的两条边的直线方程: $x \cos\varphi_1 + y \sin\varphi_1 = \rho_1$ 和 $x \cos\varphi_2 + y \sin\varphi_2 = \rho_2$ ,可以选择其中一个角度 $\varphi_1$ 或 $\varphi_2$ 对图像进行整体旋转,这样就可以首先矫正图像的倾斜。

按照QR条码符号的结构特征可知,三个角中角度最大的角 $\theta$ 的顶点对应的就是QR条码符号左上角的探测图形的中心点。所以只要以此中心点位置为参考,旋转一定角度( $90^\circ$ 的整数倍)就可以实现条码符号的定向。

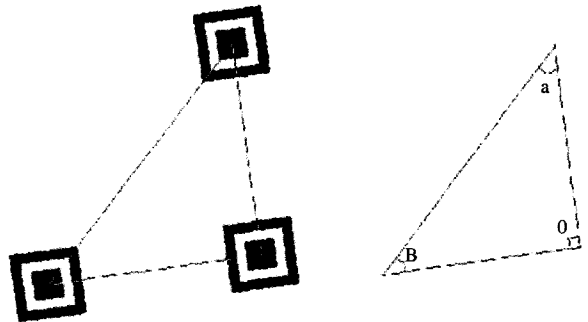


图6 连接探测图形3个中心点构成的三角形

### 3 实验

在实验过程中,实验样本来自同一样本——图3所示QR条码,在相同环境下使用CCD图像采集设备,通过不同角度拍摄了25个 $320 \times 240$ 的图像,识别和解码采用的都是QR[S]国家标准中提出的方法;实验平台为AMD64 3000+(主频1.8Ghz),操作系统为Windows XP SP3,使用VC++ 6.0进行编程处理。

最后实验结果是所有25个图像都能正确识别出QR条码符号内容。

**小结** 本文探讨了QR条码图像的矫正与定位方法。

首先利用双线性变换和插值运算,将获取的发生了几何形变的条码符号图像进行几何矫正;然后根据QR条码符号的图像特征进行分析,并根据分析结果提出了一种简单快速的QR条码符号的定位与定向算法;通过实验证明本文所提出的QR条码图像的矫正与定位方法能够为识别工作带来很大的便利,可以使识别准确率达到一个较高水平。

### 参考文献

- 1 国家质量技术监督局,中华人民共和国国家标准——快速响应矩阵码(QR Code)[S],GB/T18284.北京:中国标准出版社,2000
- 2 矫云起,张成海.二维条码技术[M].北京:中国物价出版社,1996
- 3 刘宁钟,杨静宇.基于傅立叶变换的二维条码识别[J].中国图形图像学报(A版),2003,8(8):877~882
- 4 Gonzalez R C, Woods R E. Digital Image Processing. Second Edition [M].北京:电子工业出版社,2003
- 5 Ottaviani E, Pavan A. A Common Image Processing Framework for 2D Barcode Reading. Image Processing and its Application, Conference Publication No. 465 IEE, 1999
- 6 刘慧娟.一种快速响应码图像的分割和校正方法[J].电子测量与仪器学报,2006,20(1):32~35