

QR Code 二维条形码的图像识别

王文豪,张亚红,朱全银,单劲松

(淮阴工学院,江苏 淮安 223001)

摘要:在现代社会商品流通中,为了提高工作效率,条码识别技术得到了广泛的应用。一维条码受到容量的限制,仅能标识商品,而不能描述商品。二维条码解决了一维条码面临的容量问题,具有信息量大、可靠性高、保密防伪等优点。文中介绍了 QR Code 二维条形码的技术,给出了基于数字图像处理的 QR Code 二维条形码的识别方案。该方案综合运用了图像灰度化、二值化、去噪、边缘检测、图像旋转等多种图像处理方法实现条码图像的预处理、条码定位、条码分割和数据提取。实验表明:该方案大大提高了识读的灵活性和可靠性。

关键词:QR Code 二维条形码;图像处理;图像定位;识别

中图分类号:TP391.44

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)10-0123-04

Image Recognition in 2 - D Bar Code Based on QR Code

WANG Wen-hao, ZHANG Ya-hong, ZHU Quan-yin, SHAN Jin-song

(Huaiyin Institute of Technology, Huaian 223001, China)

Abstract: In modern social commodity currency, in order to greatly improve work efficiency recognition technologies based on bar code have been widely used in various applications. The one - dimensional bar code is limited by its capacity, and thus it can only identify merchandises and cannot describe merchandises. In contrast, the two - dimensional bar code solves the capacity problem. It has many advantages, such as large information capacity, good reliability, secrecy and anti - counterfeit. The thesis firstly has presented the technologies of QR code, and then has given a solution of the image recognition in 2 - D bar code based on QR Code. The solution synthetically uses image graying, image denoising, image binarization, edge detection, and image rotation etc. to complete the preprocessing, localization, segmentation and data extraction of bar codes. The experimental results show that the solution can greatly enhance the flexibility and reliability of reading.

Key words: 2 - D bar code based on QR Code; image processing; image location; recognition

0 引言

条形码技术起源于 20 世纪 40 年代,近几年来发展迅速,在国际上得到广泛的应用。一维条码由于太依赖于计算机网络和后台数据库,在网络资源受到限制或者不便于建立数据库的应用环境下,一维条码很难派上用场。二维条码由于具有高密度、大容量、纠错能力强等特点,因此被广泛应用于社会、经济、军事和科技领域^[1]。

常见的二维条码有 PDF417、QR Code、Code49、Code16K、Code One 等 20 余种。其中 QR 码具有超高速识读、全方位识读、纠错能力强、能有效表示汉字等

特点,在我国具有广泛的应用前景。因此对二维 QR 码识别技术的研究有着深远的意义。

二维条码识别技术是计算机视觉和模式识别技术在现代物品标识管理系统中的一项重要研究课题。二维条码自动识别系统是以数字图像处理、模式识别、计算机视觉等技术为基础的智能识别系统。由于二维条码的信息密度比较高,其识别技术比一维条码的识别更为复杂,有效快速地识别是当前重要的研究领域^[2]。

1 QR 码图形结构

QR 码符号由正方形模块组成的一个正方形阵列构成,由编码区域和功能区域(包括寻像图形、分割符、定位图形和校正图形)组成,功能区域不用于数据编码,符号的周围为空白区。图 1 为以 QR 码版本 7 符号为例的结构图。

收稿日期:2009-02-19;修回日期:2009-05-03

基金项目:江苏省高校自然科学基金(07KJD52021);校科研基金(HGX0706)

作者简介:王文豪(1973-),男,江苏淮安市人,讲师,硕士,CCF 会员,研究方向为数字图像处理、模式识别。

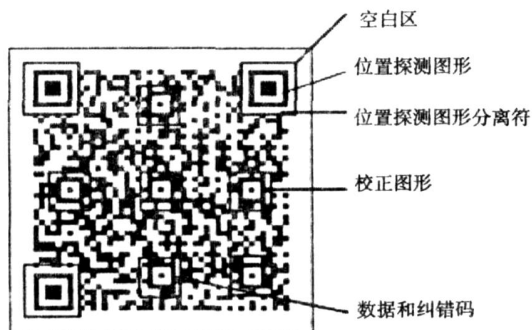


图 1 QR 码版本 7 符号的结构图

2 QR 码图像识别

对于条码的检测,学者们已经进行了很多研究。其中边缘检测是简单有效的条码识别技术^[3,4],文中根据 QR 码图形结构的特点提出了一种基于边缘检测和 QR 码图形特征的快速检测算法。具体流程如图 2 所示。主要包括图像预处理,目标初步定位和目标提取。

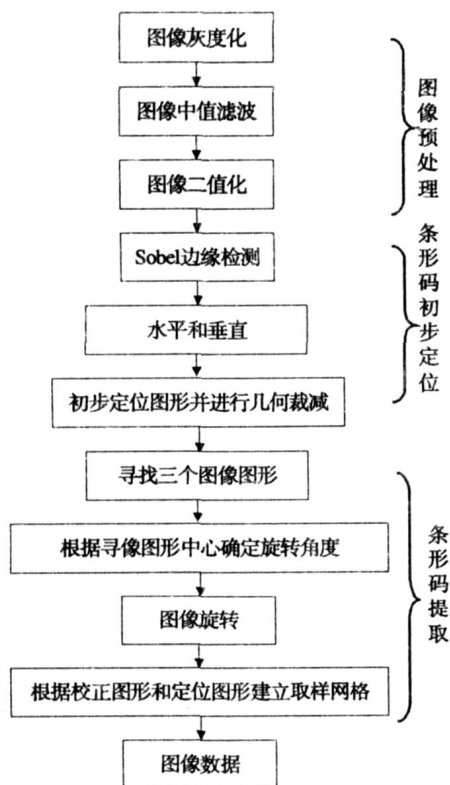


图 2 QR Code 条码图像识别流程图

2.1 图像的预处理

2.1.1 图像的灰度化处理

一般情况下采集到的图像都是彩色图像,为使处理简化,必须将彩色信息投影到灰度空间上,所以首先要对 QR 码图像进行灰度化。灰度化计算公式如下:

$$I = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad (I \text{ 为主观色彩效果, } R、G、B \text{ 分别为红、绿、蓝三分量})。$$

2.1.2 图像中值滤波

直接采集的原始 QR 码图像不能准确地反映条码符号,其图像主要存在着边沿毛刺、孤立点噪音等变形,因此必须首先去除这些干扰,对条码图像进行整形,从而提高译码的正确率。通过反复实验比较,选择了中值滤波器对 QR 码图像进行滤波,不仅可以减少噪声的干扰,而且能较好地保留图像的边缘和尖锐的细节。由于 QR 码图像的基本模块均是正方形,因此在中值滤波时采用正方形窗口会取得较好的效果。实验表明,窗口越大,其处理后的图像越模糊,通过反复比较,选择中值滤波模板为 3×3 的正方形窗口。此中值滤波的公式可表示为如下形式:

$$y_{ij} = \text{Med}_A\{f_{ij}\}$$

其中, A 为窗口 3×3 的模板, f_{ij} 为二维条码符号图像数据序列。

2.1.3 图像二值化

二值化是图像分割中的一种重要方法。二值化阈值的选取是图像二值化中至关重要的过程,直接决定了二值化后图像的效果。同一图像,不同的应用需求,选取阈值的方法也不尽相同。可以根据灰度直方图选择阈值,也可以利用最大类间方差法选择阈值。经过大量的实验比较,选用最大类间法来选取二值化图像。其数学模型如下^[5]:

设所有像素被阈值 t 分为两组,灰度小于等于 t 的称作组 1,灰度大于 t 的称作组 2, $q_1(t)$ 和 $q_2(t)$ 分别是组 1 和组 2 各自的方差, $u_1(t)$ 和 $u_2(t)$ 分别是组 1 和组 2 各自的灰度平均值。

定义组内方差。 $q_w(t)$ 为这两个组的方差的加权和:

$$q_w(t) = q_1(t) q_1(t) + q_2(t) q_2(t)$$

设所有像素的平均灰度和方差为 u 和 σ^2 。

有下列等式关系成立:

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= q_w(t) + q_B(t), \text{ 其中 } q_B(t) \text{ 为组间方差;} \\ q_B(t) &= q_1(t) [u_1(t) - u]^2 + q_2(t) [u_2(t) - u]^2 \\ &= q_1(t) [1 - q_1(t)] [u_1(t) - u_2(t)]^2 \end{aligned}$$

显然 σ^2 并不随 t 变化,所以使得组内方差最小的 t 就是使得组间方差最大的 t 。寻找这个 t 的方法可用穷举法,即搜索 t 的每一个可能值,计算出相应的 $q_B(t)$,然后找出最大的 $q_B(t)$ 对应的 t 。

当阈值为 t 时的各参量已知时,阈值为 $t+1$ 时的各参量可以用下列递推公式算出,从而避免对每个 t

都做大量的运算。

$q_1(t+1) = q_1(t) + P(t+1)$, 其中递推起点为

$$q_1(t) = P(1)$$

$u_1(t+1) = \frac{q_1(t) u_1(t) + P(t+1)}{q_1(t)}$, 其中递推

起点为 $u_1(0) = 0$

$$u_2(t+1) = \frac{u - q_1(t+1) u_1(t+1)}{1 - q_1(t+1)}$$

有了 $q_1(t+1)$, $u_1(t+1)$, $u_2(t+1)$ 之后 $\frac{2}{B}(t)$ 就可以求出。

2.2 条形码的初步定位

QR 码符号的特征是由一个个小方块构成的四边形,这一特征将它与其他图形区别开来。对整幅图像使用 Sobel 算子进行边缘检测可以发现,QR 码符号的边缘特征非常复杂和曲折,与其他仅具有简单边缘的图形大不相同(如图 3 所示)。

Sobel 算子有两个,其中水平算子为

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}, \text{垂直算子为} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}。先分别$$

用水平算子和垂直算子对图像中的每个点进行卷积,得到两个矩阵 M_1 和 M_2 ,然后以 2 为模计算幅度矩阵 G ,即把 M_1 和 M_2 对应位置的两个数平方相加,最后通过阈值处理后得到边缘图像,总的过程可表示为:

$$E = ((M \otimes P_v)^2 + (M \otimes P_H)^2) > \text{Thresh}^2$$



图 3 Sobel 边缘检测结果

将得到的边缘图像在水平和垂直方向上投影,分别统计第 i 行($i < \text{Height}$, Height 为图像高度)和第 j 列($j < \text{Width}$, Width 为图像的宽度)上的黑色像素,设统计值为 V_i 和 V_j 。由于 QR 码图像复杂的边缘曲线在一定坐标范围内($i_1 < i < i_2, j_1 < j < j_2$)表现出较大的投影值,而水平与垂直方向上的区域结合(区域 $[(i_1, j_1), (i_1, j_2), (i_2, j_1), (i_2, j_2)]$)起来,便可以初步确定 QR Code 图像在整个图像中的大致位置,为了避免计算误差,可以考虑在区域两端留出一定的余量,对得到的区域进行几何裁剪,将 QR Code 图像提取出来^[6]。

2.3 条形码的提取

QR Code 图像具有三个位置探测图形,分别位于

条码的左上、左下角。位置探测图形如图 4 所示,其图形特征是黑白条。比例为:

黑 白 黑 白 黑 = 1 1 3 1 1



图 4 定位图形

由于位置探测图形具有特殊的比例,同时在掩模作用下,在 QR Code 条码的其他位置不可能出现这样比例的图形,所以可以通过找到三个位置探测图形来精确定位条码。而且可以通过三个位置探测图形的中心坐标来确定条码是否需要旋转以及旋转的角度^[7]。如果图像需要旋转,则旋转图像至标准位置,如图 5 所示。

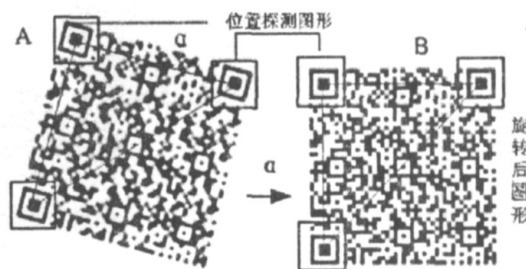


图 5 通过三个位置探测图形进行图像旋转

在进行图像旋转之前首先要确定图像旋转的角度,如图 5 所示,设 A 、 B 两点在图像中的坐标分别为 $A(x_A, y_A)$ 和 $B(x_B, y_B)$, 则 $\tan \alpha = \frac{y_A - y_B}{x_B - x_A}$, 即可求出的值。

在图像旋转时,为避免旋转带来的锯齿形边界对识别的影响,采用双线性插值方法。数学模型如下^[8]:

$f(x, y)$ 为两个变量的渐变平滑函数,已知其在单位正方形 4 个顶点的值为: $f(0, 0)$, $f(0, 1)$, $f(1, 0)$, $f(1, 1)$, 则利用双线性插值可以求出正方形内任意点 (x, y) 的值 $f(x, y)$ 。

首先对上端的两个顶点进行线性插值可得:

$$f(x, 0) = f(0, 0) + x[f(1, 0) - f(0, 0)]$$

再对下端的两个顶点进行线性插值可得:

$$f(x, 1) = f(0, 1) + x[f(1, 1) - f(0, 1)]$$

最后做垂直方向线性插值:

$$\begin{aligned} f(x, y) &= f(x, 0) + y[f(x, 1) - f(x, 0)] \\ &= [f(1, 0) - f(0, 0)]x + [f(0, 1) - f(0, 0)]y + \\ &\quad [f(1, 1) + f(0, 0) - f(0, 1) - f(1, 0)]xy + f(0, 0) \end{aligned}$$

2.4 数据提取

QR Code 图形具有多个校正图形和定位图形,可

以根据定位图形和校正图形的中心坐标建立取样网格。采样数据,把图像转换为数据矩阵。

3 QR Code 码的解码

由于在 QR Code 码符号中可能存在污损,导致数据读取错误,因此在译码前,对得到的数据需进行纠错,有了纠错,大大提高了 QR Code 码的可识读性。通常 QR Code 码采用 Reed2 Solomon^[9]对数据进行纠错。

QR 码解码基本流程大致有以下几个步骤:

(1) 识读格式。

提取格式、版本信息、识别纠错等级与掩模图形。

(2) 去掩模。

用掩模图形对矩阵中的编码区域进行异或处理。

(3) 码字提取。

从数据矩阵中,按照数据模板的排列方式,将 0、1 数据提取出来,得到数据码字流和纠错码字流。

(4) RS 纠错。

用与纠错等级信息相对应的纠错码字检测错误,如果发现错误,则进行纠错。

(5) 数据解码。

对纠错后的数据按照使用的模式信息进行解码,得出数据字符并输出结果。

4 结束语

条码图像的识别技术识别包括条码图像的预处理、条码定位检测、条码分割、数据提取等方面。文中

具体研究图像灰度化、二值化、去噪、边缘检测、图像旋转等多种图像处理方法在二维条码识别上的应用,实现了实际应用中二维条形码 QR Code 的识别。实验表明,该识别算法能有效地去除背景和噪声的干扰,达到快速、准确识别的目的。

参考文献:

- [1] 吴昊,孙焘,冯林.在手机与 PC 间收发二维条码的研究与实现[J]. 计算机技术与发展,2007,17(2):178-180.
- [2] 黄颖为,龚小超.二维条码技术及其在防伪中的应用[J]. 中国品牌与防伪,2007(7):61-64.
- [3] Mikio K, Takayuki Y, Tetsuo S, et al. Bar-code recognition system using image processing[C]//IEEE Symposium on Emerging Technologies & Factory Automation. [s.l.]: Institute of Electric and Electronic Engineer, 1997:568-572.
- [4] Shellhammer S J, Goren David P, Pavlidis T. Novel signal-processing techniques in barcode scanning[J]. IEEE Robotics and Automation Magazine, 1999,6(1):57-65.
- [5] 彭兴邦,蒋建国.一种基于亮度均衡的图像阈值分割技术[J]. 计算机技术与发展,2006,16(11):10-12.
- [6] 陈媛媛,施鹏飞.二维条形码的识别及应用[J]. 测控技术,2006,25(12):17-19.
- [7] 万菁.二维条码的编解码及系统实现[D]. 上海:上海交通大学,2007.
- [8] 刘宁钟.高维条码识别技术和编码理论的研究[D]. 南京:南京理工大学,2003.
- [9] 王新梅,肖国镇.纠错码原理与方法[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2001.

(上接第 122 页)

4 结束语

在网络规模不断扩大的情况下,中心网管需要收集的数据量不断加大,对数据处理的实时性要求也越来越高,采用了 AntNet 算法的移动 Agent 网络管理技术能有效提高数据的采集和处理效率^[7]。这里只考虑了基于移动 Agent 的网络管理系统的主要性能:流量和响应时间。在实际复杂的网络环境中,影响性能的因素很多,下一步的工作应放在根据具体的环境,增强 MA 的自适应性和处理策略,这样会使基于 MA 的网络管理系统有更大的灵活性和智能性。

参考文献:

- [1] Nakano T, Suda T. Self-organizing network services with evolutionary adaptation[J]. IEEE Transactions on Neural Net-

works, 2005,16(5):1269-1278.

- [2] 张伟,刘东飞.基于移动代理的网络管理技术[J]. 计算机技术与发展,2006,16(8):152-154.
- [3] Dorigo M, Di Caro G, Gambardella L M. Ant algorithms for discrete optimization[J]. Artificial Life, 1999,5(2):137-172.
- [4] 多里戈,施蒂茨勒.蚁群优化[M]. 张军,等译.北京:清华大学出版社,2007:215-232.
- [5] 王汝传,徐小龙,黄海平.智能 Agent 及其在信息网络中的应用[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2005:205-252.
- [6] 丁滢颖,何衍,蒋静坪.基于蚁群算法的多机器人协作策略[J]. 机器人,2003,25(5):414-418.
- [7] Cavalas D, Greenwood D, Ghanbari M, et al. Advanced network monitoring applications based on mobile/intelligent agent technology[J]. Computer Communications, 2000,23(8):143-152.