

二维条码的识别方法

刘宏伟 苗东 李志刚 韦有华

(北京科技大学 计算机系, 北京 100083)

摘 要 以 QR 矩阵码为例, 介绍一种实用的二维条码识别算法。首先探讨了二维条码的定位与分割算法, 利用 Hough 变换与 Sobel 边缘检测把条码图像从原始采集的图像中有效地分割出来; 然后分析了条码图像经过光学系统的噪声模型, 提出了一种计算点扩展函数标准方差的算法; 采用 Fourier 变换自适应地选取阈值去除噪声导致的无效边界, 从而得到条码的基本模块。实验结果表明, 该算法具有很好的抗噪性, 提高了二维条码的识别率。

关键词 QR 矩阵码 条码识别 点扩展函数 Hough 变换 Canny 边缘检测 Fourier 变换

Approach for Recognition of Two-dimensional Bar Code

Hongwei Liu, dong Miao, zhigang Lee, youhua Wei

(Department of Computer, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract A approach for Recognition of Two-dimensional Bar Code based on Fourier transform is proposed. Firstly, location and segment arithmetic of image is discussed and a image of a single row of 2-D code is obtained. Secondly, noise caused by optic system is analyzed and a arithmetic used by compute the standard deviation of point spread function is reased. Finally, those invalied edge is dropped adaptively by using the edge strength histogram. The experiment show that the arithmetic have excellent ability to drop nosie and have higher recognition rate of 2-D bar code.

1 引言

二维条码与一维条码相比具有高容量、高密度、纠错能力强、安全强度高等特点, 不仅可以存储传统的字符数字等文本信息, 还可以存储图像等高容量的信息。因此二维条码可以广泛应用于身份验证、安全防伪、电子商务等众多领域。由于二维条码的信息密度较高, 与一维条码相比识别技术更为复杂, 尤其对于矩阵式的二维条码, 譬如 datamatrix、Qrcode 等, 所以二维条码的有效快速的识别成为一个研究领域。

条码识别的一般方法是先对条码图像进行一阶差分, 找出条码图像的边界位置。但是二维条码密度高的特点, 经过光学系统成像后, 条码边界将变得模糊, 并且边界部分会相互叠加和偏移, 再加上环境噪声的影响, 传统的条码识别方法的稳定性不是很可靠。

在本文中, 以矩阵式二维条码 QR 快速响应码为例, 研究了基于 Fourier 变换的二维条码识别技术。QR Code 码是由日本 Denso 公司于 1994 年 9 月研制的一种矩阵二维码符号, 具有识别速度快, 全方位识读, 对于数字、字母、汉字编码有特定的压缩模式。因此我国已经制定了快速响应码的标准 (GB/T 18284-2000), 并在诸多的行业中得到了广泛的应用。QR 码符号有正方形模块组成的一个正方形阵列构成, 由编码区域和包括寻像图形、分割符、定位图形和校正图形在内的功能图形组成, 功能图形不用于数据编码, 符号的周围为空白区, 其结构如下:

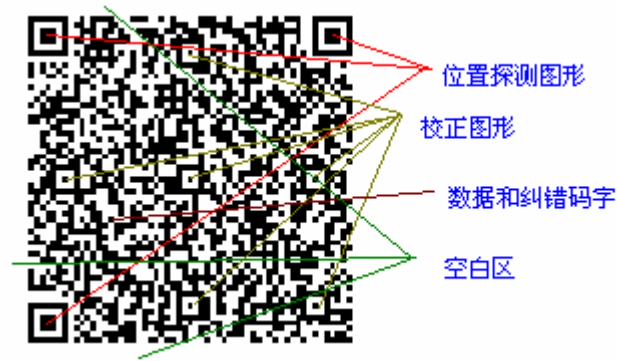


图 1 QR 码结构图

2 分割条码区图像

2.1 定位条码在图像中的位置

采集的条码图像不可避免地会有一定角度的选转,因此首先要把条码旋转至水平方向。设条码区图像为 $G(x, y)$, 条码在图像中的高度和宽度分别记为 H 、 W , 图像二值化时的阈值为 T , 则当从左向右方向扫描图像得到条码的左边界 $E(x_1, x_2, \dots, x_w)$, 即

$$x_i = \min\{x \mid G(x, i) < T\} \quad i = 1, 2, \dots, w-1$$

然后用标准 Hough 变换求出条码左边界的直线方程: $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$, 用双线性插值法将条码图像旋转至水平。同左边界算法一样, 可以得到条码的右边界、上边界、下边界。这样就得到了条码图像, 如图 2 所示。



图 2 选转至水平的条码图像

2.2 分割条码图像

要得到条码图像的码字, 必须分割出每一行与每一列的条码图像, 即得到条码的单位模块图像。首先对图像用 canny 算子作水平方向的边缘检测, 如图 3 所示, 然后在水平方向作投影: $p(y) = \sum_x \nabla G(x, y)$, 则 $p(y)$ 的峰对应于条码的行边界。用高斯函数

$g(y)$ 对 $p(y)$ 做平滑滤波: $\phi(y) = p(y) * g(y)$, 然后对 $\phi(y)$ 进行一阶差分和二阶差

分, 则边界的集合为 $\{y \mid \phi'(y) = 0 \wedge \phi''(y) = 0\}$ 。至此便可分割出单行的条码图像。

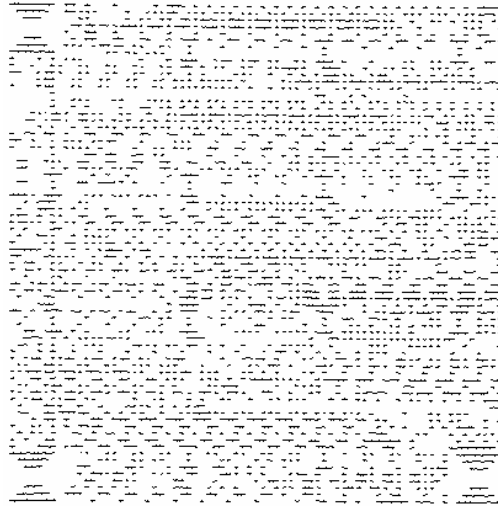


图 3 条码图像的 canny 边缘检测

3 条码的噪声模型

在条码的采集过程中，经过光电转换，深色的模块的灰度为 g_1 ，浅色模块的灰度为 g_2 ，则理想的单条条码灰度变化为：

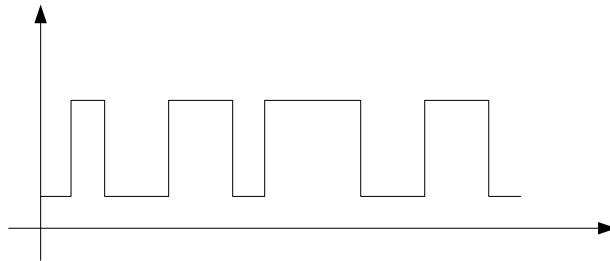


图 4 条码灰度变化图

$v(x)$ 的函数形式为：

$$v(x) = \sum_{i=1}^n [(-1)^i (g_1 - g_2) \sigma(x - e_i)] + g_2,$$

其中当 $x \geq 0$ 时， $\sigma(x) = 1$ ；当 $x \leq 0$ 时， $\sigma(x) = 0$ 。

考虑到噪声， $v(x)$ 有如下形式：

$$v(x) = H \sum_{i=1}^{i \leq n} [(-1)^i (g_1 - g_2) \sigma(x - e_i)] + Hg_2$$

其中 H 为条码单位模块的高度。

由于光学系统带来的噪声影响，实际上得到： $w(x) = g(x) * v(x)$ ，即：

$$V(x)$$

$$w(x) = k \sum_{i=1}^{i < n} [(-1)^i g(x) \sigma(x - e_i)] + C$$

其中, $k = H(g_1 - g_2)$, $C = g(x) * Hg_2$, $g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp(-\frac{x^2}{2\sigma^2})$

由于光学噪声的影响, 边界部分模糊化, 边界较难确定。

4 Fourier 滤波去噪算法

经过计算, $w(x)$ 的一阶差分为: $w'(x) = k \sum_{i=1}^{i < n} [(-1)^i g(x - e_i)]$;

二阶差分为: $w''(x) = k \sum_{i=1}^{i < n} [(-1)^i g'(x - e_i)]$;

对 $w(x) = g(x) * b(x)$ 两边做 Fourier 变换, $W(x) = G(x) \cdot B(x)$;

其中: $W(x') = \Re(w(x)) = e^{-\frac{\sigma^2 x'^2}{2}}$, $G(x') = \Re(w(x))$, $V(x') = \Re(v(x))$

则有: $V(x') = W(x') \cdot e^{-\frac{\sigma^2 x'^2}{2}}$, 把 $e^{-\frac{\sigma^2 x'^2}{2}}$ 用 Taylor 级数展开, 得:

$$V(x') = W(x') \cdot (1 + \frac{\sigma^2 x'^2}{2} + \frac{\sigma^4 x'^4}{8} + \dots),$$

两边取 Fourier 逆变换:

$$v(x) = w(x) - \frac{\sigma^2}{2} w^{(2)}(x) + \frac{\sigma^2}{8} w^{(4)}(x) + \dots$$

对条码边界影响较大的主要是高阶算子, 因此只保留二阶就可以较好的效果:

$$v(x) = w(x) - \frac{\sigma^2}{2} w^{(2)}(x)$$

现在只需考虑如何确定 σ 。

考虑单独的一条边界 e ,

$$|w'(x)| = k \cdot g(x - e) = k \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp(-\frac{(x - e)^2}{2\sigma^2})$$

则:

$$|w'(e)| = kg(x - e) = k \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}$$

因此:

$$\sigma = \frac{k}{\sqrt{2\pi} |w'(e)|}$$

但是在实际中,由于邻边的影响,理想的独立边界是不存在的,因此可以选取一个邻边对其影响最小的边界作为独立边界。边界 e_i , 取 $w(x)$ 的一阶倒数的绝对值最大的原则来寻找相对独立的边界, 然后计算 σ , 再计算 $v(x)$ 。

下一步计算边界强度的直方图, 如图 5 所示:

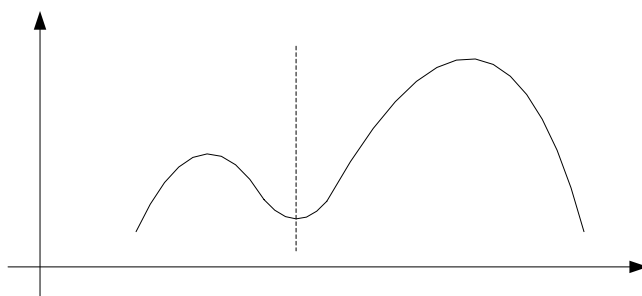


图 5 边界强度直方图

由图 5 可以看出, 边界强度直方图是典型的双峰图, 采用 Ostu 算法选取阈值, 得到条码单元模块的边界, 这样就得到整个条码的码子, 通过标准的解码步骤得到原是的信息流。

5 实验结果

用分辨率设置为 600dpi 的打印机打印出 200 个 QR 码样本, 并且 QR 码的纠错级别为 M 级。然后在一些样本上随机地进行污染, 包括污点, 划痕等。图像采集装置使用分辨率设置为 600*600dpi 的扫描仪, 得到 200 幅条码图像, 条码图像识读率统计为 100%。

6 结论

Flourier 滤波算法可以有效克服光学系统带来的噪声, 结合 QR 码本身的 RS 纠错能力, 算法具有很好的抗噪性, 稳定性, 满足条码的应用需求, 具有实际的应用价值。

参考文献

- [1]Kenneth R.Castleman 著. 数字图像处理[M]. 朱志刚等译. 北京:电子工业出版社, 2002. 2
- [2]Dimitrios Ioannou,Edward T.Dugan. Parallelogram Detection in a Digital Image with the Use of the Hough Transform. ICPR' 96
- [3]Snyder,Love J D. Optical waveguide theory[M]. London:Chapman and Hall, 1983

作者简介: 刘宏伟 1968 年出生, 教授, 主要研究方向为计算机体系结构、信息安全、图像处理与模式识别。

联系方式: 北京科技大学 171 信箱苗东收, E-mail: miaodong@hotmail.com, Tel: 13910386005