

基于形态学和梯度特征的二维条码检测定位

马鹏维¹, 韩存武², 马海燕¹, 吕文渊¹

(1. 东华大学 信息学院, 上海 201620;

2. 北方工业大学 现场总线技术及其自动化北京市重点实验室, 北京 100144)

摘要: 针对复杂背景下的二维条码定位问题, 单一特征提取已很难满足其需要。为此提出一种将图像二值化, 然后采用基于数学形态学和 kirsch 边缘检测的算法滤去图像背景, 最后利用投影算法定位条码区域。实验结果表明, 该方法简单、快速、准确, 很好地满足了实际使用的需要。

关键词: 二维条码; kirsch 算子; 形态学; 投影

中图分类号: TP391.44

文献标识码: A

Detection and localization of two-dimensional bar code based on mathematical morphology and gradient characteristics

MA Peng Wei¹, HAN Cun Wu², MA Hai Yan¹, LY Wen Yuan¹

(1. College of Information science & technology, Donghua University, Shanghai 201620, China;

2. Experiment Center of Automation and Laboratory of Field Bus Technology, North China University of Technology, Beijing 100144, China)

Abstract: For the bar code needs to be located by filtering txt and other sign's on the image, a single feature extraction has been difficult to meet the requirements. In the paper, firstly, the image is processed for binaryzation, then Filter out the background of the image by mathematical morphology and kirsch algorithm. finally, the bar code is located on the image according to projection. The result shows that the method is simple, rapid, accurate, and meet the needs of practical using.

Key words: two-dimensional bar code; kirsch; mathematical morphology; projection

目前, 条码技术在各个行业得到了广泛的应用。但是一维条码受到信息容量的限制, 仅仅是对物品的标识, 并且它的使用必须依赖数据库的存在。二维条形码是在水平和垂直方向的二维空间存储信息的条码, 它不依赖于数据库, 信息容量大、可靠性高, 因此必将得到广泛的应用。二维条码的种类很多, 有 QR、PDF417 和 Maxi code 等。

二维条码作为一种应用广泛的自动识别技术, 其核心是对条码进行快速、准确地定位。纹理是条码的一个显著特征, 目前, 主流的算法是基于纹理特征的梯度检测或频域分析^[1]来定位二维条码。利用梯度特征进行条码检测与基于频域分析的算法相比较, 具有实时性强的特点, 适用于大多数图像。

条码本身纹理特征主要表现为黑白相间且边缘方向一致的矩形块。考虑各种可能出现的复杂背景情况, 采用单一的梯度特征很难满足二维条码精确定位的需要。

本文提出了一种形态学和边缘梯度信息相结合的方法来提取二维码。该方法不同于大多数的条码定位方法, 其对条码在图像中的位置以及图像背景的限制很少, 而且综合特征定位要比单一特征定位更符合人的视觉要求, 因而定位效果更好, 应用范围更广。本文将以 QR 条码为例, 进行条码区域的提取。

1 二值形态学基本原理^[2]

二值形态学运算是数学形态学的基础, 是一种针对图像集合的处理过程。其基本思想是: 用具有一定形态的结构元素去度量和提取图像中的对应形状, 以达到对图像分析和识别的目的。膨胀(Dilation)和腐蚀(Erosion)是 2 种最基本、最重要的变换, 其他变换都由这 2 种变换的组合来定义。它们在二值图像和灰度图像中各有特点, 还可以推导和组合成各种其他数学形态学算法。

按定义, 二值图像上目标边界点是指位于目标内部, 且至少有 1 个邻点位于目标之外的像素。用 $B(x)$ 代

表结构元素,对工作空间 A 中的每 1 点 x ,腐蚀和膨胀的定义分别为:

$$\text{腐蚀: } Erosion(A, B) = A \ominus B = \{x | (B)_y \subseteq A\} \quad (1)$$

$$\text{膨胀: } Dilation(A, B) = A \oplus B = \{x | (\hat{B})_y \cap A \neq \emptyset\} \quad (2)$$

简单的腐蚀是一种消除边界点的过程,结果是使目标缩小、孔洞增大,因而可有效地消除孤立噪声点。膨胀是将与目标物体接触的所有背景点合并到物体中的过程,结果是使目标增大、孔洞缩小,可填补目标物体中的空洞,形成连通域。

一般情况下,腐蚀与膨胀是不可恢复的运算,但通过腐蚀与膨胀可以构成开运算和闭运算。开运算和闭运算的定义如下:

$$\text{开运算: } OPEN(A, B) = (A \ominus B) \oplus B \quad (3)$$

$$\text{闭运算: } CLOSE(A, B) = (A \oplus B) \ominus B \quad (4)$$

先腐蚀后膨胀的过程称为开运算,它具有消除细小物体,并在纤细处分离物体和平滑较大物体边界的作用;先膨胀后腐蚀的过程称为闭运算,它具有填充物体内细小空洞,连接邻近物体和平滑边界的作用。

2 条码区域定位算法

2.1 图像灰度化和对比度增强

条形码本身是黑白条码,不需要颜色信息,而且灰度图像的处理速度快,占用空间少,因此首先将图像进行灰度转换。大部分采集二维码的摄像设备性能一般,图像的灰度可能会集中于某一小区间内,如图像过亮或过暗,所以需要根据直方图对图像灰度进行拉伸使之覆盖较大的区间,从而提高了图像的对比度尤其是二维码的黑白对比度,便于对图像二值分割。图 1 为所处理图像的灰度化。



图 1 所处理图像灰度化

2.2 基于阈值选取的图像分割

在使用阈值法进行图像分割时,阈值的选取成为能否正确分割的关键,阈值过小容易造成过度分割,过大则不易滤除背景。本文将选用最大方差准则^[3]确定最佳阈值,区域间的方差是差异的有效参数。分割后图像如图 2 所示。

2.3 二值形态学运算

数学形态学是以结构元素为基础对图像进行分析



图 2 基于最大方差准则的灰度图像二值化

的数学工具。对于结构元素,其中大尺度的结构元素去除噪声能力强,小尺度的结构元素能检测到好的边缘细节。至于窗口尺寸,在边缘提取的形态变换中,一般采用 3×3 、 5×5 、 7×7 的窗口尺寸。本算法中形态学运算既要去噪(如图像中的直线、表格、方方正正的文字及噪点等),又要尽量少地影响边缘细节。结合试验分析,选定 2 个以中心为原点的 3×3 结构元素,对图像进行腐蚀和开运算。腐蚀和开运算的结构元素 3×3 矩阵如下:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

对于如图 1 所示的有复杂背景(如文字等)的条码图像,采用形态学方法消除了影响进一步提取梯度特征的因素,变成了只有少量噪声的图像,而且滤去了毛边,使图像二维码区域的梯度特征更加明显,其运算结果如图 3 所示。



图 3 腐蚀、开运算之后的图像

2.4 利用方向边缘强度确定条码大致区域

条码由黑的条和白的(空)组成,黑白分界明显,具有很强的边缘强度,利用条码的纹理特征,通过分区域对条码边缘方向的分析,可以滤去大部分的文本、图案以及一些大的黑色块状区域干扰。在此过程中,将分区域进行了分析。

用分块来进行处理,主要是考虑到所获得的图像大小分辨率通常是固定的,先对整幅图像进行分块,图像中的每个块都是一个特征区域,其中特征区域的大小如何确定将是研究的重点。确定的原则是既要尽量细致地

反映二维码区域特征,又要兼顾二维码区域边缘分布特征。针对设备的分辨率,把采集得到的灰度图像按网格分割为 $m \times n$ 个子区域,分析每个子区域的边缘强度特征,筛选出可能包含条码的图像子区域。

Kirsch 算子具有 8 个方向的模板,有很好的方向性及很好的精度和抗噪性能。图像中的每个点都用 8 个掩模进行卷积,每个掩模对某个特定边缘方向做出最大响应。

本文采用 Kirsch 方向边缘算子^[4]对各子区域的 0° 、 45° 、 90° 和 135° 4 个方向进行边缘检测,得到 0° 、 45° 、 90° 和 135° 4 个方向的边缘图像,记为 I_0^o 、 I_{45}^o 、 I_{90}^o 、 I_{135}^o 。进一步计算得到边缘图像 I_0^o 、 I_{45}^o 、 I_{90}^o 、 I_{135}^o 中灰度值大于某个阈值的像素个数 N_0^o 、 N_{45}^o 、 N_{90}^o 、 N_{135}^o 。可知 N_0^o 、 N_{45}^o 、 N_{90}^o 、 N_{135}^o 分别为子区域中在 0° 、 45° 、 90° 和 135° 4 个方向具有较强边缘强度的像素个数。

定义子区域 A_j 的方向边缘强度为:

$$N(A_j) = \max(N_0^o, N_{45}^o, N_{90}^o, N_{135}^o) \quad (5)$$

引入阈值 T ,若 $N(A_j) < T$,则认为该子区域不是条码区,将不符合条件的区域设置为背景色(白色)。

2.5 水平和垂直投影定位条码区域

经过上述处理以后,所存在的干扰就非常少了,然后对图像进行水平(垂直)投影,确定最后的条码区域。

首先,对图像进行水平投影,其水平像素投影值可看作离散数列,为消除图像中的毛刺或噪声的干扰,可采用加权算术平均法。设 V_i 表示图像中第 i 行的原始投影值, V'_{i-1} 表示图像中 $i-1$ 行平滑后的投影值,则 1 次指数平滑数列^[5]的构成为:

$$V'_i = \alpha V_i + (1-\alpha)V'_{i-1}, V'_0 = V_1, \alpha = 0.3 \quad (6)$$

平滑后的水平投影如图 4(a)所示。由于二维码区域的投影比较大,而在二维码区域上下行附近的投影值也比较大,而且均有谷底存在,因此,找到 2 个谷底位置,确定上下边界,从而完成第 1 次分割。

对第 1 次分割后的图像做垂直方向的投影,平滑后的投影如图 4(b)所示。由于二维码区域峰值比较集中,此时采用从两头寻找条码区域的方法,即从两头分别先

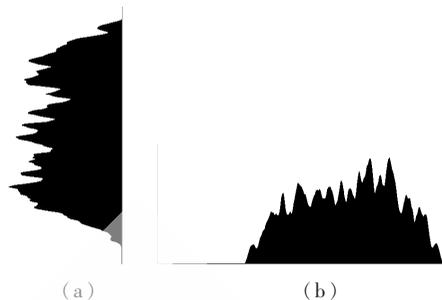


图 4 水平和垂直方向的投影

找到大于一定阈值的点,然后分别向下找到谷底,即为找到的条码左右边界,这样就得到第 2 次分割结果。

通过 2 次投影分割,便确定了条码区域的位置,实现了区域定位。若条码区域发生旋转或倾斜,可以进一步采用双线性插值^[1]将条码旋转至水平,从而实现条码的精确定位。

采用形态学腐蚀、开运算和求取梯度特征的方法,最终通过投影算法从有复杂背景的条码图像中分割出条码区域,为识读软件定位了二维条码区域,达到了条码自动识别的目的。实验表明,同传统的算法相比,该算法对图像背景要求较少,简单实用,不仅提高了定位速度,也提高了定位准确率,有效地满足了二维条码识别系统实时性的要求。

参考文献

- [1] 刘宁钟,杨静宇.基于波形分析的二维条码识别[J].计算机研究与发展,2004,41(3):463-469.
- [2] 李俊山,李旭辉.数字图像处理[M].北京:清华大学出版社,2007.
- [3] 刘卫光.图像信息融合与识别[M].北京:电子工业出版社,2008.
- [4] 郑翔,黄艺云.Kirsch 边缘检测算子的快速算法[J].通信学报,1996,17(1):131-134.
- [5] 郭捷,施鹏飞.基于颜色和纹理分析的车牌定位方法[J].中国图像图形学报,2002,7(5):473-476.

(收稿日期:2009-07-15)