

# 基于 SUSAN 检测算子的二维条码定位方法

周 乐

(西安建筑科技大学 信息与控制工程学院, 陕西 西安 710055)

**摘 要:** 以二维条码 Data Matrix 在实际应用中的图像为例, 采用一种基于图像最优阈值的 SUSAN 检测算子, 将复杂背景图像中的二维条码图像区域检测出来。使用这种方法可以在最大程度上忽略复杂背景的干扰, 实现二维条码的快速定位。

**关键词:** 二维条码; Data Matrix; 最优阈值; SUSAN 检测算子

中图分类号: TP391.44

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)09-0035-03

## Location method of two-dimensional bar code based on the SUSAN detection operator

Zhou Le

(Information and Control Engineering Institute, Xi'an Building Technology University, Xi'an 710055, China)

**Abstract:** Taking the image of the Data Matrix of two-dimensional bar code in practical applications as an example, the paper adopts the SUSAN detection operator based on the image optimal threshold, which can quickly find out 2D bar code image region from complex background image. This method could ignore the complex background interference in the greatest degree, and achieve location of 2D bar code quickly.

**Key words:** two-dimensional bar code; Data Matrix; optimal threshold; SUSAN detection operator

自动化数据采集技术是信息采集和处理的关键技术<sup>[1]</sup>, 条码技术在自动化数据采集中占重要地位。二维条码是在传统的一维条码基础上发展起来的。传统的一维条码由于受信息容量的限制必须依赖数据库, 而二维条码的信息密度高、信息容量大, 可以不依赖于数据库。二维条码不仅可以将数字、字符等信息存入编码, 而且可以将人脸、指纹和虹膜等图像信息存入条码, 因此二维条码在证件识读、人事管理、运输包装、POS 系统和电子数据交换等方面得到广泛的应用<sup>[2]</sup>。此外, 传统的一维条码只有校验功能, 没有纠错能力, 而二维条码具有很强的错误校验和错误纠正功能, 即使条码符号有污点、残缺, 也能被正确识别出。二维条码的识别技术是其应用的关键技术。由于二维条码密度远大于一维条码, 其识别技术不同于传统的一维条码, 如何快速准确地识别条码成为了一个值得研究的问题。

Data Matrix 原名 Data Code, 由美国国际资料公司于 1989 年发明, 它是一种矩阵式二维条码<sup>[3]</sup>。Data Matrix 的最小尺寸是目前所有条码中最小的, 尤其适合于小零件

的标识以及直接印刷在实体上。本文以 Data Matrix 条码为例, 研究了基于 SUSAN 检测算子的二维条码识别算法。

### 1 Data Matrix 图形结构

Data Matrix 的图形结构如图 1 所示。Data Matrix 是矩阵式二维条形码的一种, 它以一个矩形图案表示数据信息, 通常, 黑色模块表示“1”, 白色模块表示“0”, 或者使用相反的表达方法。另外, 在实际应用中, 可以采用不同的印制方式(如图 1 中的圆形打点)。Data Matrix 图形可分为定位图形(寻边图形)和数据区两部分。其中, 定位图形由两条实线边组成的“L”形和与其相对的两条虚线边组成; 数据区是由 1、0 模块组成的矩形。基于 Data Matrix 定位图形的特性, 将其与背景图形区别开来, 并对“L”形的顶点进行精确定位。



图 1 Data Matrix 图形结构

## 2 Data Matrix 图形区域定位

在现实条件下拍摄到的二维条码图像往往受光线的明暗程度不同,粘贴、印刷的位置不当,或被遮盖、污染、出现褶皱等各种外界因素的干扰时,均会直接影响条码的识读效果。因此首先需要从复杂的图像背景中初步分离出条码区域。图2所示为基于SUSAN检测算子对Data Matrix图形区域初步定位流程。

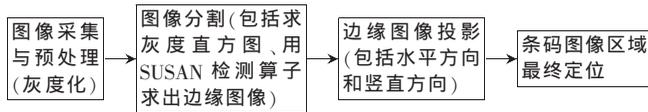


图2 二维条码图像的定位过程

### 2.1 SUSAN 算子边缘检测原理<sup>[4]</sup>

现在考虑有一个圆形的模板,其中心称为“核”,其大小由模板边界所限定。如果将模板中各个像素的灰度都与模板中心的核像素的灰度进行比较,那么就会发现总有一部分模板区域的灰度与核像素的灰度相同或相似。这部分区域可称为与核同值区域USAN(Univalve Segment Assimilating Nucleus),可简称为核同值区。USAN区域包含了很多与图像结构有关的信息,利用这种区域的尺寸、重心和二阶矩等,可以帮助检测图像中的边缘和角点。

最小与核同值区域SUSAN(Smallest Univalve Segment Assimilating Nucleus)算子采用圆形模板来得到各向同性的响应。在数字图像中,圆可用一个含有37个像素的模板来近似。这37个像素排成7行,分别有3、5、7、7、7、5、3个像素。这相当于一个半径为3.4个像素的圆。如考虑到计算量,也可用普通的3×3模板来粗略近似。

设模板为 $N(x, y)$ ,将其依次放在图像中每个点的位置,在每个位置,将模板内每个像素的灰度值与核的灰度值进行比较:

$$\begin{cases} C(x_0, y_0; x, y) = 1, |f(x_0, y_0) - f(x, y)| \leq T \\ C(x_0, y_0; x, y) = 0, |f(x_0, y_0) - f(x, y)| > T \end{cases} \quad (1)$$

其中, $(x_0, y_0)$ 是核在图像中的位置坐标, $(x, y)$ 是模板 $N(x, y)$ 中其他位置, $f(x_0, y_0)$ 和 $f(x, y)$ 分别是在 $(x_0, y_0)$ 和 $(x, y)$ 处像素的灰度, $T$ 是一个灰度值的阈值,函数 $C(\cdot, \cdot)$ 代表输出的比较结果。

要对模板中的每个像素进行上述比较,由此可得到一个输出的游程和:

$$S(x_0, y_0) = \sum_{(x, y) \in N(x, y)} C(x_0, y_0; x, y) \quad (2)$$

这个总和其实就是USAN区域中的像素个数,或者说它给出了USAN区域的面积。如上所讨论的,这个面积在角点处会达到最小。结合式(2)可知,阈值 $T$ 既用来帮助检测USAN区域面积的最小值,也可以确定可消除的噪声的最大值。

实际应用SUSAN算子时,需要将游程和 $S$ 与一个固定的几何阈值 $G$ 进行比较以做出判断。该阈值设为

$3S_{\max}/4$ ,其中 $S_{\max}$ 是 $S$ 所能取得的最大值(对37个像素的模板,最大值是36)。初始的边缘响应 $R(x_0, y_0)$ 根据式(3)得到:

$$\begin{cases} R(x_0, y_0) = G - S(x_0, y_0), S(x_0, y_0) < G \\ R(x_0, y_0) = 0, \quad \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

式(3)是根据USAN原理获得的,即USAN的面积越小,边缘的响应就越大。

### 2.2 依赖像素的阈值选取

图像的灰度直方图是图像各像素灰度值的一种统计度量。最简单的阈值选取方法就是根据直方图来进行的。对于双峰直方图,选取两峰之间的谷所对应的灰度值作为阈值就可将目标和背景分开。谷的选取有许多方法,下面介绍本文涉及的两种方法。

#### 2.2.1 极小点阈值

图像的灰度直方图是图像各像素灰度值的统计度量。将直方图看作一条曲线,则选取直方图的谷可借助求曲线极小值的方法。设用 $h(z)$ 代表直方图,那么极小值点应满足:

$$\begin{cases} \frac{\partial h(z)}{\partial z} = 0 \\ \frac{\partial^2 h(z)}{\partial z^2} > 0 \end{cases} \quad (4)$$

与这些极小值点对应的灰度值就可用作分割阈值。

#### 2.2.2 最优阈值

有时目标和背景的灰度值有部分交错,用一个全局阈值并不能将它们绝然分开。这时常希望能减小误差分割的概率,而选取最优阈值是一种常用的方法。总的误差概率为:

$$E(T) = P_2 \times E_1(T) + P_1 \times E_2(T) \quad (5)$$

为求得该误差最小的阈值,可将 $E(T)$ 对 $T$ 求导并令导数为零,则可以得到一个最优阈值:

$$T_{\text{optimal}} = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \frac{\delta^2}{\mu_1 - \mu_2} \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \quad (6)$$

## 3 Data Matrix 图形区域定位

### 3.1 图像采集与预处理

二维条形码的获取由光学照相或者扫描设备完成。本实验使用一个普通的带有摄像头的手机(最大分辨率是300×300),在不配备特殊光源的情况下获得二维条形码。最终获得分辨率为300×300、尺寸为1600×1200、位深度为24的RGB彩色图像。采用自然光照是考虑到降低成本以及适应恶劣的环境的需要。

原始图像比较大,如果使用原始图像直接来做实验,处理速度极为缓慢且耗时。将原始图像进行预处理,转换为分辨率为72×72、尺寸为178×178、位深度为8的256级灰度图像。

### 3.2 图像分割

经过预处理得到的灰度图像除了包含条形码之外

还包含其他的复杂背景。由于 Data Matrix 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,可以清楚地看到条码区域具有清晰的边缘特征,因此首先采用 SUSAN 算子对整幅图像进行边缘检测。

本文使用 SUSAN 算子的 37 个像素的模板,检测时将模板依次放在图像中每个点的位置,在每个位置,将模板内每个像素的灰度值与核的灰度值进行比较,这时需要阈值来确定此处的游程值,试验中选取的是灰度直方图的极小点和最优阈值两种阈值。图 3(a)是选用灰度直方图的极小点作为阈值时的 SUSAN 检测后的图像,可以看到,二维条码区域粗略地被检测出来,但是对于背景中略大的文字噪声却很难滤除掉;图 3(b)是选取最优阈值时 SUSAN 检测后的图像,可以看到,条码区域的边缘被清晰地检测出来,并且可以很好地滤除掉背景中的文字噪声。

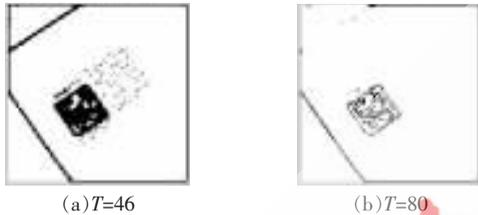


图 3 SUSAN 检测后的图像

对预处理后的灰度图像经过选用最优阈值的 SUSAN 算子检测边缘,可以观察得出, Data Matrix 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,因此其边缘可以明确地分辨出来,同时对于背景中的噪声有很好的滤除作用。

### 3.3 边缘图像投影<sup>[5]</sup>

二维条形码的色块组合在水平和垂直两个方向都含有信息。将得到的边缘图像分别在水平和垂直方向上投影,突出灰度变化频繁的区域,获得条形码图像的粗定位。

### 3.4 条码区域最终定位

将得到的边缘图像在水平和垂直方向上投影,即分别统计第  $m$  行 ( $m <$  图像高度) 和第  $n$  列 ( $n <$  图像宽度)

上的灰度值,令统计值分别为  $S_m$  和  $S_n$ 。由于 Data Matrix 图像复杂的边缘曲线在一定坐标范围内 ( $m_1 < m < m_2, n_1 < n < n_2$ ) 表现出较小且变化频繁的投影值,因此将水平与垂直方向的区域 (区域  $[(m_1, n_1), (m_1, n_2), (m_2, n_1), (m_2, n_2)]$ ) 结合起来,便可以初步确定 Data Matrix 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量,对得到的区域进行几何裁剪,将 Data Matrix 图像提取出来。条码区域最终定位图如图 4 所示。



图 4 条码区域最终定位图

通过对图像识别的研究,实现了实际应用中二维条形码 Data Matrix 的初步提取。对实际图片进行了实验,利用本文提出的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] SRIRAM T, RAO V K. Applications of barcode technology in automated storage&retrieval systems[C]. IECON Proceedings, 1996(1):5-10.
- [2] 张铎,王耀球.条码技术与电子数据交换[M].北京:中国铁道出版社,1998.
- [3] 矫云起,张成海.二维条码技术[M].北京:中国物价出版社,1996.
- [4] 章毓晋.图像工程(第二版)[M].北京:清华大学出版社,2007.
- [5] 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).

(收稿日期:2012-01-18)

### 作者简介:

周乐,女,1986年生,硕士研究生,主要研究方向:信号与信息处理。