

文章编号:1001-9081(2010)05-1246-05

## 利用提取边缘线的方法定位条形码

吴忻生<sup>1,2</sup>, 邓 军<sup>2</sup>

(1. 华南理工大学 精密电子制造装备教育部工程研究中心, 广州 510640; 2. 华南理工大学 自动化科学与工程学院, 广州 510640)  
(djlzq-1212@163.com)

**摘要:**为解决基于图像处理方式识别条形码的问题,提出了利用图像边缘线来有效且快速定位条形码的方法。该方法首先用大津法对原始灰度图像获得一个阈值,并对图像中灰度小于此阈值的像素进行隔行隔列处理,提取边缘线。然后将图像分割成大小相等的水平条,依据质心的位置和水平条中边缘点的数量分布确定起始条。通过已知的离散直线中小阶梯最下端的边缘点来拟合直线,并得到直线倾斜角度。仿真实验比较了 Sobel 算子边缘检测方法和该方法提取边缘线,以及用检测直线的 Hough 变换方法和该方法进行直线拟合的处理效果和运行时间,结果表明了所提出算法的有效性、快速性和可靠性。

**关键词:**边缘线;条形码;条形码定位;阈值;大津法;直线检测

**中图分类号:** TP391.4 **文献标志码:** A

## Bar code localization by extracting edge lines

WU Xin-sheng<sup>1,2</sup>, DENG Jun<sup>2</sup>

(1. Engineering Research Centre for Precision Electronic Manufacturing Equipment of Ministry of Education, South China University of Technology, Guangzhou Guangdong 510640 China;  
2. College of Automation Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou Guangdong 510640, China)

**Abstract:** Concerning the problems of recognizing bar code using image processing method, an effective and rapid algorithm was proposed to localize bar code through extracting edge lines. In this algorithm, a threshold value was obtained firstly by Otsu binary method from the original gray-level image. Pixels with gray values smaller than the threshold value were considered. The edge lines were extracted by sequential interlaced scanning in both row and column directions. Then the whole image was divided into strips of the same size. A starting strip was determined according to the position of the center point and the number of edge points distributed in strips. In starting strip, lines were detected by using edge points in the bottom of small ladder of a digital line, and angles of these lines were computed. Simulation compared the effect and running time of Sobel edge detector, Hough transformation, and the proposed algorithm. And the results prove the validity, rapidity and reliability of the proposed algorithm.

**Key words:** edge line; bar code; bar code localization; threshold; Otsu method; line detection

### 0 引言

利用数字图像处理方法研究条形码的定位和识别是新的研究方向。在由数码相机获得包含条形码部分的商品图像时,不可避免地会摄入与条形码无关的部分,将条形码部分从整幅图像中定位提取出来,为下一步的译码识别提供良好前提,便是首要的一步。定位条形码区域要求准确快速,是条形码图像处理识别系统的重要环节。

一维条形码最广泛应用于商品流通领域,最具有代表性的是 EAN-13 商品条形码(EAN-13 bar code for commodity)。它是由不同宽度的 59 个黑白条平行组成的,组成的 0~9 数字的组合分别表示由国际物品编码协会分配给国家(或地区)的前缀码、厂商识别代码、商品项目代码和校验码,其中分配给中国物品编码中心的前缀码为 690~695<sup>[1]</sup>。

目前广泛采用光电识别<sup>[2]</sup>的方法来解译条形码所携带的信息。虽然光电识别技术成熟,但对条形码质量要求高,需人工定位条形码,且不能识读二维条形码。若首先用数字图像处理技术消除那些降低了图像质量的噪声等因素,则可增加识别结果的可靠性。采用图像处理方式可识读一维和二维

条形码。国外虽有相关图像式条形码阅读器,但价格昂贵,且均有专利保护。研究并开发具有自主知识产权的条形码阅读器对国内的条形码推广应用具有重大意义。图像式条形码阅读器与无线传感器网络相结合,可提供一种新的消费模式和商业模式,更加促进商品的自动化销售,具有较大的社会价值和商业价值<sup>[3]</sup>。

国内外很多学者提出了有关条形码定位的方法,比如基于纹理特性<sup>[4]</sup>、利用图像分块<sup>[5]</sup>、使用离散余弦变换(Discrete Cosine Transform, DCT)<sup>[6]</sup>、采用 JPEG2000 压缩图像<sup>[7]</sup>、应用图像腐蚀、模板匹配<sup>[8]</sup>等,各有优缺点。

文献[4]基于多通道 Gabor 滤波技术,讨论了对平整和弯曲表面的条形码定位均具有旋转不变性的监督和非监督方法,缺点是计算特征图像比较耗时,文献中实验大约需 32 s,且特征分类约需 3 s,显然不适于实时应用。文献[5]提出的算法是先将图像分成 32×32 的小块,确定每个小块中平行线的角度值,然后将具有类似角度值的小块组合在一起构成条码区域,该算法思路清晰,但经实验发现对有些图像中的条码区域不能完整地提取出来。文献[6]提出在 DCT 域的一种快速定位一维条形码的方法,首先应用 DCT 的性质区分条码区

收稿日期:2009-11-06;修回日期:2010-01-10。 基金项目:国家自然科学基金资助项目(60835001)。

作者简介:吴忻生(1961-),男,浙江杭州人,副教授,硕士,主要研究方向:智能检测与智能控制、自动化工程应用; 邓军(1985-),男,湖南郴州人,硕士研究生,主要研究方向:机器视觉、图像处理。

域和其他文本,使用形态学操作平滑检测的条形码区域,利用提取出的区域特征检测原图像中条形码的位置和方位,由于算法中用到的权重矩阵系数不能自适应确定,故算法缺乏鲁棒性。文献[7]提出在以 JPEG2000 形式压缩的图像中定位一维条形码,由 JPEG2000 图像的头文件数据得候选条形码区域,然后通过检查其部分小波编码系数来验证条形码区域。由于仅用到压缩数据的一小部分,故相比于其他使用图像所有像素数据的方法,具有较低的复杂度。JPEG2000 是新一代静态图像压缩技术,它采用以小波变换为主的多解析编码方式,而 JPEG 采用以离散余弦变换为主的区块编码方式。但 JPEG2000 的编码计算复杂性明显高于 JPEG,该方法在用于 JPEG 图像中时需先对整个图像进行 Huffman 编码。文献[8]算法思路简单易懂,但考虑到条形码在图像中可能有旋转角度,模板不好选取,且模板匹配算法运算量大,计算时间长。

图像式条形码阅读系统主要包括图像输入、图像预处理、条形码定位和条形码识别 4 部分<sup>[9]</sup>,如图 1 所示。图像可通过数码相机采集;图像预处理部分主要包括采用数字图像处理技术进行去除噪声、消除不均匀光照影响、去模糊等操作;条形码定位即是利用条形码本身独特的结构特点将其从图像中提取出来;条形码识别一般采用抗噪声的相似边方法,解译条形码所携带的数字信息。本文主要研究第 3 部分,提出了定位条形码的一种有效且快速的方法。

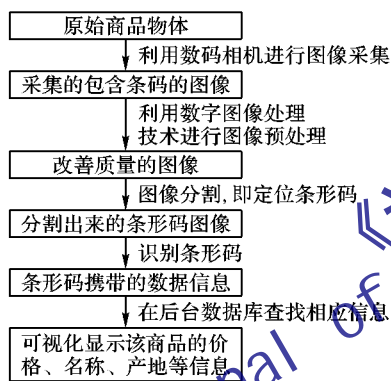


图1 图像式条形码阅读系统

## 1 条形码定位方法

一维条形码的特点是由平行的黑白条按一定规则组成,黑条可简称为条,白条可简称为空,理想条形码图像中黑白边界明显,具有很强的边缘特性。已有的图像处理方法大多是利用图像亮度的一阶导数在幅度上比指定的阈值大,或亮度的二阶导数有零交叉来检测边缘<sup>[10]</sup>。数字图像处理中常见的图像边缘检测的方法有 Sobel、Canny、Roberts、LoG 算子等<sup>[10]</sup>,但寻找到的边缘与一阶导数的阈值有关,在图像质量不理想时,边缘或被遗漏,或产生很多无用信息。为此,本文提出一种针对灰度小于由大津法<sup>[11]</sup>确定的阈值的像素进行处理,提取边缘线的方法,采取隔行隔列扫描,可加快处理速度,而不会损失条形码部分的边缘信息。

### 1.1 大津阈值法

大津阈值法<sup>[11]</sup>是一种自适应的阈值确定的方法,又叫最大类间方差法。它是按图像的灰度特性,将图像分成背景和目标两部分。背景和目标之间的类间方差越大,说明构成图像的两部分的差别越大,部分目标错分为背景或部分背景错分为目标都会导致两部分差别变小。因此,使类间方差最大的分割意味着错分概率最小。

对于图像前景(即目标)和背景的分割阈值记作  $T$ ,属于前景的像素点数占整幅图像的比例记为  $\omega_0$ ,其平均灰度  $\mu_0$ ;

背景像素点数占整幅图像的比例为  $\omega_1$ ,其平均灰度为  $\mu_1$ 。图像的总平均灰度记为  $\mu$ ,类间方差记为  $g$ 。

假设图像的大小为  $M \times N$ ,图像中像素的灰度值小于阈值  $T$  的像素个数记作  $N_0$ ,像素灰度大于阈值  $T$  的像素个数记作  $N_1$ ,则有:

$$\omega_0 = N_0 / (M \times N) \quad (1)$$

$$\omega_1 = N_1 / (M \times N) \quad (2)$$

$$N_0 + N_1 = M \times N \quad (3)$$

$$\omega_0 + \omega_1 = 1 \quad (4)$$

$$\mu = \omega_0 \mu_0 + \omega_1 \mu_1 \quad (5)$$

$$g = \omega_0 (\mu_0 - \mu)^2 + \omega_1 (\mu_1 - \mu)^2 \quad (6)$$

将式(5)代入式(6),得到等价公式:

$$g = \omega_0 \omega_1 (\mu_0 - \mu_1)^2 \quad (7)$$

采用遍历的方法得到使类间方差最大的阈值  $T$ ,即为所求。

大津法的使用范围比较广,不论图像的直方图有无明显的双峰,都能得到较满意的结果,对分割质量通常都有一定的保障,可以说是一种稳定的分割。

### 1.2 条形码图像特征分析

商品条形码通常印刷在商品外包装的“自然”底面上,标准的条码符号长度为 37.29 mm,条高 22.85 mm,条码符号高度为 25.93 mm,允许的放大系数范围是 0.80 ~ 2.00<sup>[11]</sup>。主要特征如下:

1) 条形码本身是由具有不同宽度(1~4 个单位宽)的条空平行组成的;

2) 条形码周围一般均有汉字、字母、图表、图形等信息;

3) 条形码可印制在平整、圆柱、凹凸、塑料包装等不同材质和形状的商品表面上。

如图 2 所示为常见商品包装表面的条形码图像,其中图(a)为平整表面,有一些视觉扭曲;图(b)为圆柱表面,周围有汉字;图(c)为扭曲圆柱表面,表面凹凸不平;图(d)为塑料包装表面,条形码倾斜。条形码的背景都比较复杂。

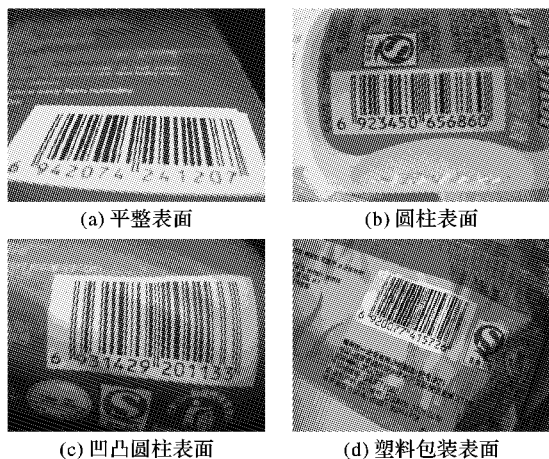


图2 不同物体表面的条形码

### 1.3 算法描述

#### 1.3.1 提取边缘线

提取边缘线的基本思想是把一块黑色区域简化为四条边界黑线,这样水平、倾斜和垂直条形码都不会错失,从而将原始的灰度图像转化为简单的二值图像,其中,“1”表示白色,“0”表示黑色。

首先将由数码相机获得的 24 位 RGB 图像转化为 8 位灰度图像,利用大津法<sup>[11]</sup>求得图像阈值,并乘以 255,以使阈值在 0 ~ 255。先对图像从左向右扫描,为节省计算时间,在此



采用隔行扫描的方式,对连续的方块不会产生影响,只处理灰度值小于上述阈值的点,遇到满足条件的点,便计算由此开始与之具有类似灰度值的点。考虑到由于采集环境的影响导致图像质量不是理想的情况,此处“类似”的度量选为相邻灰度差值为5。理想条形码图像中,条的灰度值是0,空的灰度值是255。然后对图像采用同样方法进行从上向下隔列扫描。

算法描述如下。

1) 假设原始图像用  $f(i, j)$  表示,其宽度和高度分别为  $width$  和  $height$ ,  $threshold_1$  为在原始灰度图像中应用大津法求得的阈值。

初始化2个原始图像1/4大小的逻辑真矩阵  $f_1$  和  $f_2$ 。

2) 将原始图像简化成边缘线。

对原图像从左向右隔行扫描,得到一系列垂直或倾斜的边缘线,这样不会错过垂直和倾斜条形码。遇到满足条件的点,便继续判断右边的点是否满足条件,并将满足条件的连续块区域在对应的  $f_1$  中的最左侧和最右侧位置置为0。

同样,对图像从上向下隔列扫描,得到一系列水平或倾斜的边缘线,并将满足条件的连续块区域在对应的  $f_2$  中的最上边和最下边位置置为0。

3) 将两图像结果合在一起,记为  $f_3$ 。

4) 若  $f_3$  图像中某一边缘点的  $3 \times 3$  邻域内全为白点,则当前边缘点为孤立点,将其像素值置为1,使之变成白点。若某一边缘点的小邻域内黑点数多于1个,则当前边缘点为粘连点,将其也变成白点。

此处的小邻域指当前点的右方、右下方、正下方和左下方像素,如下所示。 $f_3(i, j)$  表示当前点。

	$f_3(i, j)$	$f_3(i, j+1)$
$f_3(i+1, j-1)$	$f_3(i+1, j)$	$f_3(i+1, j+1)$

图2所示商品条形码经上述处理后的效果如图3所示。虽然实际图像不是很规整,但并不影响后续的处理。可以看出,条形码的大部分被保留。

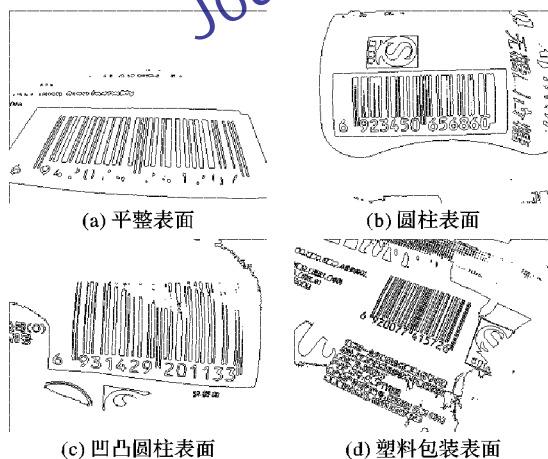


图3 实际图像的边缘线图

### 1.3.2 图像求质心和分条处理

一维条形码的特点决定了只要水平方向条空信息齐全便可译码。经由上述处理后的图像变为二值图像,其大小仅为原图像的四分之一,可大大加快处理速度,此时图像的高度和宽度分别仅为原始图像高度和宽度的1/2,其中条形码部分表现为一些具有一定长度的直线段,且相互平行,其他背景部分表现为长度很小的线段,且没有规律,比较杂乱。Hough 变

换是图像处理领域应用最广泛的检测直线的手段<sup>[10]</sup>,但若直接对整幅图像应用 Hough 变换,计算量大。本文算法将图像分成大小相等的水平条,依据质心的位置和水平条中边缘点的数量确定起始条,从起始条开始检测条内直线。

求质心位置算法如下。

1) 定义运算初始值。为方便起见,重新设定两个变量  $h_2$  和  $w_2$  分别表示  $f_3$  图像的高度和宽度。用  $strip\_height$  表示所分条的高度值,本文中设为30个像素。用  $strip\_num$  表示  $f_3$  图像所分的条数,为  $h_2/strip\_height$ 。

2) 统计边缘线图像  $f_3$  中黑点的总个数,查找其中边缘点的位置。

3) 统计所有黑点的行、列坐标之和,并除以黑点总个数得质心位置。

4) 依据质心的位置确定当前起始条。

注意边缘图像与原始图像的质心对应关系,若边缘图像的第  $i$  个条为当前起始条,则原始图像中第  $(i + strip\_num - 1)$  个条为当前起始条。经实验发现绝大多数的当前起始条均包含条形码区域。

5) 初始化一个元胞数组用来存放每条图像。

6) 确定最终起始条,简称为起始条。

若条形码垂直或接近垂直,则当前起始条即为起始条。

若条形码水平或接近水平,则起始条需由当前起始条的上下相邻直线的分析情况(比如多少,规律等)进行扩展。

若条形码倾斜,则从左向右扫描时会缺失条空信息,则起始条需由当前起始条和其上或下条组成。若当前起始条的上部分边界处黑点数明显少于下部分边界处黑点数,则起始条为当前起始条加其下面一条;反之,当前起始条加其上面一条为起始条。

条形码是垂直、水平还是倾斜,由1.3.3节内容讨论判断。

图4所示为运用上述方法获得的图2中4幅图像的起始条。

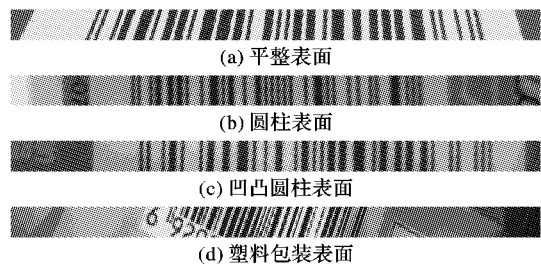


图4 运用本文方法对常见商品条形码提取的起始条

### 1.3.3 计算条内直线角度

将当前起始条逐行逐列利用1.3.1节中方法提取边缘线。离散直线仅在与水平方向成  $0^\circ$  (水平线),  $90^\circ$  (垂直线) 或者  $45^\circ$  的整数倍时有精确定义,而在其他角度或方向,离散直线都是由阶梯状的线段所构成<sup>[12]</sup>。本文利用小阶梯底部像素来计算直线斜率,进而得到直线角度。如图5所示为垂直、水平、倾斜直线的数字化放大显示。

具体计算步骤如下。

1) 统计当前起始条上下边中的黑点个数,若两值相差太大,此处设为100个像素点,则多提取黑点数多的一侧条,使起始条为两条的组合。

新的起始条用  $f_4$  表示,对  $f_4$  逐行逐列利用1.3.1节中方法提取边缘线。求每行中黑点的坐标,并去除距离相差很大的

点,只保留黑点比较密集的区域。重新统计起始条中每行的黑点数和位置,并由这些边缘点开始寻找可能的直线。

2)对某个边缘点,从此点出发寻找与之相连的边缘点。数字图像中每个像素点只有相邻的8个邻域像素值,此处本文只考虑其左下方点、正下方点、右下方点和右方点,分别针对倾角在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 、垂直、倾角在 $90^\circ \sim 180^\circ$ 和水平直线的情形。

定义一个转向标志向量用来记录当前边缘点转向下一边缘点的方向,分别用1、2、3、4表示下一边缘点在当前边缘点的左下方、正下方、右下方和右方。同时记录边缘点的位置。

对其余点做同样处理。

3)从开始行边缘点出发统计到某一边缘点,若其4个方向上均没有边缘点,或者到达起始条的最后一行,则利用这些边缘点计算其直线的斜率和倾角信息。然后转向起始边缘点同行的下一边缘点,转步骤2)。

4)从起始行中边缘点起始的直线遍历完之后,从上向下直到最后一行逐行检测直线,转步骤2)。且需加一条件,即当前边缘点是没被从当前行之前行出发的直线遍历过的,判断的条件是,其左方、左上方、正上方和右上方点均不是边缘点。

经上述处理后,便获得了条内的直线信息,包括位置和倾角。

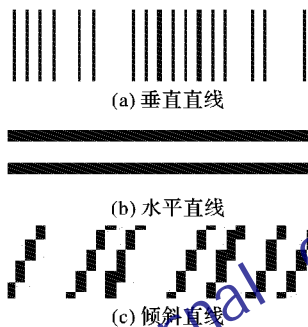


图5 垂直、水平、倾斜直线的数字化放大显示

由图4可看出,平整表面、圆柱表面和凹凸圆柱表面的条形码在起始条上没有太大差异,所以此处仅列出图4中(c)、(d)边缘线检测的结果,如图6所示。

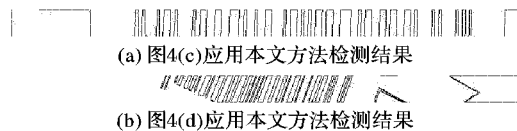


图6 本文直线拟合法检测的边缘线

### 1.3.4 提取条形码区域

筛选具有一定长度和类似角度的直线,记录其位置和倾角,只保留中间相对密集的且具有类似角度的直线。根据这些直线的位置,在原图的对应位置将其提取出来。此时获得的区域可称为候选条形码区域,因为其可能不全为条形码,采用下列方法进行精确定位。

查找条形码的中间分隔符位置,即查找相邻的“空条空条”的宽度相等的位置,并记录宽度值,可作为条形码的单位模块宽。EAN-13 商品条码共有113个模块,若求得候选条形码区域中满足条件的中间分隔符的左侧位置和单位模块宽,则分别向左、右各扩展56、57个模块宽即可得条形码区域。

定位出条形码区域后便可对其译码识别。因为条形码是上下宽度一致的条空组成的,即使发生倾斜,其条空的宽度比不变,不影响译码结果,对倾斜角度在 $90^\circ$ 附近的,无需将条形码旋转至垂直,只取每一行单独进行译码,再将结果进行比较。对接近水平的条形码,就必须将其旋转至垂直或接近垂直的方向,才能对其译码。

对图2中(c)、(d)的定位结果如图7所示。

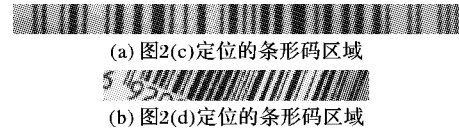


图7 运用本文方法定位的条形码区域

## 2 仿真实例

本文算法在PC机(主频为1.79 GHz的AMD处理器,内存为1 GB)上通过Matlab 7.8进行仿真实验。以常见商品条形码EAN-13为例,分别针对平整、圆柱、凹凸、塑料包装等不同材质和形状的商品表面的条形码进行了仿真实验。将提取边缘线的方法与Sobel边缘检测方法、直线拟合法与检测直线的Hough变换方法,进行了效果和处理时间的比较。

### 2.1 Sobel算子及其改进算法与本文提取边缘线算法的比较

Sobel边缘检测是数字图像技术中使用较广泛的方法<sup>[10]</sup>。它是一种离散性差分算子,利用水平和垂直两个方向的掩模分别对图像进行滤波,并将两个结果相加,最后计算相加结果的平方根。Sobel边缘检测虽然简单有效,但它并没有将图像的主体与背景严格地区分开来,即没有基于图像灰度进行处理。且Sobel算子只有水平和垂直两个方向模板,会漏检 $45^\circ$ 和 $135^\circ$ 附近的边缘。

本文算法是基于图像的灰度值,针对那些灰度值小于阈值的点进行处理。已有其他文献提出的改进方法是从Sobel算子本身出发对其进行纵向改进和比较,如文献[13]在Sobel算子原有的 $0^\circ$ 和 $90^\circ$ 两个方向模板的基础上增加了 $45^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $225^\circ$ 、 $270^\circ$ 和 $315^\circ$ 的6个方向模板,如图8所示。文献[14]在原来Sobel算子边缘检测的基础上引入形态学闭操作,使得除水平和垂直方向外的其他方向的边缘也能被检测到。仿真实验中以图2所示 $480 \times 640$ 的4幅图像为例,比较Sobel算子及其改进算法的边缘检测结果如图9所示。为了显示直观、清晰,边缘检测结果均为反相显示。

其中Sobel算子的检测时间为0.22 s,文献[13]方法的检测时间为1.23 s,文献[14]方法的检测时间为0.47 s,本文方法的检测时间为0.13 s。由图9中的3组图对比图3可看出,四种方法均可保留条形码区域,但三种改进算法提取的边缘线数都多于Sobel算子提取的,且本文方法与文献[14]方法结果类似,文献[13]对于倾斜条形码的检测效果不是很理想。而且本文算法所用时间最短,适合实时应用。

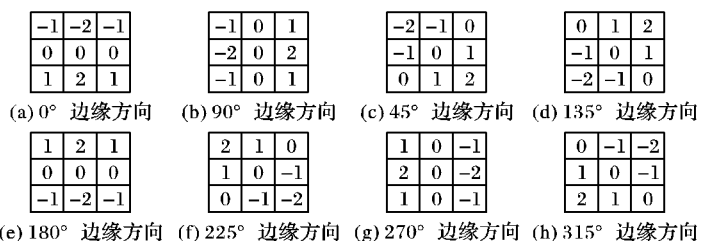


图8 文献[13]中的8个方向模板



图9 Sobel算子及其改进算法对常见商品条形码提取边缘线效果图

## 2.2 Hough 变换及其改进算法与本文直线拟合算法的比较

Hough 变换实现从图像空间到参数空间的映射关系,是目前应用广泛的检测直线的方法。它具有良好的抗噪性,能检测间断直线,具有很好的容错性和鲁棒性。其实质是将图像空间内具有一定关系的像元进行聚类,寻找能把这些像元用某一解析形式联系起来的参数空间累积对应点。虽然效果理想,但计算量大,存储空间大,计算时间长,不适于实时应用。为了改善 Hough 变换的性能,已有文献提出了许多改进算法,其中文献[15]简要介绍了几种 Hough 变换的改进方法,并提出了一种快速 Hough 变换检测直线的方法。而本文算法利用直线离散化的反思想,即通过已知的离散直线中小阶梯最下端的边缘点来拟合直线,并得直线倾斜角度。算法思想容易理解,运算简单,只需查找满足条件的边缘点,记录其位置,然后进行直线拟合。图 10 所示为标准 Hough 变换、文献[15]方法和本文方法对一幅标准条形码图像进行边缘线检测的结果。其中标准 Hough 变换检测时间为 0.45 s,文献[15]方法的检测时间为 0.32 s,本文方法的检测时间为 0.14 s。

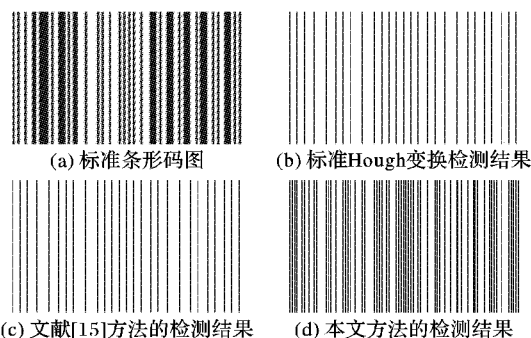


图10 标准 Hough 变换及其改进算法和本文方法检测边缘线

Hough 变换中要设定线段间的最小距离  $FillGap$  和直线最小长度  $MinLength$ ,若两线段间的距离小于  $FillGap$ ,则将此两线段融合为一个线段,且只保留长度大于  $MinLength$  的线段。因为条形码起始符、中间分隔符和结束符中条空间的宽度为 1 个单位宽度,受此限制,若将  $FillGap$  设为最小值 1, Hough

变换及其改进算法不能检测出相隔一个像素宽的边缘线,其边缘线数明显少于原始图,而本文方法不受此限制。由图 10 可知,对于标准条形码运用 3 种不同的方法所得结果,显然本文方法检测效果较好,且处理时间最短,只有 0.14 s。所以,本文方法具有较高的准确性和实时性。

## 3 结语

本文研究基于图像处理方式来定位条形码,提出了一种有效且快速的方法,为研究开发图像式条码阅读器打下良好基础。将本文算法与传统的 Sobel 边缘检测方法, Hough 变换检测直线的方法进行了算法效果和运行时间的比较,由仿真实验可看出本文算法的优越性。

图像式条形码阅读器是条形码产业发展的方向,研究具有中国自主知识产权的条形码阅读器,可推进我国条码产业的发展和应用。且与无线传感器网络结合可提供一种新的消费模式。下一步的研究工作是改进算法以使其能定位识读光照不均、模糊等不良条件下的商品条码图像,具有更好的鲁棒性和抗噪性。

## 参考文献:

- [1] 中国物品编码中心. GB 12904—2003 商品条码[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [2] 王唯一, 龚焕明. 激光条形码扫描器[J]. 应用激光, 1992, 12(2): 49-51.
- [3] 吴忻生, 秦瀚, 乔连芝. 基于无线传感器网络的商品销售自动化系统[J]. 自动化与仪表, 2009, 24(6): 26-29.
- [4] JAIN A K, CHEN Y. Bar code localization using texture analysis [C]// Proceedings of the Second IEEE International Conference on Document Analysis and Recognition. Washington, DC: IEEE Press, 1993: 41-44.
- [5] CHAI D, HOCK F. Locating and decoding EAN-13 barcodes from images captured by digital cameras [C]// ICICS2005: Fifth International Conference on Information, Communications and Signal Processing. Bangkok, Thailand: [s. n.], 2005: 1595-1599.

(下转第 1417 页)



数图像作为输入特征进行谱分类时,其分类效果明显优于用一个目标散射的极化相似性参数图像作为特征进行的谱分类,不仅误分率低,且细小的部分也被分类出来。从图2和图3可看出,与K均值算法相比,用本文所提出的方法进行极化SAR图像的分类具有更好的分类效果。从二维谱分类图可知,由于所选特征不同,使分类效果产生了一些差异。图2(a)海洋区出现误分,图2(b)建筑区误分较大,图2(c)植被区误分较大。

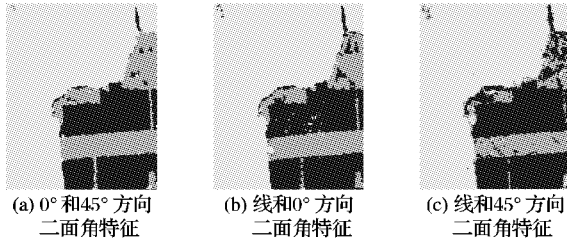


图2 谱分类结果



图3 K均值分类结果

### 3) 客观上分析。

为从理论上对算法性能做出评价,本文采用匀质误分率分别对图2(a)和图3(a)的分类结果进行了抽样判断,结果见表1。从表中可看出,用前者的分类方法进行分类,其结果明显好于后者。

匀质误分率:

$$R = \frac{\text{区域内不属于认定类的目标个数总和}}{\text{区域内全部目标个数总和}} \%$$

表1 对图2(a)和图3(a)分类误分率R的比较 %

分类方法	海洋	建筑区	植被
谱聚类	0.18	0.06	0.25
K均值	0.19	0.11	0.38

考虑到用本文所提出的算法,采用多个目标散射的极化相似性参数图像作为输入特征进行图像分类,算法的计算复杂度明显增加,但分类效果却未得到明显改善,故在此算法下,仅采用两目标散射的极化相似性参数图像做分类。

## 4 结语

本文基于极化SAR图像本身的物理特性,提出一个新的谱分类方法来实现图像的分类。实验结果表明,运用所提出的方法对极化SAR图像做谱聚类,其分类效果明显优于K均值算法,但是不能自动实现对特征矢量和 $\sigma$ 值的选取。鉴于用两目标散射的极化相似性参数图像作为输入特征进行分类时,其分类效果明显优于用一个目标散射的极化相似性参数图像作为输入特征进行图像分类,因此,今后可改进算法发展为用多个目标散射的极化相似性参数图像作为输入特征进行图像分类,从而更好地提取图像特征,实现图像最优分类。

### 参考文献:

- [1] SHI J, MALIK J. Normalized cuts and image segmentation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 25(6): 675-690.
- [2] NG A Y, JORDAN M I, WEISS Y. On spectral algorithms: Analysis and an algorithm [M]. Cambridge, MA: MIT Press, 2002: 849-856.
- [3] SARKAR S, SOUNDARARAJAN P. Supervised learning of large perceptual organization: Graph spectral partitioning and learning automata [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(5): 504-525.
- [4] FOWLER C, BELONGIE S, CHUNG F, et al. Spectral grouping using the Nystrom method [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 26(2): 214-255.
- [5] KERSAHN K, CUMMING I G, YEDLIN M J. Classification of polarimetric SAR data using spectral graph segmentation and partitioning [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2010, 48(1): 164-174.
- [6] ANFINSEN S N, JENSEN R, ELTOFT T. Spectral clustering of polarimetric SAR data with wishart-derived distance measures [EB/OL]. [2009-10-10]. [http://earth.esa.int/workshops/polar-sar2007/papers/140\\_anfin.pdf](http://earth.esa.int/workshops/polar-sar2007/papers/140_anfin.pdf).
- [7] 马秀丽, 焦李成. 基于分水岭-谱聚类的SAR图像分割[J]. 红外与毫米波学报, 2008, 27(6): 452-456.
- [8] YANG J, PENG Y N, LIN S M. Similarity between two scattering matrices [J]. Electronics Letters, 2001, 37(3): 193-194.
- [9] 林伟, 田铮. 极化SAR图像的聚类序列投影寻踪模型方法[J]. 电波科学学报, 2006, 21(5): 682-686.
- [10] 林伟, 田铮, 王瑞霞. 快速实现投影寻踪方法并分类极化SAR图像[J]. 西北工业大学学报, 2009, 27(2): 280-284.

(上接第1250页)

- [6] ALEXANDER T, DOUGLAS C. Locating 1-D bar codes in DCT-domain [C]// ICASSP2006: IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Washington, DC: IEEE Press, 2006: 14-19.
- [7] FENG XIAOJUN, GORMISH M J. Locating barcodes using JPEG 2000 compressed data [C]// Visual Communications and Image Processing 2005. [S.l.]: SPIE, 2005, 5960: 908-916.
- [8] 姚俊, 范永法, 潘树国. 基于模板匹配的有复杂背景的条码图像区域分割[J]. 河海大学常州分校学报, 2003, 17(4): 24-27, 67.
- [9] 王雅静, 窦震海. 基于图像式条码识读器的研究[J]. 电视技术, 2007, 31(1): 89-91.
- [10] (美) GONZALEZ R C, WOODS R E, EDDINS S L. 数字图像处理: Matlab版[M]. 阮秋琦, 译. 北京: 电子工业出版社, 2005.

- [11] OTSU N. A threshold selection method from gray-level histograms [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1): 62-66.
- [12] 章毓晋. 图像工程: 中册[M]. 2版. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [13] 吴海彬, 何祖恩, 李文锦. 基于改进Sobel算子的图像边缘检测及其嵌入式实现[J]. 机床与液压, 2009, 37(10): 133-136.
- [14] 袁春兰, 熊宗龙, 周雪花, 等. 基于Sobel算子的图像边缘检测研究[J]. 激光与红外, 2009, 39(1): 85-87.
- [15] 卢惠民, 郑志强. 一种新的用于检测直线的快速Hough变换[J]. 计算机应用, 2005, 25(10): 2379-2380.