

# 基于数字图像处理的棒线材计数方法

韩庆大<sup>1)</sup> 辛颖<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(东北大学设备诊断工程中心, 沈阳 110004) <sup>2)</sup>(东北林业大学, 哈尔滨 150040)

**摘要** 棒线材自动计数是一个一直没有得到很好解决的问题,为解决此问题,提出了一种基于距离变换技术的图像识别方案。该方法先利用 CCD 摄像机采集棒线材的端面图像;然后采用中值滤波法、二值化分割、腐蚀及膨胀运算实现棒线材图像的预处理;最后根据距离变换的思想,采用距离变换图中搜索种子点的方法实现棒线材的计数。通过对现场采集到的图像进行的试验结果表明,该方法不仅不受棒线材种类及端面形态影响,而且对端面不齐、捆扎散乱的棒线材也有较好识别效果,具有一定的推广和应用价值。

**关键词** 预处理 距离变换 种子点 倒角法

**中图分类号**: TP391.41 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2007)07-1276-04

## Counting Method for Wire Bars and Rods Based on Digital Image Processing

HAN Qing-da<sup>1)</sup>, XIN Ying<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(Engineering Centre of Equipment Diagnostic, Northeastern University, Shenyang 110004)

<sup>2)</sup>(Northeastern Forestry University, Harbin 150040)

**Abstract** The automatic counting of wire bars and rods is an unsolved problem. To solve this problem, an image recognition approach which is based on the distance transform technique is presented in this paper. The profile images of wire bars and rods are captured by CCD cameras. In the image preprocessing the binary transform, erosion, dilation and open are conducted. The method of searching the seed spots in the distance transformed image is put forward, by which the numbers of wire bars and rods can be counted. The technique is verified by experiment that image are acquired in the factories. The counting results are not affected by the varieties and the profile shapes of wire bars and rods. This methodology is suitable for the image of wire bars and rods that are disorder and the pack are not trimness, so it is worthy of popularizing and applying.

**Keywords** pro-processing, distance transform, seed spot, chamfering

## 1 引言

棒线材计数是长期困扰钢铁企业的一个难题。虽然图像处理技术在棒线材计数中应用已进行了一些研究,但由于剪切后的棒线材端面颜色不均、棒线材之间的界限比较模糊,以及剪切过程中引起的端头的弯曲及端面的参差不齐、面积大小不一、形状不规则等原因,使利用图像处理技术进行还有一定的

局限性。为了使棒线材图像计数系统的应用更适合于钢铁企业的生产现场,本文提出了一些算法,并在实际棒线材计数应用中取得了很好的识别效果。

## 2 棒线材图像的预处理

由于受棒线材图像在采集、传输及接收过程中的多种因素影响,棒线材图像中必然包含多种噪声,所以在从图像中提取各种特征之前,有必要除去噪

收稿日期:2006-04-24;改回日期:2006-06-13

第一作者简介:韩庆大(1950~),男,东北大学副教授。研究方向为测试技术、信号处理、设备诊断、图像处理等。E-mail: hqd 0704@sohu.com

声。由于中值滤波对图像中的脉冲噪声、扫描噪声有良好的抑制作用,而且能较好地保持图像边缘,所以本文采用中值滤波法对图像进行平滑,即首先确定一个奇数像元的窗口  $W$ ,窗口内各像素按灰度大小排队后,用其中间位置的灰度值代替窗口的中心像素值,其表示为

$$g(x,y) = \text{median}\{f(x-k,y-l), (k,l) \in W\}$$

其中,  $W$  为所选定模板窗口。

为了解决中值滤波处理对图像细节产生的影响,可采用加权的方法把窗口内各像素加权,某一像素加权值  $m$ ,即窗口像素灰度排队时,该像素重复  $m$  个。如 1 维  $1 \times 3$  窗口可使中间像素的权  $m = 3$ ,两边像素的权各为  $m = 2$ ,加权申值变为  $\text{median}\{x_{i-1}, x_{i-1}, x_i, x_i, x_i, x_{i+1}, x_{i+1}\}$ ,再按灰度值排序,这样就可以有效保护图像的细节(如图 1 所示)。

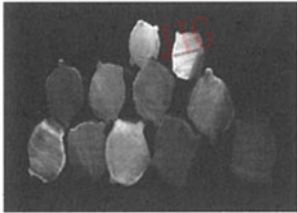


图 1 中值滤波

Fig. 1 The image of median filtering

经中值滤波后的图像再进行二值化处理,可将棒线材与背景分离。在二值化过程中,最为重要的就是阈值的选取问题。如果采用阈值迭代的方式,可以通过程序自动搜寻出比较合适的阈值。其选取方法是先用初始的开关函数把原图像的全部像素分成目标、背景两大类,然后分别对其进行积分,并将结果取平均,以获取一新的阈值,之后再次按此阈值控制开关将图像分成目标、背景,并用作新的开关函数。如此反复迭代下去,当开关函数不再发生变化,即迭代已经收敛于某个稳定的阈值时,此刻的阈值即作为最终的分割阈值,并用于图像的分割。其迭代式如下:

$$T_{i+1} = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sum_{k=0}^{T_i} N_k \cdot k}{\sum_{k=0}^{T_i} N_k} + \frac{\sum_{k=T_i+1}^{L-1} N_k \cdot k}{\sum_{k=T_i+1}^{L-1} N_k} \right]$$

其中,  $L$  为灰度级的个数,  $N_k$  是灰度值为  $k$  的像素点的个数<sup>[1]</sup>。二值化后的图像如图 2 所示。

二值化后的图像即将棒线材和背景分离,但由于图像中的背景与棒线材内部的干扰,使得棒线材



图 2 图像二值化

Fig. 2 The image of binary transform

图像和背景不能完全准确地用黑白两色表示。为了去除干扰,可采用腐蚀运算和膨胀运算实现。利用多次腐蚀运算,可将棒线材内部部分空洞和干扰背景去除,而再采用相应次数的膨胀运算,即可将去除空洞的棒线材恢复到原始大小,这就为下一步的识别做好准备,图像多次腐蚀结果和多次膨胀结果分别如图 3、图 4 所示。

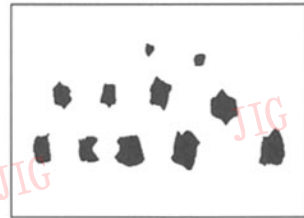


图 3 图像多次腐蚀结果

Fig. 3 The result of image several erosion procession

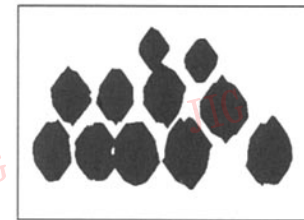


图 4 图像多次膨胀结果

Fig. 4 The result of image several delation procession

### 3 图像的距离变换

距离变换是用于计算代表物体的二值图像距离图的操作,其目的是计算点到物体(点集)的距离。通过距离变换即可得到一幅灰度图,该图中每个像素的灰度值代表它到物体的最短距离值。从理论上讲,要计算一个像素点到背景像素点的最短距离,则需要对图像进行全局操作,但计算量是相当大的。

本文采用 Chamfering 倒角法来进行计算,该方法只需对整幅图像进行两次扫描就可以实现距离变换。Chamfering 取自木工工艺中的一个术语,用以表示计算距离时,该类方法先后按相反两个方向的两遍扫描过程这一特点,且每一步计算只使用了一小块图像的邻域,其思路就是全局的距离由局部距离的传播来近似计算,该方法不仅方便快捷,而且其计算出的距离能合理逼近于真实的欧氏几何距离。

Chamfering 距离变换既可以用按序方法实现,也可以用并行方法计算。在邻域处理中,后续像素的处理数据与前面像素的处理结果有关的算法为按序算法。采用按序算法进行处理时,可将中间结果直接存入原始数据中,由于它的处理速度(收敛)快,因此本文采用按序算法进行变换。Chamfering 距离变换是用一个大小可变的掩码模表示,本文采用如图 5 所示的  $5 \times 5$  模板<sup>[2,3]</sup>,由于其计算误差为 1.79%<sup>[2]</sup>,且收敛速度较快,故适合于本实验要求。

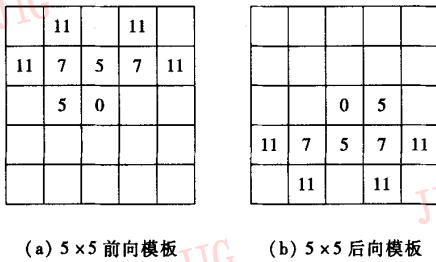


图 5 距离变换模板

Fig. 5 The template of chamfer distance transform

计算时,首先将图像上的特征点初始化为 0,非特征点初始化为无穷大;然后每个模板依次对图像遍历一次,即向前的扫描从左往右、由上向下进行;而向后的扫描则相反,先右后左、自下到上。这样经过相反方向的两遍遍历更新操作后,距离变换也就完成了。按序算法过程如下:

向前扫描:

```
for i = (e + 1) / 2, ..., M do
for j = (e + 1) / 2, ..., N do
 $v_{i,j}^{(m)} = \min_{(i,j) \in A_{\text{forwardmask}}} (v_{i+k,j+l} + c(k,l))$ 
```

向后扫描:

```
for i = M - (e - 1) / 2, ..., 1 do
for j = N - (e - 1) / 2, ..., 1 do
 $v_{i,j}^{(m)} = \min_{(i,j) \in A_{\text{backwardmask}}} (v_{i+k,j+l} + c(k,l))$ 
```

其中,  $v_{i,j}^{(m)}$  为图像上像素  $(i, j)$  的第  $m$  次迭代的值,

$(k, l)$  为模板相对其中心  $(0, 0)$  的位置坐标,  $c(k, l)$  为模板在  $(k, l)$  处的局部距离值,  $e$  为模板的边长,  $M$  为图像总行 (rows) 数,  $N$  为图像总列 (columns) 数。

棒线材端部图像的距离变换图像如图 6 所示。

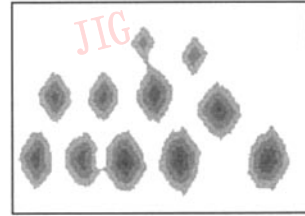


图 6 棒线材距离变换图

Fig. 6 The image of distance transform of steel bars

### 4 搜索种子点

距离变换的结果即可得到一幅灰阶图像,该图像上每个像素的灰度值是该像素到最近的背景像素的距离。如果把此图像的灰度看作高度,那么就可得到一幅立体的地形图。其中区域核心部分的高度最高,这些核心区域对应灰度的极大值区域,而区域内部所有的像素都取相同值,同时它们都大于与它们邻接的区域外像素,并规定种子点是其中最底下一行的左端点。由于扫描是按行进行处理的,因此首先需要搜索行内的局部极大值线段,然后由各行的极大值线段集合来构成极大值区域,即可实现种子点的搜索。

由于图形区域形状比较复杂,或是存在孔,或是与其他区域有粘连等原因,且有些区域的种子点可能不止一个,而是几个,因此,若是单纯以种子点数来统计区域数目时,则种子点搜索完毕还需要进行区别,以排除同一区域中多余的种子点。这可通过对它们两两进行检查来排除,看它们之间的距离是否大于两者中距离值较大的那一个,如小于这个值就只留下其中距离较大的(如图 7 所示),图 7 中 A,

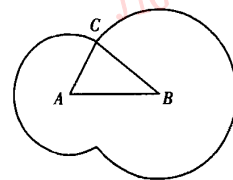


图 7 重复种子点的判别

Fig. 7 Distinguish of repeat seed spots

$B$  表示同一区域中两个不相邻接的种子点,  $C$  为边界上的一点。设  $AC, BC$  分别等于  $A, B$  两种子点的距离值, 则可用它们之间的距离来判断它们是否属于同一区域。条件如下:

$E = \min(AC, BC) + 1$   
 if  $AB < E$  then  $T = \text{true}$   
 else  $T = \text{false}$

其中, 若  $T$  等于 true, 则两个种子点属于同一区域, 否则属不同区域(如图 7 所示)。

搜索种子点的步骤如图 8 所示。

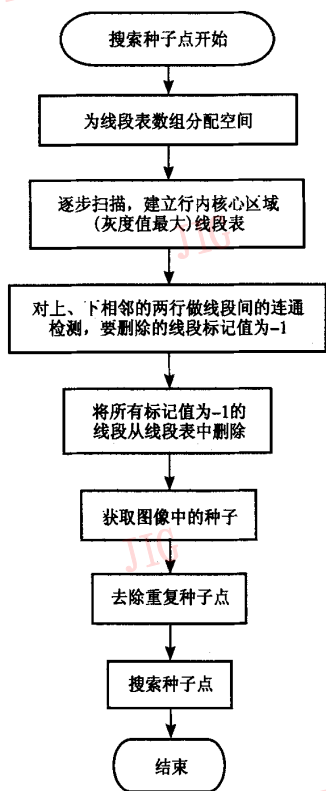


图 8 搜索种子点流程图

Fig. 8 The flow chart of searching the seed spots

在搜索过程中, 关键是搜索上、下相邻两行的连通检测, 其过程如下:

(1) 若上、下相邻两行相连通, 则按以下情况处理:

当前线段的距离值小于上面线段时, 则为当前线段设置删除标记 -1;

当前线段与上面线段距离值相同时, 则将上面线段的标记传给当前线段, 并将上面行线段设置删除标记 -1;

当前线段的距离值大于上面线段时, 则将当前线段赋予新的标记, 而将上面线段设置删除标记 -1;

(2) 若上面线段与当前行中的所有线段都不连通, 则测定与其相邻的下方像素的距离值, 若其中有大于它的, 则此线段也设置删除标记 -1。

(3) 若当前线段与上一行中的所有线段都不连通, 则赋予此线段新的标记。

种子点对应于相应的棒线材根数, 然后通过距离变换图中搜索种子点, 即可实现对棒线材的计数。

## 5 结 论

本文方法通过对棒线材图像的预处理、距离变换和搜索种子点来实现对棒线材的计数, 实践表明, 该方法不仅搜索速度快、不依赖于棒线材半径的大小, 而且对端面参差不齐、面积大小不一、摆放倾斜角度较大、形状不规则的棒线材也有良好的识别效果, 适用于钢铁企业的现场计数。

### 参考文献 (References)

- Lang Rui. Technique of Digital Image Processing Realized by Visual C++ [M]. Beijing: Beijing Hope Electronic Press, 2003: 279 ~ 285, 306 ~ 370. [郎锐. 数字图像处理学——Visual C++ 实现 [M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2003: 279 ~ 285, 306 ~ 370.]
- Liu Sheng-hao, Zeng Li-bo, LIU Bing, et al. Separating algorithm for overlapping granule images [J]. Computer Engineering, 2002, 28(2): 198 ~ 210. [刘生浩, 曾立波, 刘斌等. 重叠颗粒图象的分割 [J]. 计算机工程, 2002, 28(2): 198 ~ 210.]
- Zhou Ying-li, Zeng Li-bo, Liu Jun-tang, et al. A method for automatic colony counting based on image processing and its realization [J]. Journal of Data Acquisition & Processing, 2003, 18(4): 460 ~ 464. [周莹莉, 曾立波, 刘均堂等. 基于图象处理的菌落自动计数方法及其实现 [J]. 数据采集与处理, 2003, 18(4): 460 ~ 464.]
- Cunilla, Borgefors. Distance transformations in digital images [J]. Computer. Vision, Graphics and Image. Processing, 1986, 34(2): 344 ~ 371.