

基于低对比度和小区域模型的快速二值化方法

宗德祥,何永辉,王康健,石桂芬  
(宝钢研究院 设备所,上海 201900)

**摘要:** 针对在带钢检测过程中出现的低对比度和小区域特征的缺陷,设计了一种快速高效的图像二值化方法。同 OTSU 算法和灰度平均值算法比较,该图像二值化方法在具有小区域缺陷特征图像处理方面有一定的优势。该方法对图像进行二值化处理,速度快、精度高,适用于对速度要求较高的图像处理场合。  
**关键词:** 二值化; 阈值; 机器视觉  
**中图分类号:** TP391.41 **文献标识码:** B **文章编号:** 1008-0716(2007)01-0066-03

Fast Binary Conversion Method for Low-contrast and Small-area Models  
Zong Dexiang, He Yonghui, Wang Kangjun, Shi Guifen  
(Equipment Div., Baosteel Research Institute, Shanghai 201900, China)

**Abstract** A fast and efficient binary conversion method has been designed to overcome low-contrast and small area defects in the strip detecting process. Compared with the Mean Gray Level and OTSU algorithm, the binary conversion method has advantages of processing small-area defect images. As the image binarization can be done quickly and with high accuracy, this method is suitable for places where images are processed at a high speed.  
**Keywords** binary threshold machine vision

0 前言

图像二值化技术广泛应用在图像分割等领域,对图像分析、模式识别等具有重要意义<sup>[1]</sup>。目前,随着图像处理技术的发展,在工业现场,机器视觉技术得到广泛的应用。在应用过程中,由于图像的数据量非常大,为了得到一幅效果较好的数字化图像,一般情况下需花较长的时间来进行处理,往往导致视觉系统在速度方面无法满足实时性的要求。

为了提高图像处理的速度,工业上一般采用处理过程相对较简单的二值化图像,并在此基础上作图像分割。因此,如何合理选取二值化阈值,使之同时满足速度和精度的要求,成为一个关键性的问题。

孔洞检测是带钢质量控制的一个关键环节,能否在生产过程中及时发现孔洞等重大缺陷,将会直接影响钢厂的经济效益。一般孔洞检测流程为:带钢灰度图像→图像预处理→图像二值化→缺陷分割→孔洞检测识别。

由孔洞检测流程可以看出,图像二值化效果将会直接影响整个系统的执行效率。本文基于带钢表面孔洞检测项目的现场实施经验,提出一种简单高效的图像二值化方法,为图像的在线实时处理打好了基础。

1 图像的二值化方法

1.1 OTSU 算法

OTSU 是经典的非参数、无监督自适应阈值方法,是一种直方图技术<sup>[2]</sup>。理想情况下,在直方图上代表物体和背景的两个峰之间有一个明显的谷,谷底就是最优阈值。但在一些实际图像中谷很平很宽,并且受噪声干扰严重;或是两个峰的高度相差较大。这时寻找最佳阈值很困难,OTSU 法就是针对这种情况提出的。它不需要其它的先验知识,因而应用范围很广,至今仍是最常用的二值化方法之一。OTSU 方法通过利用直方图的零阶、一阶累积矩 (cumulative moment) 来最大化判别函数,选择最佳阈值。

设给定图像具有  $L(1, 2, \dots, L)$  级灰度,阈值设为  $T$ ,把灰度大于或等于  $T$  和小于  $T$  的像素分为两类,即类 A 和类 B。类 A 中的像素总数为  $N_A$ 。

宗德祥 助理研究员 1980年生 2005年毕业于哈尔滨工业大学 现从事诊断测试专业 电话 26647690

( $k$ ), 平均灰度值为  $\mu_A(k)$ , 方差为  $\sigma_A(k)$ 。类 B 中的像素总数为  $N_B(k)$ , 平均灰度值为  $\mu_B(k)$ , 方差为  $\sigma_B(k)$ 。所有图像像素平均值为  $\bar{\mu}$ , 则类间方差  $\sigma_{AB}$  和类内方差  $\sigma_{AA}$  ( $\sigma_{BB} = \sigma_{AA}$ ) 可由式 (1) 和式 (2) 得到:

$$\sigma_{AB}^2 = \sum_{i=A}^B N_i (\mu_i - \bar{\mu})^2 \quad (1)$$

$$\sigma_{AA}^2 = \sum_{i=A}^B N_i \sigma_i^2 \quad (2)$$

令  $C = \frac{\sigma_{AB}^2}{\sigma_{AA}^2}$ , 求使  $C$  值最大时的  $k$ , 此时  $k$  即为 OTSU 算法定义的最佳阈值  $T$ 。

## 1.2 全局灰度平均值法

全局灰度平均值法, 就是最易考虑到的获取阈值的方法, 由固定阈值法发展而来。设  $f(x, y)$  表示图像,  $N(k)$  表示图像灰度级为  $k$  的像素个数,  $N$  表示总的像素个数, 则图像的全局灰度平均值, 如式 (3) 所示。

$$\bar{\mu} = \frac{\sum_{k=1}^{255} k \cdot N(k)}{N} \quad (3)$$

$T = \bar{\mu}$ , 即为所求图像二值化阈值。

## 2 改进的二值化算法

### 2.1 算法应用环境

在带钢孔洞检测过程中发现, 当带钢处于高速运动, 且带钢上孔洞缺陷非常小的情况下 (本系统应用中, 带钢运行速度高达 1 200 m/min 以上, 同时系统要求检出的最小缺陷面积范围在  $15 \text{ mm}^2$  左右), CCD 所采集到的图像往往是在缺陷周围带有强光晕的, 几乎湮没缺陷图像, 在图像中, 缺陷模糊到几乎和背景相溶。同时, 由于从生产线上采集的图像存在各种各样的噪声干扰, 例如光照不均匀、畸变、灰尘、金属表面反光以及系统自身的噪音<sup>[3]</sup>, 以致采集的图像往往对比度比较低, 如图 1 所示。

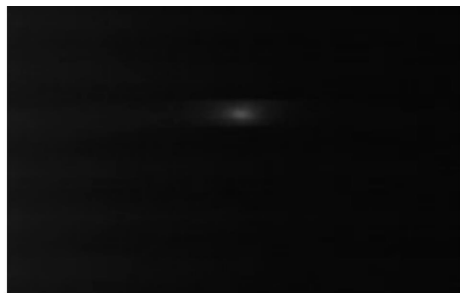


图 1 缺陷图片

Fig 1 A photo of defects

由图 2 可见, 由于图像缺陷的面积很小, 因而直方图不呈现双峰形式, 不能通过普通 OTSU 算法得到良好的阈值。同时, 由于背景和缺陷本身没有明显的距离特征, 全局灰度平均值法失效了。针对现有的二值化方法的不足, 提出了针对低对比度和小区域缺陷特点的二值化算法。



图 2 直方图

Fig 2 A histogram

### 2.2 算法原理

首先, 在可疑区域内, 通过直方图统计的方法获得初始阈值  $\bar{\mu}$ , 并由  $\bar{\mu}$  将区域内图像像素分为 A (白色), B (黑色) 两个区域, 计算 A, B 两个区域内像素灰度均值  $\bar{\mu}_1, \bar{\mu}_2$ 。然后计算区域内所有像素点分别到  $\bar{\mu}_1, \bar{\mu}_2$  的欧氏距离  $d_1, d_2$ , 如式 (4) 所示。区域内像素满足式 (5) 所示的条件后, 分别被置为 0 和 255, 从而实现了针对低对比度和小区域缺陷特点的二值化算法。

$$d_i = |f(x, y) - \bar{\mu}_i| \quad i = 1, 2 \quad (4)$$

$$f(x, y) = \begin{cases} 255 & d_1 < d_2 \\ 0 & d_1 > d_2 \end{cases} \quad (5)$$

算法流程如图 3 所示。采用该二值化算法, 可有效消除由光晕等造成的孔洞缺陷模糊的现象, 准确找到孔洞位置。

## 3 实验结果与分析

为了探究该二值化方法的应用效果, 本文利用 Visual C++ . net 软件, 对各种算法进行了深入的实验, 在相同的实验条件下进行比较与分析, 得出了一组实验数据 (如表 1)。实验原始图片如图 1 所示, 大小为  $59 \text{ mm} \times 38 \text{ mm}$ 。实验结果如图 4、5 所示, 图 4 为 OTSU 算法和灰度平均值法处理结果, 图 5 为本文方法处理结果。从实验可以看出, 传统的方法抗噪声能力强, 适合于灰度分布较均匀的场合, 但是对于细节较多的处理则不适合, 时间消耗长。改进的算法在细节保留方面有更好的效果, 同时花费的时间更少; 缺点是抗噪能力比较弱, 在二值化过程中, 将区域边缘像素加入到了

运算中,可能会导致缺陷面积扩大(图 5)。

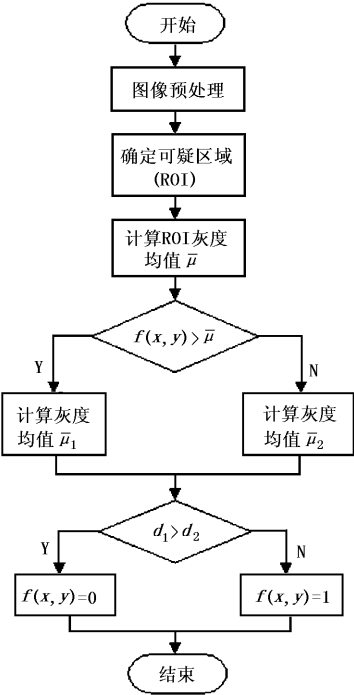


图 3 算法流程图

Fig 3 Flow chart of algorithm

表 1 各种算法测试结果比较

Table 1 Comparison between various algorithm test results

测试项目	OTSU 算法	灰度平均值法	本文方法
小区域、低对比度缺陷	弱	弱	强
抗噪能力	较强	强	较弱
消耗时间 /s	0.034	0.020	0.010

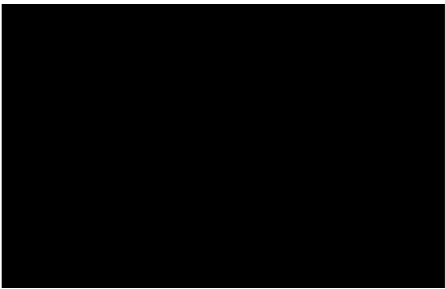


图 4 改进前方法检测结果

Fig 4 Detecting result of unmodified algorithm

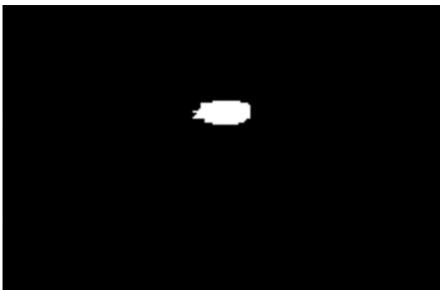


图 5 本文方法二值化结果

Fig 5 Detecting result of modified binarization

4 结论

图像二值化的目标是要在尽可能多地保留原图像特征的前提下舍弃冗余信息。根据不同的图像与处理标准,合理地选择二值化算法是至关重要的。本文方法针对的是图像在取像时为不均匀光场所照射,对比度较低、图像缺陷和背景灰度级接近的特殊情况,可以取得良好的二值化效果。同时,本方法比传统方法处理图像速度更快。在后续研究中将对该算法做进一步改进,拓展其应用范围。

参 考 文 献

[ 1 ] Levine M D, Nazif A M. Dynamic Measurement of Computer Generated Image Segmentation [ J]. IEEE Trans on Pattern Recognition Analysis and Machine Intelligence, 1985 ( 7): 155-164

[ 2 ] 吴谨,李娟,刘成云,等. 基于最大熵的灰度阈值选取方法 [ J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2004 27( 1): 58-60

[ 3 ] 陈黎,黄心汉,王敏,等. 带钢缺陷图像的自动阈值分割研究 [ J]. 计算机工程与应用, 2002 ( 7): 244-246

(收稿日期: 2006- 06- 06)

欢迎投稿      欢迎订阅      欢迎刊登广告