

文章编号: 1005-2615(2001)06-0565-04

复杂背景下磨粒显微图像分割

高孝清 左洪福 陈果 吴振锋

(南京航空航天大学民航学院 南京, 210016)

摘要 针对DMAS系统中复杂背景下磨粒图像的自动分割问题, 根据磨粒图像的相关特征, 充分利用领域知识, 基于图像分割和边界跟踪的思想, 选取了适合磨粒图像分割的最大类间方差阈值法, 并结合腐蚀、膨胀等图像处理技术, 实现了复杂背景下磨粒图像的有效分割和目标提取。最后算例表明了本方法的简洁有效性。本文研究将对进一步展开磨粒识别和机械设备故障诊断研究工作提供前提和依据。

关键词: 故障诊断; 磨粒; 图像分割; 边界跟踪; 目标提取

中图分类号: TP391.4; V233.4; V263.6

文献标识码: A

引言

在基于油液磨粒识别的故障诊断过程中, 将采集到的油样制成磨粒谱片后放在显微镜下观察, 通过图像采集卡和彩色摄象头将采集到的图像送入计算机进行预处理, 然后对其进行特征提取和分析。在预处理过程中, 阈值分割是关键。它利用图像中要提取的目标物与其背景在灰度特性上的差异, 把图像视为具有不同灰度级的两类区域的组合, 选取一个最佳阈值, 以确定图形中每一个像素点应该属于目标还是背景区域, 从而产生相应的二值图像, 大大简化了其后的分析和处理步骤。在磨粒图像中(见图1), 其直方图(灰度级为0~255)通常没有明显的双峰特性(见图2), 因此运用传统的直方图双峰法来确定最佳阈值的方法^[1]很难将目标与背景分离开来。本文在分析比较各种方法的基础上, 选取了文[2, 3]中Otsu提出的最大类间方差法。该方法将直方图在某一阈值处分割成目标和背景两类, 当被分成的两类类间方差最大时的阈值即为该图像分割的最佳阈值, 从而简洁有效地一次性将目标和背景分割开来。该算法较为简单, 而且不管图像的直方图有无明显的双峰, 均能得到满意的结果。

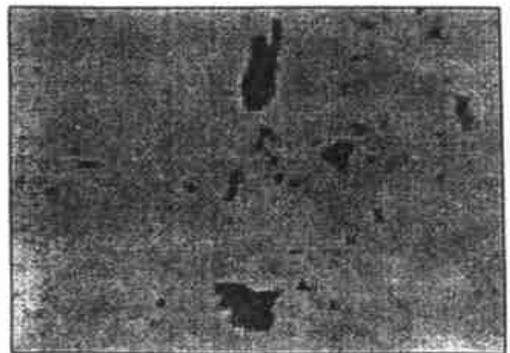


图1 原图

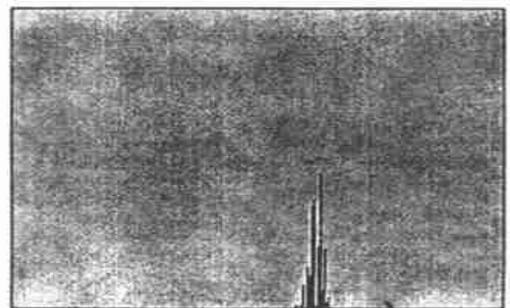


图2 灰度直方图

1 最大类间方差阈值分割

Otsu提出的最大类间方差法, 是在判决分析

收稿日期: 2001-02-19; 修订日期: 2001-04-23

作者简介: 高孝清, 男, 硕士研究生, 1971年4月生; 左洪福, 男, 教授, 博士生导师, 1959年9月生; 陈果, 男, 博士后, 1972年11月生; 吴振锋, 男, 博士研究生, 1975年7月生。

最小二乘法原理的基础上推导得出的,该算法较为简单,是一种倍受关注的阈值分割法。设图像灰度级分布为 $0 \sim L$, 图像直方图为 $p(i) (i=0 \sim L)$, 表示灰度级为 i 的像素在整幅图中的比例。

设图像由暗目标和亮背景组成。按灰度级用阈值 t 将图像划分为两类: $C_0(0 \sim t)$ 和 $C_1(t+1 \sim L)$ 。因此, C_0 和 C_1 类的出现概率及均值分别为

$$w_0 = P(C_0) = \sum_{i=0}^t p_i = w(t)$$

$$u_0 = \frac{\sum_{i=0}^t ip_i}{w_0} = \frac{u(t)}{w(t)} \quad (1)$$

$$w_1 = P(C_1) = \sum_{i=t+1}^L p_i = 1 - w(t)$$

$$u_1 = \frac{\sum_{i=t+1}^L ip_i}{w_1} = \frac{u_T - u(t)}{1 - w(t)} \quad (2)$$

式中: $u(t) = \sum_{i=0}^t ip_i$; $u_T = u(L) = \sum_{i=0}^L ip_i$; $u_T = w_0 u_0 + w_1 u_1$ 。

定义 C_0 和 C_1 类间方差为

$$\sigma_b^2(t) = w_0(u_0 - u_T)^2 + w_1(u_1 - u_T)^2 = w_0 w_1 (u_1 - u_0)^2 \quad (3)$$

$\sigma_b^2(t)$ 称为阈值选择函数。从 0 到 L 之间改变 t 值, 求上式为最大值时的 t 值, 即求 $\max \sigma_b^2$ 时的 t^* 值。然后用 t^* 值作为分割阈值来分割图像, 灰度值小于 t^* 的象素点即认为是目标点, 标记为 0, 灰度值大于 t^* 的象素点即认为是背景点, 标记为 255, 分割结果参见图 3。图 4, 5 分别为 Laplace 算子边界检测和 Sobel 算子边界检测的结果。与图 3 相比, 不难看出, 用边界检测算子对图像进行分割会造成目标形状不完整, 同时目标边界也不连续, 出现了许多断点, 因此对后续的目标提取工作极为不利。相比之下, 本文选取的基于最大类间方差的阈值分割法效果明显要好, 充分保证了目标形状和边界的完整性。



图 3 最大类间方差阈值分割结果



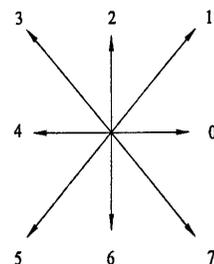
图 4 Laplace 算子边界检测



图 5 Sobel 算子边界检测

2 磨粒目标提取

为了将磨粒目标从背景中提取出来, 首先需要将磨粒边界进行跟踪和描述。在数字图像中, 边界或曲线是由一系列离散的象素点组成的, 其最简单的表示方法是由美国学者 Freeman 提出的链码表示法。链码实质上是一串指向符的序列。如图 6(a) 所示, 对任意一个象素点, 以其为中心向外辐射共有八个方向, 按逆时针方向分别用 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 来表示。链码表示就是从某一起点开始沿曲线观察每一线段的走向并用相应的指向符来表示, 结果形成一个序列。因此可以用链码来描述任意曲线或闭合的边界。如图 6(b), 选取象素 S 作为起始点, 形成的链码为 012210075676。



(a)

参 考 文 献

- 1 夏良正主编 数字图像处理[M] 南京: 东南大学出版社, 1999 222~ 223
- 2 Otsu N. A threshold selection method from gray-level histogram [J]. IEEE Trans, 1979, SMC-15: 652~ 655
- 3 付忠良 图像阈值选取方法的构造[J]. 中国图像图形学报, 2000, 5(6): 466~ 469
- 4 郑晋梅, 贾中宁. 基于边界追踪从胸部 X 线图像中抽取肺区的算法[J]. 山西电子技术, 1999, (4): 143~ 148
- 5 王 昕, 曲 波, 王厚枢. 一种不规则封闭形状的轮廓跟踪算法[J]. 南京航空航天大学学报, 1996, 28(4): 356~ 361

Debris Image Segmentation under Complicated Background

Gao Xiaqing Zuo Hongfu Chen Guo Wu Zhenfeng

College of Civil Aviation,

Nanjing University of Aeronautics & Astronautics Nanjing 210016, P. R. China

Abstract Aiming at the automatic segmentation problem of debris image under complicated background in DMAS, and according to the relative characteristics of debris image, and based on image segmentation and boundary tracking thinking, the Otsu method based on the maximum variance between two classes of pixels is selected to realize the segmentation of debris image by full use of the field knowledge. At the same time, the boundary tracking, erosion, and dilation techniques are combined with the Otsu method. The effective segmentation of debris image and the automatic extraction of debris objects are realized. At last, examples show that this method is able to extract effectively and automatically all the objects in debris images under complicated background. An important basis for the further study of debris recognition and machine fault diagnosis is provided.

Key words: fault diagnosis; debris; image segmentation; boundary tracking; object extraction