

# 焦炭显微图像的轮廓提取新方法研究

缪家龙,王培珍,孙文龙,余坚毅

(安徽工业大学 电气信息学院,安徽 马鞍山 243002)

**摘要:**区域轮廓的提取是对焦炭显微图像中不同光学组分进行分类与识别的关键。由于焦炭的光学组分在不同偏光下呈现的多样性以及该图像本身的复杂性,现有的方法提取轮廓边缘存在较大的困难。文中采用一种边界加权的改进均值偏移算法对焦炭显微图像中不同组分进行聚类,准确聚类时较好地保留边缘信息;然后再采用双阈值法和多边形近似得到图像的连续轮廓。实验表明,该方法抗噪性强,能够有效地提取不同组分的轮廓。利用轮廓的特征信息为焦炭显微图像某些类别的分类提供了基础。

**关键词:**焦炭光学组织;边界加权;均值偏移;双阈值法

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)11-0120-04

## A Novel Contour Extraction Method for Coke Microscopic Image

MIAO Jia-long, WANG Pei-zhen, SUN Wen-long, YU Jian-yi

(School of Electrical Information, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243002, China)

**Abstract:** The extraction of regional boundary of coke microscopic image is the key to classify and recognize different optical components. Because the optical components in different coke polarized showed diversity, and the complexity of the image itself, the existing methods extraction boundary meets great difficulties. In this paper, use one method based on boundary weighted meanshift clustering, it better keeps edge information. Then, adopt estimate threshold and polygonal approximation to get the continuous boundary of the image. And experiments have shown that this method can denoise with high efficiency, and can extract the boundaries of different compounds of image accurately. Make it possible to classify certain categories of coke microscopic image using the contour feature information.

**Key words:** coke optical organization; boundary weighted; meanshift; estimate threshold

## 0 引言

焦炭的光学组织与焦炭的性能有直接的联系,能够影响焦炭的反应性、还原性<sup>[1,2]</sup>。焦炭显微图像由于成像和环境等因素,焦炭各类光学组织的边缘较为模糊,有的边缘不连续,与周围介质相互交杂在一起,具有不规则性。焦炭光学组织图像的这些特性给焦炭光学组织的轮廓提取带来了很大的难度<sup>[3-5]</sup>。

轮廓提取目前常用的方法有 Canny 边缘检测法<sup>[6]</sup>、数学形态学轮廓提取法等。Canny 边缘检测方法会提取过多的不必要的边缘,且阈值的选取直接影响着所提取的轮廓质量。形态学轮廓提取法适用于当对象和背景的灰度值存在较为明显的差异时,可以将连续闭合的区域进行填充提取,而焦炭图像某些类别的边缘由于与周围介质镶嵌,且不清晰,无法清晰界定

完整的焦炭轮廓。

文中针对焦炭显微图像各类光学组织的轮廓的特点,首先利用改进均值偏移算法对焦炭的同类别组织进行聚类平滑,在聚类平滑的同时对边界进行加权,增加边缘像素的权值,以检测出微弱边缘。对于聚类后的图像先膨胀后腐蚀,以填充边缘上存在的小的缝隙,去除小的空洞、杂质,再通过双阈值法提取出物体的轮廓。最后利用多边形近似提取出焦炭显微图像的近似连续轮廓。并通过计算该轮廓的面积和周长,将面积和周长小于某一阈值的区域去除,得到最终的轮廓。

## 1 边界加权均值偏移聚类算法

### 1.1 均值偏移原理

均值偏移算法本质上是一个自适应的梯度上升搜索峰值的方法,均值偏移算法的基本形式为给定  $d$  维空间  $R^d$  中的  $n$  个样本点  $x_i, i=1, \dots, n$ , 在  $x$  点的均值偏移向量的基本形式为:

$$M_h(x) = \frac{1}{k} \sum_{x_i \in s_h} (x_i - x) \quad (1)$$

其中,  $s_h$  是一个半径为  $h$  的高维球区域,是指满足

收稿日期:2011-04-28;修回日期:2011-08-05

基金项目:国家自然科学基金项目(50874001)

作者简介:缪家龙(1987-),男,硕士研究生,研究方向为数字图像处理、信息处理;王培珍,教授,博士,主要研究方向为图像处理与分析。

以下关系的点的集合,

$$S_h(x) = \{y: (y-x)^T(y-x) \leq h^2\} \quad (2)$$

$k$  表示  $n$  个样本点  $x_i$  中, 有  $k$  个样本点落入到球形区域里。  $x$  为选定的初始点,  $(x_i - x)$  为第  $i$  个样本点相对于初始点  $x$  的偏移向量, 因此(1)式即为平均偏移向量。其基本过程如图 1 所示。外圆即为  $s_h$  所表示的范围, 空心圆圈即为  $s_h$  内的离散样本点, 黑点为均值偏移初始点。由图可以看出, 均值偏移向量会指向样本分布最多的区域。如果将样本点看成从一个概率密度函数中采样得到, 而概率密度梯度代表着概率密度增加最大的方向, 因此, 服从一定概率密度分布的样本点集合的均值偏移向量  $M_h(x)$  的方向指向概率密度梯度的方向<sup>[7-10]</sup>。

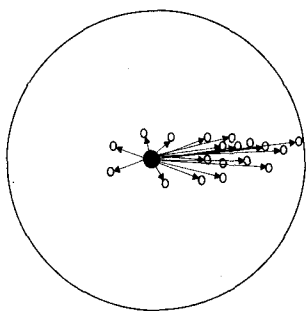


图 1 均值偏移算法过程图

## 1.2 边界加权

根据图像边缘的特点, 边缘与非边缘部分的像素灰度差比较明显。因此在上述计算偏移的过程中, 设定一个条件, 即判断出是否满足边缘点的条件, 如果满足, 则增加该点的权值比重。灰度图像用  $f(i, j)$  表示当前像素灰度值,  $f(i-k, j)$ ,  $f(i+k, j)$ ,  $f(i+2k, j)$  为该像素点垂直方向相距  $k$  个点的像素, 则  $f(i-k, j)$ ,  $f(i, j)$ ,  $f(i+k, j)$  三个像素点的梯度分别为:

$$g_1 = f(i, j) - f(i-k, j) \quad (3)$$

$$g_2 = f(i+k, j) - f(i, j) \quad (4)$$

$$g_3 = f(i+2k, j) - f(i+k, j) \quad (5)$$

若  $d_x(i, j) = |g_2 - g_1| \cap |g_3 - g_2| > 0$ , 表示该点满足水平方向的边缘点的条件, 同理有  $d_y(i, j) = |g'_2 - g'_1| \cap |g'_3 - g'_2| > 0$ , 表示该点满足垂直方向上的边缘点条件。实际上仅要求  $d_x(i, j) > 0$  或  $d_y(i, j) > 0$  是不够的, 由于识别对象的表面是不光滑的, 因此在不光滑处表现为灰度的不连续, 从而在这些点有可能使  $d_x(i, j) > 0$  或  $d_y(i, j) > 0$  成立, 因而选择一个阈值  $p$ , 当  $d_x(i, j) > p$  或  $d_y(i, j) > p$  时, 满足边界像素的条件。  $p$  同时可以起到滤波的作用, 即  $p$  的值越大, 识别的不光滑的边界点就减少。

设定一个判决边界函数如下:

$$\psi = \beta d_x + (1 - \beta) d_y \quad (6)$$

其中,  $0 < \beta < 1$ ,  $\beta$  控制检测的边缘的类型, 判

边界函数值越大, 说明该像素越接近图像边缘, 把该边缘像素点转换成特征空间的采用点, 这些采样点对均值偏移算法的搜索聚类中心点的贡献最小, 因此越接近边缘的采样点, 权值越小<sup>[11]</sup>。均值偏移算法对采样点加权的权值函数为:

$$w = 1 - \psi \quad (7)$$

## 1.3 均值偏移聚类算法

焦炭图像具有模糊性和不均匀性, 本方法综合考虑图像的空间信息和彩色信息, 构建一个多维向量  $x = (x^s, x^c)$ , 其中  $x^s$  表示空间位置信息,  $x^c$  表示色彩信息。将每个像素转化成特征空间的 5 维特征点  $(x, y, L, u, v)$ 。  $x, y$  为特征点的空间信息。  $L$  分量表示图像的亮度信息,  $u$  分量和  $v$  分量表示特征点的色度信息。由于位置空间和色彩空间互相独立, 所以总的核函数为两个空间的核函数之连乘积形式。

$$K_{s,v}(x) = \frac{c}{\beta_s^2 \beta_v^2} \prod_{i=1}^2 K_E^p(\| \frac{x_i}{\beta_s} \|^2) \prod_{i=3}^5 K_E^p(\| \frac{x_i}{\beta_v} \|^2) \quad (8)$$

式中:  $x_i (i = 1, 2)$  为特征点的位置空间部分,  $x_i (i = 3, 4, 5)$  为特征点的色彩空间部分。  $K_E^p(x)$  为所选用的核函数。  $\beta_s$  和  $\beta_v$  分别为两个特征空间所选用的核函数的窗宽。控制着平滑度。  $P$  为一个可调参数。  $C$  是相应的归一化常数。分别用  $x_i$  和  $z_i, i = 1, \dots, n$  表示原始和平滑后的图像。

效果如图 2 所示。

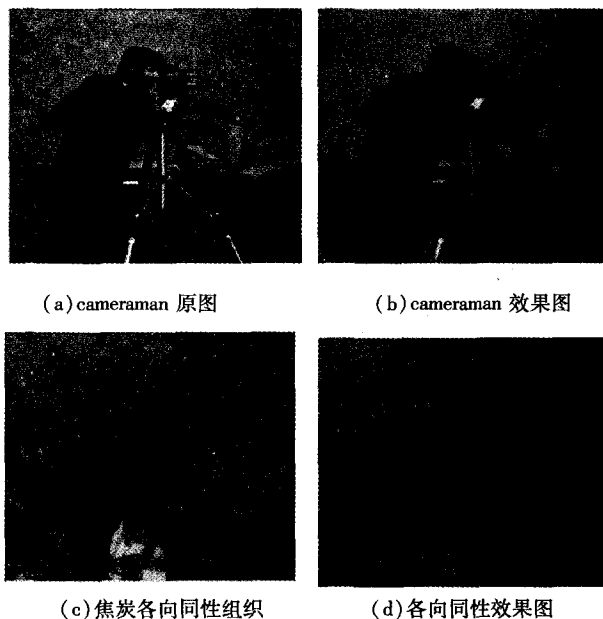


图 2 聚类原图和效果图

对图 2(a)、(c) 原图, 取均值偏移平滑空间窗半径  $\beta_s = 8$ , 色彩窗半径  $\beta_v = 15$ , 得到图 2(b)、(d)。由图可以看到, 通过调整参数, 将 cameraman 草地上的纹理很好地平滑掉了, 而图像中的边缘很好地保留着, 焦炭各向同性组织经过处理后, 组织的轮廓很好地保留, 而杂质和背景被很好地平滑了。

## 2 双阈值法检测边缘

减少假边缘的数量的典型方法是对梯度图像使用一个阈值,将新图像的梯度低于阈值的所有值赋零。处理后的图像阵列中仍然有假边缘存在,原因是阈值选的太低或者是由于阴影的存在,使得边缘对比度减弱,或者是阈值选的太高而丢失关键的轮廓点。选择合适的阈值是困难的,一种有效的方法是选用两个阈值<sup>[12]</sup>,即高阈值和低阈值,由高阈值得到图像 A,由低阈值得到图像 B。图像 A 中含有很少的假边缘,但是由于所取的阈值过高,会丢失部分关键边缘点,产生间断。用双阈值法,即到达图像 A 中检测到的轮廓端点时,该算法就在图像 A 的 8 相应 8 邻点位置寻找满足条件的可以连接上轮廓的点,并不断迭代,直到截止,并进行下一个端点循环。

## 3 多边形近似

多边形近似的基本思想是用最小的多边形线段,获取边界形状的本质。运用该方法可以减少数据量,同时利于后续的特征提取<sup>[13,14]</sup>。多边形近似通常是以最小误差、最小多边形周长、最小多边形内部面积或最小多边形外部面积等作为近似准则。这些误差中最常用的是最大误差和平方积分误差。

方法大致可以分为两类:一类是在一定的误差范围内,求取原始曲线的最佳近似多边形,还有一类是直接在线段上检测出特征点作为近似多边形的顶点。文中使用的是第一类方法。

步骤为:

(1) 沿着边界选两个相邻的点对,计算首尾连接直线段与原始折线段的误差  $R$ 。

(2) 如果误差  $R$  小于预先设置的阈值  $T$ ,去掉中

间点,选新点对与下一相邻点对,重复步骤(1);否则,存储线段的参数,置误差为 0,选被存储线段的终点为起点,重复步骤(1)和(2)。

(3) 当遇到程序的第一个起点,算法结束。

(4) 对得到的轮廓图像中的面积和周长小于一定阈值的部分去除。

## 4 实验结果与分析

文中算法流程图如图 3 所示,实验采用 24 位真彩色 BMP 焦炭显微图像进行实验。

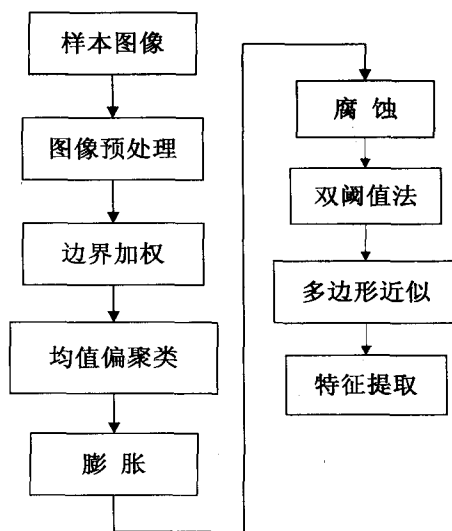


图 3 算法流程图

采用文中算法和 Canny 边缘检测算法对焦炭显微图像光学组织中的一些类别进行边缘检测,结果如图 4 所示。

图 4 中:

(a) 为纤维状组织原图, (d) 为各向同性组织原图。

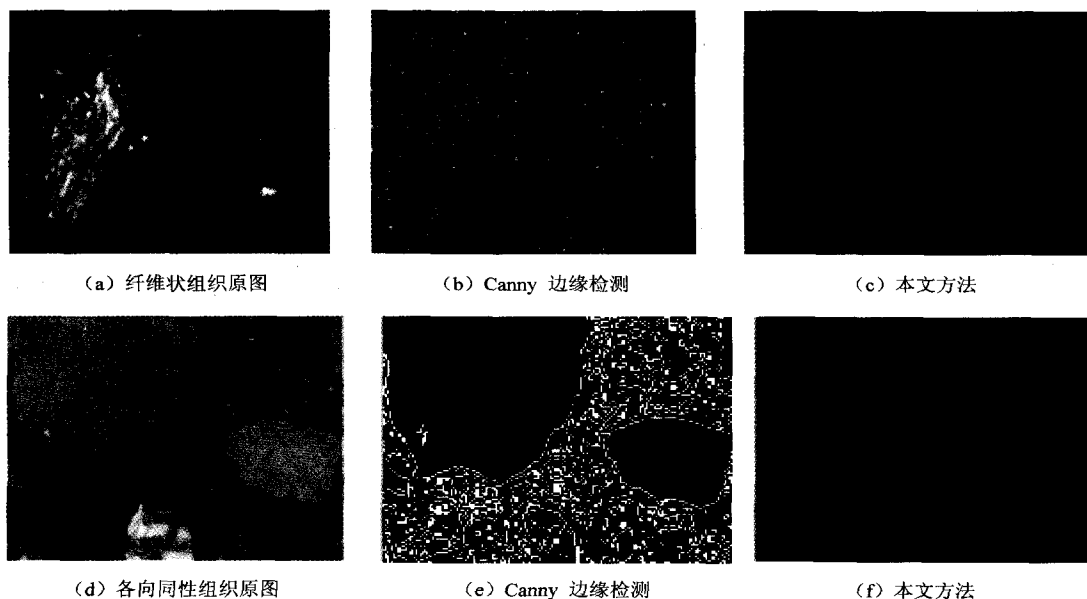


图 4 轮廓提取结果图

(b)、(e)分别为经过 Canny 算法处理后的结果图,Canny 算法的两个阈值分别为 50 和 150。

(c)、(f)分别是应用文中轮廓提取算法后的结果图,取固定参数  $\beta_s = 20, \beta_r = 52, T_1 = 150, T_2 = 50$ 。

由图可以看出 Canny 算法虽然能提取出大部分的边缘,但是无法准确地提取出焦炭光学组织的轮廓,同时不能得到较好的轮廓曲线。而文中方法能够提取到精确地焦炭组织的轮廓。

## 5 结束语

文中提出的基于边界加权的轮廓提取算法能够很好地对图像进行聚类平滑,很好地保留图像的边缘信息,提取出焦炭多类显微组织图像的轮廓,且当原始图像中存在噪声干扰时,能够消除噪声,轮廓提取效果优于 Canny 算子等方法,且抗噪能力更强,不会提取出过多的杂点。利用文中方法提取出焦炭显微图像的轮廓后,为焦炭光学组织的进一步特征提取和分类奠定了一定的基础。

### 参考文献:

- [1] Lang B Q, Hu L T, Zheng Z C, et al. Carbonization behavior of coal-tar pitch modified with divinylbenzene and optical texture of resultant semi-cokes[J]. Journal of analytical and applied pyrolysis, 2004, 71(2): 77-93.
- [2] Zhang Z L, Zhao M M, Wang P Z, et al. Study on Factors of Influencing on Coke Thermal Property [J]. Iron & Steel, 2009, 44(10): 10-13.
- [3] 刘小除. 图像处理技术在焦炭光学组织自动分析软件中的应用[D]. 上海:复旦大学, 2005.
- [4] 夏京城. 图像处理与模式识别技术在焦炭颗粒识别中的应用研究[D]. 上海:复旦大学, 2005.
- [5] 张代林. 利用图像分析法测定焦炭气孔结构的研究[J]. 燃料与化工, 2003, 34(4): 175-178.
- [6] John C. A Computational Approach to Edge Detection[J]. IEEE-PAMI, 1986, 8(6): 679-698.
- [7] Cheng Y Z. MeanShift, Mode Seeking, and Clustering[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1995, 17(8): 790-799.
- [8] Meer P. Edge Detection with Embedded Confidence[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2001, 23(12): 1351-1365.
- [9] Comaniciu D. MeanShift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(5): 603-619.
- [10] 李乡儒, 吴福明. 均值偏移算法的收敛性[J]. 软件学报, 2005, 16(3): 365-374.
- [11] Wu Kuo-Lung, Yang Miin-Shen. MeanShift-based Clustering [J]. Pattern Recognition, 2007, 40: 3035-3052.
- [12] Chen Jie, Wang Zhen hua, Dou Li hua. Scale Adaptive Canny Edge Detection Method [J]. Opto - Electronic Engineering, 2008, 35(2): 79-84.
- [13] 张志刚, 周明全. 一种轮廓曲线的多边形近似算法[J]. 计算机应用, 2006, 26(3): 576-579.
- [14] 谢凤英. Visual C++数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社, 2008.

(上接第 119 页)

有动物本体的扩展本体,以实现在 RACER 基础上的推理和 Jena 自定义规则的传递包含关系。特别是在领域本体的构建上,可以给加入适当的限制条件、包含关系等可使本体的构建更加完善和具体,使其在后期工作中推理和查找中更加全面。

下一步的工作对推理规则加入限制条件实现其推理、可将建立好的本体存入知识库,可以使用 nRQL 进行查询等。

### 参考文献:

- [1] Guarino N. Formal Ontology in Information System[C]// Proceedings of FOIS98. Trento, Italy: IOS Press, 1998: 3-15.
- [2] 武成岗, 焦文品. 基于本体论和多主体的信息检索服务器[J]. 计算机研究与发展, 2001, 38(6): 641-647.
- [3] 曹 锐, 陈 刚. 基于本体的网络化资源检索[J]. 计算机工程, 2004, 30(3): 143-146.
- [4] 张志刚. 领域本体构建方法的研究与应用[D]. 大连: 大连海事大学, 2008.
- [5] protégé[EB/OL]. [2009-03-01]. <http://protégé.stanford.edu>.
- [6] 邓志鸿, 唐世渭, 张 铭, 等. Ontology 研究综述[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2002, 38(5): 730-738.
- [7] Jena 2-A Semantic Web Framework for Java[EB/OL]. 2006-05-04. <http://jena.sourceforge.net/index.html>.
- [8] Haarslev V, Moller R. RACER system description[C]//Proc of the Int Joint Conf on Automated Reasoning (IJCAR 2001). [s. l.]: Springer, 2001: 701-705.
- [9] 袁 媛. 领域本体建设的方法论和工具研究[D]. 北京: 中国人民大学, 2004.
- [10] 关庆珍, 周竹荣. 基于 ontology 的用户模型研究[J]. 计算机应用, 2007(10): 56-60.
- [11] RacerPro[EB/OL]. [2009-03-01]. <http://www.racer-system.com/>.
- [12] 肖 敏. 领域本体的构建方法研究[J]. 情报杂志, 2006(2): 70-72.