

# 图像处理在煤矸石识别系统中的应用\*

闫俊旭,李 晔

(太原科技大学 电子信息工程学院,太原 030024)

**摘要:**介绍了基于数字图像处理技术的煤与煤矸石识别方法,分析了运用数字图像处理技术识别煤与煤矸石的可行性,综合运用了图像滤波、图像二值化、图像的开运算和闭运算等图像处理方法,从煤背景中有效地提取出了块状煤矸石图像。仿真结果表明,该算法在只有煤和矸石的图像中,能有效地区分煤与矸石,并能得到一个适当的煤与煤矸石比例。

**关键词:**滤波;图像二值化;煤矸石;开运算;闭运算;区域跟踪

**中图分类号:**TP391

**文献标识码:**A

**文章编号:**1006-0707(2009)11-0016-03

煤是重要的基础能源之一,对国民经济的发展起着非常重要的作用。开采出来的煤炭中除了煤,还有煤矸石。煤矸石的主要成分是岩石,其密度大、灰分高、发热量小,除少量用作建筑材料外,大多都丢弃不用。由于煤矸石不能算在煤的出煤量内,故其存在会严重影响原煤的质量,因此在计算煤矿的净出煤量时,需要把煤矸石的量减掉。

目前,要将煤矸石从煤中分选出来主要采取人工手选和机器选择2种方法。人工手选由工人将煤矸石从煤块中挑选出来,该方法工作效率非常低,特别当出煤量较大时,不能及时有效地得出煤矸石所占的比例,且工人劳动强度比较大,工作环境恶劣;而机器选择则采用一般采用重介法、跳汰法或其他方法完成煤和煤矸石的分离,并得出来煤矸石所占的比例,该方法的缺点是设备庞大、工艺复杂,污染环境严重<sup>[1-2]</sup>。

为此,在降低工人劳动强度、减少后期污染、改善环境质量的前提下,为了能得到较为精确的煤矸石比例,就有必要采用新的方法。图像处理技术是随着近年来计算机视觉和模式识别重要技术的发展而发展起来的,并在许多场合获得了很好的处理结果。对于煤矿而言,关心的是煤的产量,由于煤矸石会影响煤的产量,因此把煤与矸石区分开,以确定该煤矿的真正出煤量具有重要意义。

## 1 图像的预处理

刚采集到的图像由于受到光照以及采集装置本身的影响,会含有噪声,这些噪声会影响图像的灰度值及灰度特征,因此有必要采用低通滤波进行图像平滑。针对这类噪声,采用的是巴特沃斯低通滤波<sup>[3]</sup>,其传递函数为

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[ \frac{D(u, v)}{D_0} \right]^{2n}}$$

经低通滤波器滤波后,由于去掉了大部分的高频分

量,就只留下了低频分量。

频域滤波过程如图1所示。

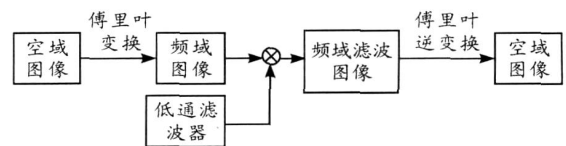


图1 频域滤波过程

图2为原始图像和经巴特沃斯低通滤波后的图像。由图2可知,原始图像经巴特沃斯低通滤波后,去除了高频分量,保留了低频分量,同时也去除了图像内的灰度噪声。

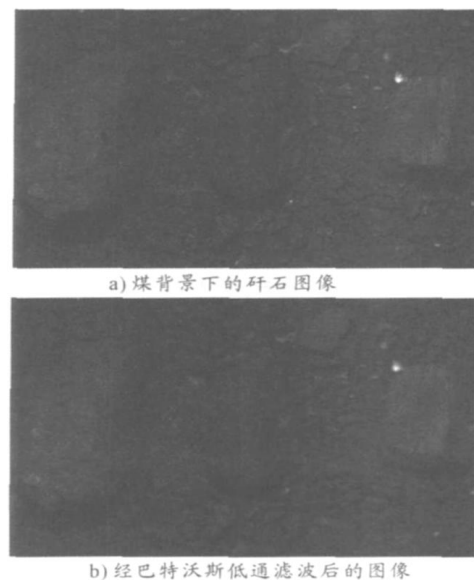


图2 原始图像与经巴特沃斯低通滤波后的图像

\* 收稿日期:2009-09-18

基金项目:山西省自然科学基金资助项目(2008011030)。

作者简介:闫俊旭(1983—),男,山西翼城县人,讲师,主要从事图像处理和模式识别研究。

## 2 块状煤矸石的比例计算

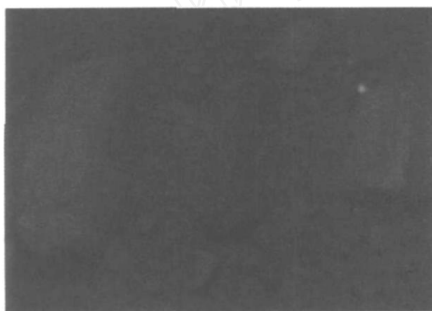
### 2.1 图像二值化前期处理

由图 2 中 b) 可知,经巴特沃斯滤波后的图像虽然去除了不少的高频信息,但各小块(一般认为是煤)的轮廓仍较为清晰,所以此处将小块煤模糊化,即进行中值滤波和维纳滤波<sup>[4]</sup>.其中,中值滤波选用 9×9 模板,即用 9×9 窗口寻找其中间值作为该点的像素.维纳滤波用公式为

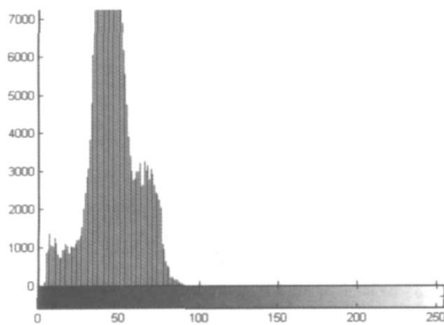
$$F(u, v) = \left[ \frac{1}{H(u, v) |H(u, v)|^2 + S(u, v)/S_f(u, v)} \right] G(u, v)$$

式中: $H(u, v)$  为退化函数,  $|H(u, v)|^2 = H^*(u, v)H(u, v)$ ,  $H^*(u, v)$  是  $H(u, v)$  的复共轭; $S(u, v) = |N(u, v)|^2$  为噪声的功率谱; $S_f(u, v) = |F(u, v)|^2$  为未退化图像的功率谱.

经处理后的图像如图 3 所示.



a) 经前期处理后的图像



b) 经前期处理后图像的灰度直方图

图 3 经前期处理后的图像及其灰度直方图

由图 3 可知,经中值滤波和维纳滤波后的图像与原图像相比,虽模糊了许多,但块状煤矸石的表面却变得相当平滑,这样更有利于后期处理.

### 2.2 图像二值化

观察图 3 中 a) 可知,整体块状煤矸石的灰度值明显要大于周围煤的灰度值;但由图 3 中 b) 可知,直方图只有 1 个峰值,在峰值两侧的值会突然降低,这说明图像本身的灰度值分布在 3 个区域.灰度值最低的区域,是煤矸石影子所在的区域,但他并不是煤矸石的部分,因此选取 50 或更靠右的灰度值作为图像的二值化阈值.为验证确定阈值的正确性,随机抽取了 2 幅图像进行验证,如图 4 所示.

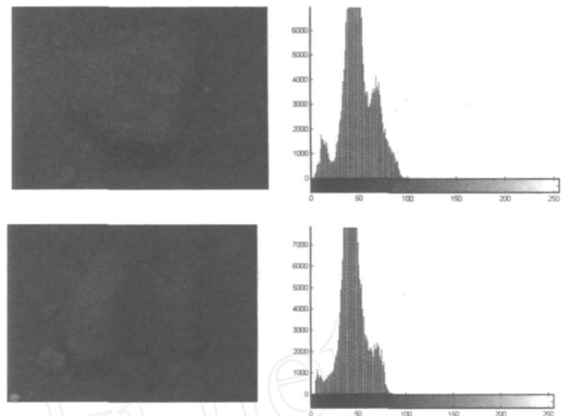


图 4 经前期处理后的图像及其灰度直方图

由图 4 可知,在含有煤和煤矸石的图像中,经前期处理后得到的图像灰度直方图均类似,因此选定 50 为图像的二值化阈值.图 2 经二值化后所得结果如图 5 中 a) 所示.

把图 5 中 a) 和图 2 进行比较可知,较大的矸石块已经被检测出来了,只是由于煤矸石的部分凹陷造成了二值图像中的空洞,同时也有部分灰度值比较大的颗粒被检测出来,这些都是处理后的缺陷.

### 2.3 对二值图像做开运算和闭运算

图像的开运算和闭运算是由图像的膨胀和腐蚀组成的.图像的膨胀是对二值图像的“加长”或“变粗”等操作,可以采取不同的模板对二值图像进行膨胀,主要有菱形、圆形、线性等模板;图像的腐蚀则是膨胀的一个逆操作,即使二值图像“收缩”或“细化”.

对二值图像先用 1 个模板进行腐蚀,然后再用该模板对其进行膨胀,就形成了二值图像的开运算.开运算可以平滑对象的轮廓,断开狭窄的连接,去掉细小的突出部分.若先膨胀再腐蚀就形成了二值图像的闭运算,闭运算也可以平滑对象的轮廓,但会使狭窄的缺口连接起来,并填充比模板小的洞.针对二值化图像的缺陷,选择以 5 为半径的圆形模板对图像先进行闭运算,填充图像中的小洞,然后再进行开运算,去掉那些细小的高灰度值区域.仿真结果如图 5 中 b) 所示.

从图 5 中 b) 可以很明显地看出,图像保留了大块的矸石图像以及一些细颗粒的煤块图像,因此只需将大块煤矸石图像提取出来即可.利用区域跟踪<sup>[5]</sup>法可提取大块的矸石图像,其具体步骤如下:

- 1) 在二值图像中寻找像素值为 1 的点,检查他的全部邻点,并把像素值为 1 的点和他的任何邻点合并从而产生小块目标区域.
- 2) 进一步检查该区域的全部邻点,并把像素值为 1 的点合并入这个目标区域.
- 3) 不断重复上述步骤,直到没有邻点满足像素值为 1 时止,则此块生长区域生长结束.
- 4) 用检测准则继续寻找,当找到满足检测准则且不属于任何已生长成的区域的像素后,开始下 1 区域的生长;如此进行到没有满足检测准则的像素点为止,即完成了整幅图像的区域跟踪.

5) 每块区域大小不一,在此处要寻找区域较大的部分,并输出;因此选取面积阈值,使大于阈值的区域输出,

否则舍去.因图像大小不一,故阈值根据需要设定,仿真结果如图5中c).

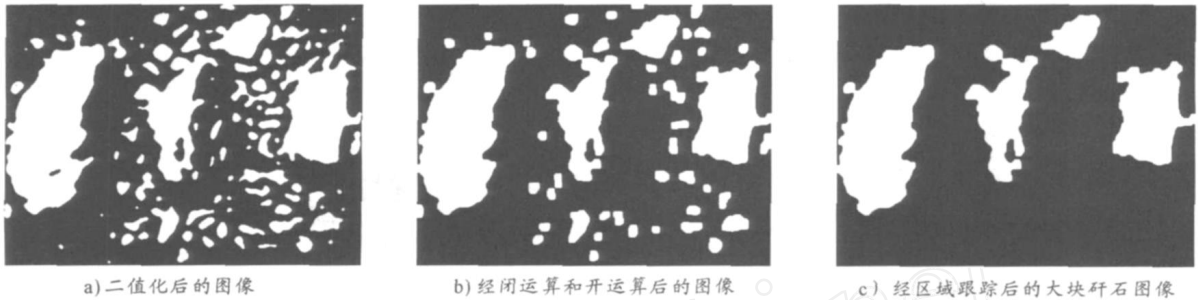


图5 煤矸石识别过程中的仿真结果

由图5中c)可知,虽然存在部分偏差,但大块煤矸石基本上能被检测出来.此时,可计算煤矸石占整个图像的比例,即可得出整幅图像煤矸石所占的比例.

### 3 结束语

本文将图像处理的方法应用到煤矸石识别中,主要根据煤和矸石的光泽、灰度等差异,针对块状煤矸石,综合运用图像滤波、图像二值化、图像的开运算和闭运算等图像处理方法,提取出块状煤矸石的图像,从而通过计算即可得到煤矸石在整个图像中的比例.

### 参考文献:

- [1] 马宪民. 煤矸石在线识别与自动分选系统的研究[J]. 西安科技学院学报, 2003, 1(23): 66 - 68.
- [2] 贾志纲, 李临生, 孙志毅. 基于 DSP 的煤与矸石图像识别系统[J]. 四川兵工学报, 2008(4): 115 - 116.
- [3] 四维科技, 胡小锋, 赵辉. Visual C++ / MATLAB 图像处理与识别实用案例精选[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [4] 章毓晋. 图像处理[M]. 2版. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [5] Woods Richard E, Eddins Steven L. 数字图像处理 (MATLAB 版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.

(上接第8页)

假定一次点射的实际时间不变(如取定2.5 s),改变火炮单管射速,此时对毁歼概率的影响如图4所示.

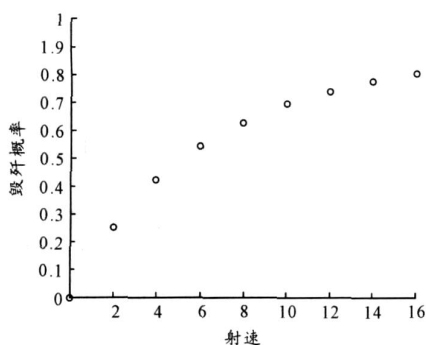


图4 射速与毁歼概率关系

### 3 结论

1) 增加每管一次点射的射弹数,有利于提高对目标的毁歼概率,但射弹数的增加需要延长点射的持续时间,这就可能使目标骤然改变航行状态,从而破坏指挥仪计算前提条件的正确性,也可能使炮管温度急剧上升,使弹丸射击精度变坏<sup>[7-8]</sup>. 这些不利因素的影响同时又使毁歼概率的增长幅度随着射弹数增大而减小.

2) 为了克服以上不利因素,应该在一次点射的持续时

间内增加射速.从本文中的分析可知增加射速有利于提高对目标的毁歼概率.

3) 在有射高及射击距离上得出的射弹数和射速与毁歼概率关系的结论同样适用于其它航路.

### 参考文献:

- [1] 高炮射击理论[M]. 北京: 中国人民解放军总参谋部炮兵部, 1986.
- [2] 浦发. 外弹道学基本问题[M]// 外弹道学. 北京: 国防工业出版社, 1980.
- [3] 郭锡福, 赵子华. 火控弹道模型理论及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1997.
- [4] 肖元星. 计算着发射高射武器系统毁伤概率的通用程序[J]. 火力与指挥控制, 1989(4): 11.
- [5] 萧元星, 卜建成. 着发射高炮系统毁歼概率计算通用软件的设计方法[J]. 火控雷达技术, 1994, 22(2): 29 - 34, 50.
- [6] 潘承浮. 着发射高射武器系统的射击效力[M]// 武器系统射击效力分析. 北京: 国防工业出版社, 1985.
- [7] 张素华. 高炮对直升机作战时的服务概率[J]. 四川兵工学报, 2008, 29(2): 60 - 61.
- [8] 潘志义. 小口径高炮随动系统测试信号的采集与数据处理[J]. 四川兵工学报, 2008, 29(3): 58 - 60.