

# 一种改进的标记分水岭遥感图像分割方法

蒋璐璐, 王 适, 王宝成, 李慧敏

(南京信息工程大学 遥感学院, 江苏 南京 210044)

**摘 要:** 图像分割是图像分析和模式识别需要解决的首要问题和基本问题,也是图像处理的经典难题。分水岭变换则是一种适用于图像分割的强有力的形态学工具,然而其不足之处在于它的过分割结果。提出一种基于 ISODATA 聚类 and 标记分水岭的分割方案,该方案首先通过中值滤波来消除部分噪声;然后用 ISODATA 方法进行聚类,获得更明显的特征差异;接着采用 Sobel 算子进行梯度重建,得到具有边缘信息的简化图像;在此基础上再进行基于标记的分水岭变换。实验结果表明,该方法分割精度达到 80% 以上,能够较好地抑制过分割。

**关键词:** 遥感图像;图像分割;分水岭变换;聚类

**中图分类号:** TP75

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2010)01-0039-04

## Segmentation of Remote Sensing Image Based on an Improved Labeling Watershed Algorithm

JIANG Lu-lu, WANG Shi, WANG Bao-cheng, LI Hui-min

(School of Remote Sensing, Nanjing University of Information  
Science & Technology, Nanjing 210044, China)

**Abstract:** Image segmentation is a chief and basic issue in the field of image analysis as well as mode identification. Meanwhile, it is also the classical puzzle in image processing. And the watershed transform is a powerful morphological tool for image segmentation. But its shortcoming is to cause over-segmentation. Therefore, a method for remote sensing images based on ISODATA and labeling watershed algorithm has been presented. Firstly, a median filtering is applied to smooth the original image, so it can reduce part of noise. Secondly, use ISODATA to gain more obvious differences of characteristics. Then, the gradient image, which has the edge information, is obtained through the reconstruction of gradient by using Sobel operator. Finally, segmentation result is obtained by using an improved method of labeling watershed algorithm. The result shows that the method can reduce over-segmentation more efficiently, with a precision of more than 80%.

**Key words:** remote sensing image; image segmentation; watershed transform; clustering

## 0 引言

图像分割是图像分析与特征提取的前提,在图像处理领域一直是一个热点和难点问题。所谓图像分割是指图像分割(image segmentation)就是按照一定的原则将一幅图像或景物分为若干个特定的、具有独特性质的部分或子集,并提取出感兴趣目标的技术和过程<sup>[1]</sup>。关于图像分割的方法有很多,而基于分水岭变换的分割方法近年来得到人们的较多关注。

分水岭算法是一种数学形态学方法,该方法是一种有效的图像分割手段,从本质上讲它属于基于区域的分割技术,得到的是连续、闭合的目标边界,并且运算速度快定位准确,目前已广泛应用于图像分析领域。分水岭变换借助了地形学的概念,将图像视为 3D 地貌表面,其中山峰对应灰度极大值,山谷对应极小值,通过检测地貌局部极小值对应的堤坝即可确定区域的轮廓水线。Vincent<sup>[2]</sup>于 1991 年提出了著名的基于浸沉技术的分水岭检测算法,成为众多后来改进的分水岭算法的一个很好的基础,使其逐步得到完善。但由于暗噪声和暗纹理细节的影响,在图像中会存在大量的伪极小值,这些伪极小值在图像中产生相应的伪集水盆地。因此,每一个伪极小值将和那些真正的极小值一起被作为一个独立的区域通过分水岭算法分割出来,最终造成分水岭严重的过分割问题。

收稿日期:2009-04-14;修回日期:2009-07-26

基金项目:2008 年江苏省创新训练计划立项项目(08CX0009);2007 年度南京信息工程大学校基金项目(20070066)

作者简介:蒋璐璐(1987-),女,江苏南京人,主要研究方向为遥感科学与技术;导师简介:李鑫慧,博士研究生,讲师,研究方向为遥感数据处理。

处理分水岭算法过分割问题的方法一般有两种,一种是通过分水岭变换前的一些处理直接减少分割结果的块数,即在图像预处理时去掉噪声,提取高质量的梯度特征;另一种是在分水岭变换后对分割结果中的各个区域按照一定的原则合并,从而去掉小区域与孤立区域<sup>[3]</sup>。文中在前者的基础上提出一种改进的基于标记提取的分水岭分割方法,该方法较之传统分水岭方法具有良好的分割效果。

## 1 分割的主要流程

传统的分水岭算法存在过分割问题,即图像被分割成过多的小区域而使感兴趣目标物淹没其中,从而导致信息提取效果较差。为了解决这一问题,文中提出一种有效的解决方法,在图像预处理过程中首先对图像进行中值滤波来消除部分噪声;然后利用 ISODATA 方法对图像进行聚类;接下来求取梯度,在保留区域重要轮廓的同时可以有效去除噪声和图像细节;在此基础上,对得到的梯度图像进行基于标记的分水岭分割,得到最终的分割图像。分割流程见图 1。

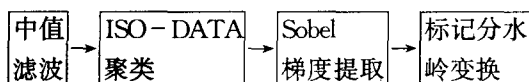


图 1 分割流程

### 1.1 中值滤波

中值滤波是一种最常用的非线性滤波,是由 Tukey 在 1971 年提出的。中值滤波的基本原理是把数字图像一点的值用该点的一个邻域中各点值的中值代替,邻域窗口的行列数一般取奇数。由于用中值替代了传统的平均值,它可以克服线性滤波器(如均值滤波)给图像带来的模糊,在有效清除噪声的同时,又能够保持良好的边缘特性,从而获得较满意的效果。

### 1.2 ISODATA 聚类

聚类分析是根据相似度或距离函数将具有不同特征值的数据归并到与之相对接近的数据集的过程。对于图像分割来说,由于分水岭算法之前要提取梯度,梯度提取的效果直接决定了分水岭算法的精度,而平滑后的图像特征差异并不明显,聚类分析可以为获得良好梯度图像提供明显的特征差异。

ISODATA 聚类方法是图像分割方法中比较理想的无监督分类方法,即一种以欧氏距离作为相似性度量函数来归并数据元素到相应类别的一种迭代方法<sup>[4]</sup>。它具有启发性推理、分析监督、控制聚类结构以及人机交互等特点,能够自动根据样本的特征来确定聚类中心和聚类数<sup>[5]</sup>。该算法运算速度快、占用内存少,适合处理大样本,也具有一定的抗噪声能力,能够较好地克服系统聚类法存在的弱点。

### 1.3 Sobel 边缘检测

对于聚类后的图像,再用典型边缘检测方法 Sobel 算子进行梯度提取。Sobel 梯度采用  $3 \times 3$  模板,是在 Prewitt 算法的基础上对 4-领域采用加权方法进行差分,即先做成加权平均再微分,然后求梯度,因而对边缘的检测更加精确,可以达到较好的突出边缘的目的。由于聚类后二值化的图像具有更明显的特征差异,所以使得梯度提取的边缘位置更加准确。

### 1.4 标记分水岭变换

传统分水岭变换易产生过度分割,为了克服这一问题,采用标记分水岭变换。在梯度重建图像上进行基于标记的分水岭变换,这实际上就是先对梯度图像进行极小值标记,然后通过强制最小值技术将标记点作为区域极小值,进行分水岭分割<sup>[6]</sup>。关于极小值标记,需要对输入的图像设置一阈值,取梯度值小于阈值的点为标记点,从而可以进一步抑制过分割。但是阈值的选取一定要适当,不然就会破坏物体的轮廓。

## 2 基于标记的分水岭算法

### 2.1 算法的主要思想

分水岭变换是一种基于数学形态学的图像分割算子,方法的思想来源于地理学,即将图像中每点的灰度值理解为该点的高程。实现方式主要有模拟浸水过程和模拟降水过程,由于模拟降水过程不易进行数字化的处理,所以选择采用对浸水过程的模拟实现分水岭算法。

首先把一幅图像视为高低起伏的地形曲面,图像中每个像素的灰度值对应于该点在地形中的海拔高度。在这样的地形中,有盆地(图像中局部极小区域)、山脊(分水岭)以及盆地和山脊中的山坡。起初把这个地形模型垂直浸入湖水中,然后在各个盆地的最低处开个洞,让水从各个洞慢慢均匀地浸入盆地,当水快要填满盆地时,即两个或多个盆地中的水将要相交地融,就在将要相交的两盆地之间修建堤坝,随着水位的逐渐上涨,最后各个盆地完全被水淹没,只有各个堤坝没被水淹没,而各个盆地又完全被堤坝所包围,从而可以得到各个堤坝(分水岭)和一个个被堤坝分开的盆地(目标物体),从而达到使粘连物体分割的目的<sup>[7]</sup>。模拟浸水示意图见图 2。

标记分水岭变换是在此基础上的一种改进的分水岭变换,它在图像中设定标记,标记可以是点、线或者是一块区域,重要的不是标记的形状而是它的位置,每一个标记就代表图像中的一个最终分割区域,标记的选取成为决定分割效果的关键因素。对图像设置阈值,可以得到图中所有的低地,将这些低地作为标记进

行分水岭变换,就可以得到最终的分割图<sup>[8]</sup>。阈值的选择也是个值得斟酌的问题,对于图像分析或图像理解的分割,应该选择一个绝对的一致标准,即均匀性值小于此标准的区域内任意两个像素之间的灰度差异用肉眼无法分辨。

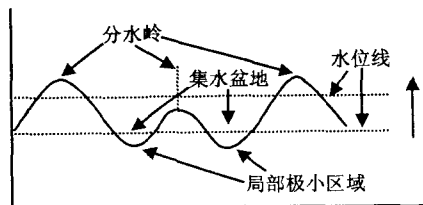


图 2 模拟淹没示意图

## 2.2 算法的具体实现

为了解决过分割问题,对待分割区域进行标记,图 3 为分水岭轮廓提取的主程序算法流程图。

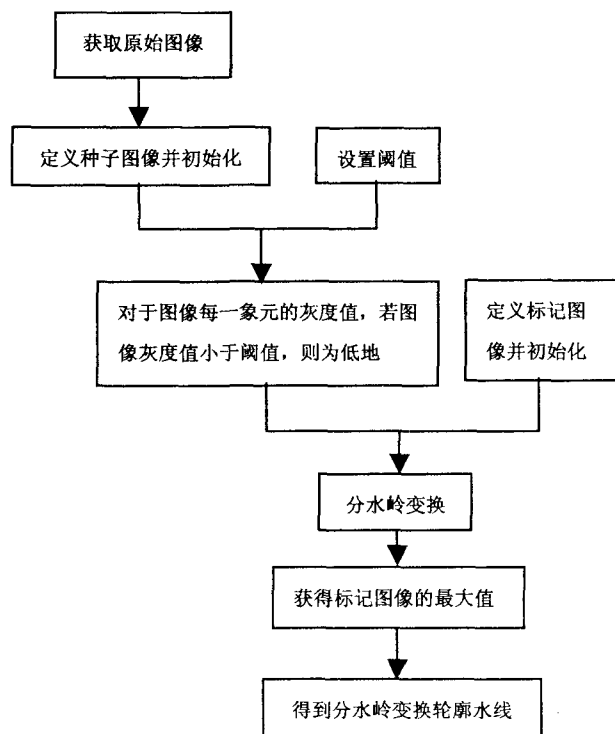


图 3 算法主要流程示意图

具体分水岭变换的算法实现如下:

初始参数设置:(1)原始图像数组;(2)存储种子的数组;(3)存储标记的数组;(4)原始图像的行号;(5)原始图像的列号。

首先进行预处理,提取区分每个标记区域,并初始化每个标记的种子队列。种子是指标记区域边缘的点,它们可以在水位上升时向外淹没(或者说生长),这里的理解是梯度值较小的像素点,或者是极小灰度值的点。在上述过程中,如果标记的点为 0 则表示没有扫描到的点,或者表明不是输入的种子点。这里相当于是找种子数组传过来的初始区域的分水岭界线的所

有的点;并且用标号记录每个区域,同时集水盆的边缘点进入队列。

上面即是找集水盆地的步骤,接下来再测试出剩下的非集水盆地的点数。然后淹没过程开始,水位从零开始上升,水位对应灰度级,依次处理每个标记号所对应的区域。这里采用四连通法找寻可生长点,标记淹没区域。最后再测试一下区域分割数目,以比较分割的精度。

## 3 实验结果与分析

为了验证该方法的有效性,文中采用了南京市 SPOT-5 高分辨率卫星影像进行实验。笔者裁剪了包含长江及南岸部分的图像(见图 4),该部分图像纹理特征明显,像幅大小为 450 像素×290 像素。为了比较文中方法的优点,采用传统 Vincent 分水岭算法对图像进行分割,图 5 为得到的结果图像,由于受噪声和区域内部细密纹理的影响,分割中出现了大量的细小区域,即使是河流中的水体也被分割成许多大大小小的区域,产生了严重的过分割现象。图 6 为采用文中方案得到的分割图像,全图被分割成 212 个区域块,分割精度明显提高,有效地抑制了过度分割现象。



图 4 原始图像



图 5 传统 Vincent 分水岭分割结果

从实验结果可见,采用中值滤波不仅能去除部分细节噪声,而且不像均值滤波会产生较大模糊;ISO-DATA 聚类方法处理滤波后图像,既提高了纹理差异,又不影响两个相邻区域沿边界的精确定位,因而过分割的情况大大削弱;且随后利用经典的 Sobel 算子进行图像梯度提取,在保证图像简化的同时,对图像中物体边缘信息产生的破坏较少,较好地解决了图像简化

与保留物体的边缘信息之间这对矛盾体。再在梯度简化图像上进行标记分水岭变换,由于标出了感兴趣的区域最小值点,所以不但分割的处理时间较快,而且避免了分割时大量在区域伪边界上的情况,较好地保留了重要的目标轮廓信息,区域轮廓数目也明显减少。

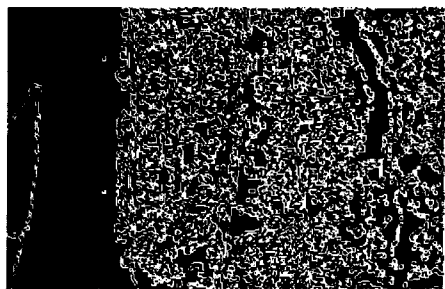


图 6 最终的标记分水岭结果

#### 4 结束语

该文提出一种基于标记分水岭的改进分割方法,首先对图像进行中值滤波处理,这可以很好地降低部分细小噪声对后处理的影响;其次利用 ISODATA 方法对图像进行聚类,为边缘检测提供明显的特征差异;接着进行 Sobel 梯度重建,得到具有边缘信息的梯度图像,在保留重要的区域轮廓的同时,又去除了部分细节噪声,使得接下来的分割结果具有较准确的轮廓定位能力。最后再进行基于标记的分水岭变换,避免了分割时大量在区域伪边界上的情况,有效地减轻过分割问题,提取出较为精确的区域轮廓。整个分割过程不需要进行分割后的区域合并处理,这就很好地降低了算法的时间复杂度。实验结果表明,新算法具有快速和较高准确性等特点,该方法能够较好地抑制过分割,具有良好的分割效果。

不过文中采用的方法仍然存在一些不足之处,需

(上接第 38 页)

#### 4 结束语

综上可知横向搜索算法优于纵向搜索算法,链表搜索算法优于横向搜索算法,所以链表搜索算法优于横向搜索算法和纵向搜索算法。将链表式区域填充算法应用到大规模油藏模型的三维显示系统中,大大提高了显示速度,对于油田勘探开发事业有一定的贡献。

#### 参考文献:

- [1] 刘万春.一种实时高速的八连通区域填充算法[J].计算机应用技术研究,2006,6(6):177-179.
- [2] 任继成,刘慎权.区域填充扫描线算法的改进[J].计算机

要进一步研究和解决。后续研究工作将主要着眼于:

(1)由于该文分割方法目前只能用于灰度图像,而彩色图像目前已经被广泛应用,下一步应该考虑将此方法应用于彩色图像分割。

(2)求解梯度图像时,如何更好地整合图像的光谱特征和纹理特征。

(3)当分割效果不能满足应用需要时,可以在分割结束后考虑区域合并的方法,进一步抑制过分割。

#### 参考文献:

- [1] 龚声蓉,刘纯平,王强,等.数字图像处理与分析[M].北京:清华大学出版社,2006:168-208.
- [2] Vincent L, Soille P. Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based on immersion simulations[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1991,13(6):583-598.
- [3] 蔡迪,段汕.形态分水岭变换在图像分割中的应用[J].中南民族大学学报:自然科学版,2005,24(4):100-103.
- [4] Dhodhi M K, Saghri J A, Ahmad I, et al. A Distributed Algorithm for Unsupervised Classification of Remotely Sensed Data on Network of Workstations[J]. Journal of Parallel and Distributed Computing, 1999,59:280-301.
- [5] 何霁,滕奇志,罗代升,等.一种改进的 ISODATA 算法及在彩色荧光图像中的应用[J].四川大学学报:自然科学版,2007,44(3):563-568.
- [6] 姬宝金,吕建平,赵彩霞.基于改进的分水岭算法的图像分割[J].西安邮电学院学报,2008,13(5):103-107.
- [7] 肖助明,冯月亮,李涛,等.形态分水岭算法在重叠米粒图像分割中的应用[J].计算机工程与应用,2007,43(24):196-199.
- [8] 龚天旭,彭嘉雄.基于分水岭变换的彩色图像分割[J].华中科技大学学报:自然科学版,2003,31(9):74-76.

辅助设计与图形学学报,1998,10(6):481-486.

- [3] Zhang Rongguo. Area filling scan line algorithm with pushing new area into stack[J]. Computer Engineering, 2006,32(5):63-64.
- [4] 马治平.一种区域填充算法[J].计算机应用与软件,2004,4(4):84-85.
- [5] 李盘荣,须文波.种子填充算法的改进[J].安庆师范学院学报:自然科学版,2006(4):9-11.
- [6] 张正峰.新的种子点区域填充算法[J].计算机工程与应用,2009,45(6):201-202.
- [7] Jou Shyan-Bin. A fast 3D seed-filling algorithm[J]. Visual Computer, 2003,19(4):243-251.
- [8] 魏海涛.计算机图形学[M].北京:电子工业出版社,2001.