

·信号与信息处理·

一种遥感图像中海岸线的提取方法

邓江生¹, 樊利恒², 古立莉³

(1. 海军航空仪器计量站, 上海 200436; 2. 海军航空工程学院, 山东 烟台 264001; 3. 94748 部队, 江苏 南京 210008)

摘要:针对遥感图像中海水和陆地区域分割和海岸线提取的问题,提出了新的区域分割和边界提取。首先对目前存在的分割技术进行分析,确定这些方法的局限性和缺陷,然后回归到最基本的阈值分割和边缘检测技术,并受这些基本算法的启发提出一种边界寻找和阈值分割的方法,并通过实验证明了这种方法在进行海陆分割和海岸线的提取方面的有效性,最终实现了海陆分割和海岸线的提取。

关键词:遥感图像; 阈值分割; 海岸线; 海陆分割

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2012)05-0056-04

Method of Extraction of Coastline in Remote Sensing Images

DENG Jiang-sheng¹, FAN Li-heng², GU Li-li²

(1. Naval Aeronautical Measure Station, Shanghai 200436, China; 2. Naval Aeronautical Engineering Institute, Yantai 264001, China; 3. 94748 Army Unit, Nanjing 210008, China)

Abstract: Aimed at the segmentation between the sea and the land in remote sensing images and the question of the extraction of the coastline, a new method is proposed. Firstly, the existed methods are analyzed and the limitations and shortcomings are determined. Then the most basic methods are adopted such as threshold segmentation and edge detection technology. Enlightened by the basic method, an edge-search method and a threshold segmentation method are proposed. Experimental results show that they are effective on segmentation between the sea and the land and the extraction of the coastline. Finally, segmentation between the sea and the land and the extraction of the coastline are realized.

Key words: remote sensing image; threshold segmentation; coastline; segmentation between the sea and the land

图像分割是一个重要的图像分析技术。遥感图像的目标探测是遥感信息处理的一个重要分支,也是国内外关注的焦点之一^[1]。而遥感图像分割是成功进行自动解译与目标识别的基础。分水岭分割方法是一种基于区域形态学的分割方法,对自然影像和医学影像等具有比较好的分割效果。文献研究了形态学在遥感影像处理中的应用,并将形态学分水岭算法应用于遥感影像分割^[2]。然而这些文献在对算法本身进行改进的同时并没有很好地顾及到遥感影像局部区域的巨大差异。传统的基于像素的分类方法对高空间分辨率的遥感影像效果不大理想,其

主要原因在于只利用了像素的信息,而没有利用目标地物的上下文信息、结构信息和形状信息^[3]。

应用于遥感图像的分割方法比较多,吴波等^[4]提出一种以目标检测来引导图像分割,建立一个分割代价函数,通过最小化代价函数的方法实现对目标的分割;李晓峰等^[5]将小波变换和C-V模型结合起来,提出了一种遥感影像的快速分割方法;线状特征是机场、河流、港口等地物目标的载体,也是这些目标提取的前提和基础,周立国等^[6]提出了一种基于方向和频率特征的频域高分辨率遥感图像线状特征检测方法;此外还有许多其他的方法,如孙强等^[7]提出

收稿日期: 2012-08-12

基金项目: 国家863计划创新基金(2010AAJ140)

作者简介: 邓江生(1965-),男,山东烟台人,本科,高级工程师,研究方向为航空测量、图像处理、导航技术。

了一种基于子波域自适应融合 HMTseg 算法的遥感图像分割,杨耘等^[8]提出了一种基于多水平集演化的高分辨率遥感影像分割方法。然而上述方法要么过于复杂,影响计算速度,要么分割精度较差,不能准确地提取海岸线,文中从最简单的阈值分割出发,提出了新的分割方法。

1 阈值分割及边界提取技术

1.1 阈值分割技术

图像分割也可以理解为将图像中有意义的特征区域或者需要应用的特征区域提取出来,这些特征区域可以是像素的灰度值、物体轮廓曲线、纹理特性等,也可以是空间频谱或直方图特征等。阈值分割是一种简单有效的图像分割方法。它对物体与背景有较强对比的图像的分割特别有效,所有灰度大于或等于阈值的像素被判决为属于物体,灰度值为“255”时表示前景,否则这些像素点被排除在物体区域之外,灰度值为“0”,表示背景。多阈值分割由于它只是分割技巧的处理问题,而与单阈值分割并无本质的区别。

常用的分割方法有:双峰法、迭代法、大律法。

(1) 双峰法

双峰法的原理很简单:它认为图像由前景和背景(不同的灰度级)组成,图像的灰度分布曲线可近似认为是由两个正态分布函数 (μ_1, σ_1^2) 和 (μ_2, σ_2^2) 叠加而成,图像的直方图将会出现两个分量的峰值。在双峰之间的波谷就是图像的阈值所在。

(2) 迭代法

迭代法阈值选择算法是对双峰法的改进,它首先选择了一个近似阈值 T ,将图像分割成两个部分: R_1 和 R_2 ,然后计算 R_1 和 R_2 的均值 $\mu_1 + \mu_2$,并选择新的分割阈值 $T = (\mu_1 + \mu_2)/2$,重复上述步骤直到 μ_1 和 μ_2 不再变化为止。

(3) 大律法

大律法(Ostu)是由Ostu于1979年提出的,对图像 I ,记 T 为前景与背景的分割阈值,前景点数占图像比例为 w_0 ,平均灰度为 u_0 ;前景点数占图像比例为 w_1 ,平均灰度为 u_1 。图像的总平均灰度为 $u_T = w_0 \times u_0 + w_1 \times u_1$ 。从最小灰度值到最大灰度值遍历 T ,当 T 使得方差值 $\sigma^2 = w_0 \times (u_0 - u_T)^2 + w_1 \times (u_1 - u_T)^2$ 最大时, T 即为分割的最佳值。直接使用大律法计

算量较大,因此在实现时采用了等价的公式 $\sigma^2 = w_0 \times w_1 \times (u_0 - u_1)^2$ 。

虽然Ostu分割方法在很多情况下不能取得最佳效果,但它的分割质量是有保证的,所以在这里使用Ostu方法进行分割。

1.2 边界提取技术

两个具有不同灰度值的相邻区域之间总存在边缘,边缘是灰度值不连续的表现。常见的边缘点有:阶梯型边缘,即从一个灰度(或线性灰度)达到比它高或低很多的另一个灰度;屋顶型边缘,它的灰度是慢慢增加(减少)到一定程度然后慢慢减少(增加);线性边缘,它的灰度线性变换中出现的灰度脉冲。

由于边缘是图像上灰度变化最剧烈的地方,传统的边缘检测就是利用了这个特点,对图像各个像素点进行微分或求二阶微分来确定边缘像素点。一阶微分图像的峰值对应着图像的边缘点;二阶微分图像的过零点处对应着图像的边缘点。根据数字图像的特点,处理图像过程中常采用差分来代替导数运算,对于图像的简单一阶导数运算,由于具有固定的方向性,只能检测特定方向的边缘,所以不具有普通性。为了克服一阶导数的缺点,定义了图像的梯度为梯度算子:

$$G[F(j, k)] = \left[\left(\frac{\partial F}{\partial j} \right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial k} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

它是图像处理方法中最常用的一阶微分算法,式中, $F(j, k)$ 表示图像的灰度值,图像梯度的最重要性质是梯度的方向是在图像灰度最大变化率上,它恰好可以反映出图像边缘上的灰度变化。

图像边缘提取的常用梯度算子由Robert算子、Sobel算子、Prewitt算子、拉普拉斯算子和Canny算子等。一般认为Canny效果较好。

1.3 实验及分析

文中采用Ostu阈值分割法和Canny边界提取算子对一幅包含遥感港口的海陆图像进行边界提取。实验结果如图1所示。

可以看出,使用阈值分割能基本将海洋和陆地分割开来,且具有清晰明显的边界,分割速度快。但陆地部分由于具有复杂的纹理和灰度分布情况,边界有些部分出现缺口,不能区分边界。对这种情况可以使用形态学原理进行修正,但这样会加大算法



图1 阈值分割

复杂度,使用形态学更重要的缺陷是会造成边界精度的严重降低。对分割后的图像使用Canny算子进行边界提取,结果如图2所示。

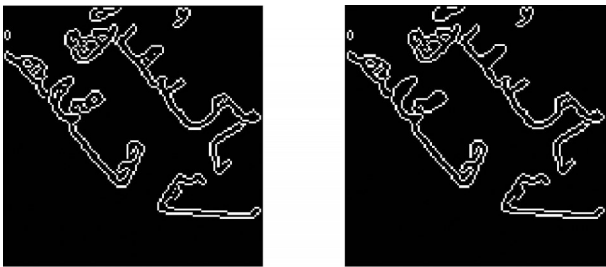


图2 不同阈值Canny算子的边缘检测

可以发现这样提取的边界很模糊,没有期待的线性特征,而且部分边界丢失严重。但速度很快。因此需要开发新的方法来使得分割比较精确而且快速。

2 海陆分割及海岸线的提取

通过观察可发现遥感图像中海域的面积较大,且具有灰度均匀的特征。经过对港口区域的灰度统计分析发现,其直方图有明显的双峰形状(如图3所示),因此采用实现起来简单的阈值方法即可将图像中的目标和背景较好地分离。经过直方图阈值分割后,图像上仍有部分离散的噪声,有的噪声面积还比较大,需采用多种手段进行后续处理,且在处理过程中难以保证

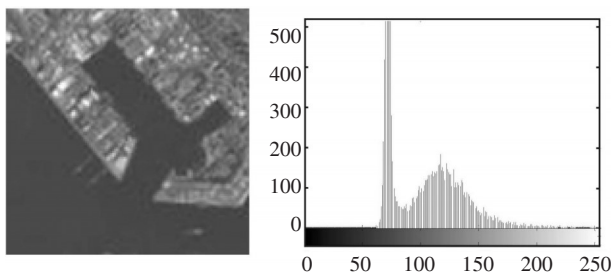


图3 港口图像及其直方图

海岸线不受影响。因此提出一种以阈值分割为理论支持的新的海陆分割和海岸线提取方法。

该方法的具体描述如下。由于图像的统计直方图具有明显的双峰特征,而且海岸线两侧的陆地与海域具有较大的差异,因此考虑在提取海岸线的过程中加入阈值分割的思想。首先在图像中搜索海岸线的一个端点(起点或终点或断续点),然后根据某一规则沿着该端点出发,寻找该海岸线的另一端点,找到另一端点之后继续搜索,以相同方法找到图像中的可能存在的另一海岸线,直到搜索完整幅图像为止。文中选用的搜索海岸线下一断点的规则是在原点的8-邻域内寻找与原点灰度相差最小且灰度值与阈值相差在一定范围内,经过实验,发现这个灰度范围取 $T \pm 5$,其中 T 为阈值。可能会出现窗口内满足条件的像素不止一个,甚至有可能大于2个,此时有两种选择:一是选择前进方向上的4-邻域中的像素,这样的规定节约了时间,缺点是可能会降低精度;第二种方法是分别以符合条件的像素为中心,分别计算他们的窗口内下一个符合条件的像素,如果下一个符合条件的像素与上一个像素在同一个方向,则选择该像素和相应窗口像素为海岸线上的像素,此方法比较精确但算法代价相对大一些。由于,只考虑了算法的可实现性,没考虑实时性,实验采用的是第二种方法。

使用该方法的分割结果如图4a所示,海岸线提取结果如图4b所示,将海岸线提取结果与原图叠加得到的结果如图4c所示。图5是另一幅包含海陆部分的另一分辨率层次的遥感图像的分割结果。从实验结果可以看出,该方法提取的海岸线不仅清晰,而且比较准确。

3 结论

针对遥感图像中海水和陆地区域分割和海岸线提取的问题,提出了新的区域分割和边界提取。首

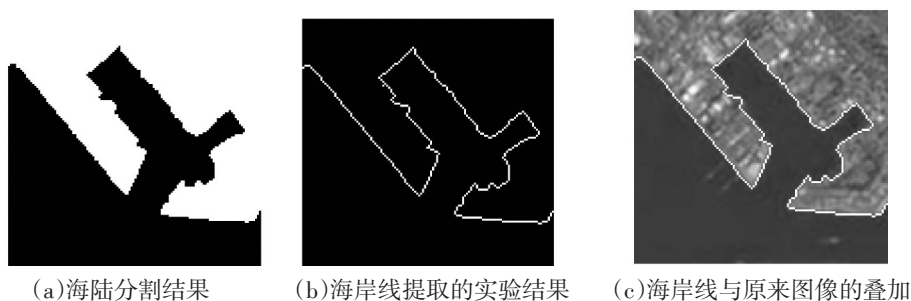


图4 海陆分割及海岸线提取结果

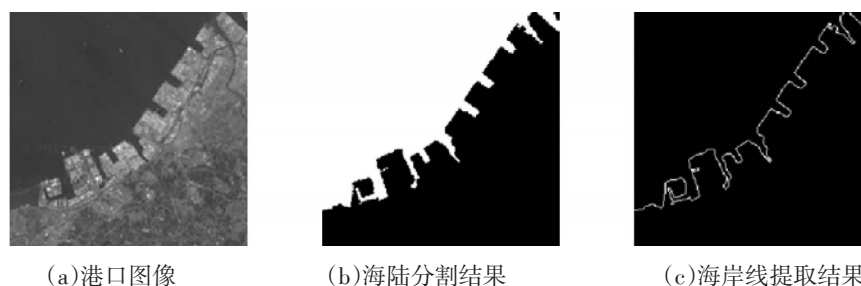


图5 港口图像及其海陆分割和海岸线提取结果

先对目前存在的分割技术进行分析,确定这些方法在文中问题上的局限性和缺陷,然后回归到最基本的阈值分割和边缘检测技术,并受这些基本算法的启发提出一种边界寻找和阈值分割的方法,并通过实验证明了这种方法在进行海陆分割和海岸线的提取方面的有效性,最终实现了海陆分割和海岸线的提取。

参考文献

- [1] 刘德连, 张建奇. 一种基于纹理分割的遥感图像目标探测算法[J]. 红外与毫米波学报, 2006, 25(3):236-240.
- [2] 巫兆聪, 胡忠文, 欧阳群东. 一种区域自适应的遥感影像分水岭分割算法[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2011, 36(3):293-296.
- [3] 巫兆聪, 覃茂运, 张潇. 一种顾及几何特征的云模型遥感影像分割方法[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2008, 33(9):939-942.
- [4] 吴波, 刘嘉, 王宏琦, 等. 一种高分辨率遥感图像目标自动提取方法[J]. 电子与信息学报, 2008, 30(11):2732-2736.
- [5] 李晓峰, 张树清, 刘强, 等. 高分辨率遥感影像的快速分割方法[J]. 红外与毫米波学报, 2009, 28(2):146-150.
- [6] 周立国, 冯学智, 肖鹏峰, 等. 一种频域高分辨率遥感图像线状特征检测方法[J]. 测绘学报, 2011, 40(3):312-317.
- [7] 孙强, 焦李成, 侯彪, 等. 基于子波域自适应融合 HMTseg 算法的遥感图像分割[J]. 西安电子科技大学学报(自然科学版), 2007, 34(6):853-858.
- [8] 杨耘, 马洪超, 林颖, 等. 多水平集演化的高分辨率遥感影像分割[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2008, 33(6):588-591.

欢迎利用期刊网站浏览本刊已发表文章

为了满足读者对《光电技术应用》期刊文章的快速、方便、阅读需求,《光电技术应用》期刊网站(网址为:<http://www.gdjsyy.com>),为读者提供了《光电技术应用》期刊2009~2011年已发表文章的在线浏览。读者可在过刊目录下,查阅2009~2010年期刊各期目录,点击文章题目或摘要,阅读文章全文。欢迎广大读者登陆期刊网站,及时了解《光电技术应用》期刊已发表文章的最新信息。

《光电技术应用》编辑部