江苏辐射沙洲水边线自动提取方法研究

刘永学[1],李满春[1],张忍顺[2]

(1. 南京大学 城市与资源学系, 江苏 南京 210093;2. 南京师范大学 地理科学学院, 江苏 南京 210097)

摘要:针对不同遥感数据源(TM 多光谱、SPOT 多光谱及全色波段),对江苏辐射沙洲水边线的自动提取方法进行了研究,形成基于密度分割(TC2 分量密度分割、饱和度分量图像密度分割)及基于边缘检测(Canny 边缘检测)等 2 类 3 种沙洲水边线提取方法。实验表明:(1)上述 3 种沙洲水边线提取方法在实践中是可行的;(2)通过上述沙洲水边线提取方法,沙洲水边线提取时间大大缩短;(3)由于不受研究者主观影响,水边线提取结果更为准确、客观。

关键词:江苏辐射沙洲;水边线;自动提取方法

中图分类号:P737.1　　文献标识码:A　　文章编号:1000-3096(2004)06-0042-04

沙洲水边线是沙洲在不同潮位下出露的边界,沙洲水边线在研究沙洲动态变化趋势时有着重要的指示意义。从卫星图像上获取沙洲水边线信息,传统的方法是通过目视解译[1,2]。尽管基于目视判读的沙洲水边线提取方法简单,但是要求图像目视判读者不仅具有丰富的地学知识和目视判读经验,而且还需花费大量的时间进行遥感目视判读,劳动强度大,信息获取周期长,遥感图像解译质量同时还受目视判读者的经验、对区域的熟悉程度等各种因素的制约,因此难以适应目前信息化时代的快速处理要求[3]。作者针对不同数据源着重讨论了辐射沙洲水边线的自动提取方法。

1　研究方法

在辐射沙洲区域,地物大致可分为 2 类:沙洲和海水,沙洲主要由细颗粒沉积物组成,并为海水周期性淹没。在应用监督、非监督分类法于辐射沙洲遥感分类研究中发现:非监督分类法提取沙洲边缘自动化程度高,但提取效果较差;监督分类法要求提供较多的训练样本,提取过程中人工干预较多,因此这 2 种沙洲边缘提取方法不在该文讨论范围之类。在辐射沙洲水边线提取的实验中,作者针对不同数据源(Landsat5 TM 多光谱数据、SPOT 多光谱数据及 SPOT 全色数据)形成了以下 2 类沙洲水边线提取方法:(1)基于密度分割的沙洲水边线提取方法。对于多光谱数据而言,依据地物在不同波段上的光谱差异,通过光谱增强,增强两者之间差异,进行密度分割,提取出沙洲水边线;(2)Canny 算子边缘检测算法提取沙洲水边线。对于灰度影像数据而言(如 Spot 全色波段),由于像元灰度值在沙洲水边线(边缘)发生剧烈变化,因此还可通过边缘检测方法将之提取出来。文中所使用遥感数据参数见表 1。

1.1　密度分割法提取沙洲水边线

1.1.1　TC2 分量图像密度分割法提取沙洲水边线

对于 TM 多光谱数据而言,其近红外波段(第 6 波段)的水体辐射值低于其它地物,选用一个合适的阈值进行密度分割[4],可轻松提取出沙洲水边线。但由于 TM 影像中近红外波段的空间分辨率为 60 m,相对其它各波段而言,其边缘精度较粗,要获得更为精确的沙洲水边线则须另辟蹊径。缨帽变换(K-T 变换)是利用图像变量之间的相关性,通过线性变换、光谱空间旋转,建立起 K-T 空间的新轴,达到消除干扰分离信息的目的。变换后的第一分量(TC1)表征"亮度

收稿日期:2003-05-11;修回日期:2004-03-09

作者简介:刘永学(1976-),男,江苏扬州人,南京大学城市与资源学系,博士研究生,主要从事遥感与 GIS 应用研究,电话:025-83593770,E-mail:liuyongxue@sina.com

表 1　实验遥感数据参数

Tab.1　Parameters of the satellite imageries

序号	成像时间(年－月－日 T时:分)	类别	备注
1	2000－03－09 T02:04	Landsat－5 TM	1－7 波段
2	1996－04－07 T02:45	SPOT－2	XL1－3 波段
3	1999－01－20 T02:43	SPOT－2	全色波段

注:卫星成像时间为格林威治时间。

轴”,反映土壤光谱信息;第二分量(TC2)表征“绿度轴”,反映植被光谱信息;第三分量(TC3)为湿度轴,对含水量变化反应较为敏感。在提取过程中,发现反映在 TC1、TC3 分量上的沙洲像元亮度值随含水量的变化而急剧变化,难以确定沙洲、海水密度分割的阈值;而在 TC2 分量图像上,沙洲内部的像元值变化和缓,且与海水的对比最为清晰。因此选用 TC2 分量图像进行密度分割。TM 多光谱影像的沙洲边缘提取过程具体如下:(1) 利用 1∶5 万地形图对原始遥感图像配准。为便于沙洲边缘提取,利用数字化地形图中的岸线为掩模,从遥感影像中切割出需进行水边线提取的研究区。(2)对遥感图像进行缨帽变换。(3)确定适合的阈值,对 TC2 分量图像进行密度分割,将研究区分成两类沙洲和水体。(4) 对密度分割后的图像按 8 邻域进行过滤分析,以合并、去除密度分割时产生的破碎、分离的细小图斑。(5)对所得结果进行栅格——矢量转换,生成沙洲边缘矢量数据。

1.1.2　饱和度分量图像密度分割法提取沙洲水边线

对于 SPOT 多光谱影像而言,简单地通过单波段密度分割法提取沙洲边缘效果较差。在反复实验中,发现在众多影像增强方法中,如将 RGB 颜色空间模型转换为 IHS 色彩空间模型[5],增强效果最好,在转化后的饱和度图像中,海水部分的像元亮度值明显大于沙洲部分的像元值。SPOT 多光谱影像的沙洲边缘提取过程与 TM 多光谱影像沙洲边缘提取过程大致相似,只不过在第 2 步进行 RGB 到 IHS 的转换,在第 3 步密度分割的对象由 TC2 分量图像转成饱和度分量图像而已。

1.2　Canny 边缘检测算法提取沙洲水边线

对于灰度影像而言(如 Spot 全色波段),沙洲水边线(边缘)是以强度突变形式呈现的。反映在遥感图像上沙洲水边线附近的像元亮度变化具有方向和幅度 2 个特征。沿水边线走向,像元亮度值变化比较平缓;而垂直于水边线走向,则像元亮度值变化比较剧烈。在辐射沙洲区,亮度值的剧烈变化呈阶跃状(图 1),可通过边缘检测算法提取沙洲边缘。

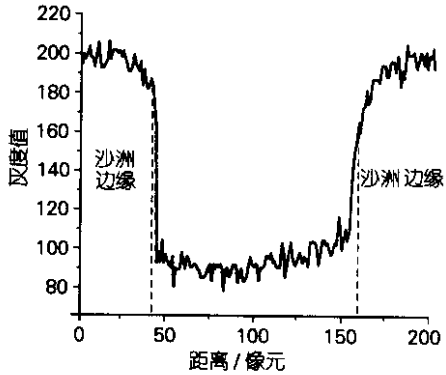

图 1　沙洲横剖面灰度变化

Fig.1　Shade of gray change across sandbank

由于遥感图像一般都含有高斯噪声和非高斯噪声[6],且边缘和噪声在空间域均表现为亮度有比较大的起落;在频域则同反应为高频分量,这就给边缘检测带来困难。经典的边缘检测方法(如梯度算子)类似于高通滤波,仅起到锐化图像边缘的作用,检测效果不佳;而 Robert 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子等由于涉及方向性,当图像较复杂或噪声较丰富时也很难完全检测出边缘。作者采用 Canny 算法[7]对辐射沙洲边缘进行检测。其算法流程如下:

首先,使用高斯滤波器对遥感图像滤波,对窗口中心像元 X,计算其梯度的大小 $|G|$(式 1)和方向 θ(式 2)。下 2 式中,f 为滤波后的图像。

$$|G| = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$\theta = \arctan\left[\frac{\partial f}{\partial y} \atop \frac{\partial f}{\partial x}\right] \quad (2)$$

1	3	2
1	X	1
2	3	4

图 2　非极值抑制比较方向

Fig.2　Compare direction of non – maxima suppression

其次，进行“非极值抑制”，梯度的方向 θ 定义为属于图 2 所示的 4 个区，将之与临近像元比较，确定局部极大值。如中心像元 X 的梯度方向属于第 4 区，则把 X 的梯度与它的左上和右下相邻像元的梯度值进行比较，看 X 的梯度值是否属于局部极大值；如果不是，则将像元 X 的灰度值设为 0(背景值)。再次，进行边缘提取。对梯度取次阈值（T1，T2，T1 = 0.4 × T2)。将梯度值小于 T1 的像元设为 0，得到弱边缘图像 A；将梯度值小于 T2 的像元设为 0，得到强边缘图像 B。由于阈值较低，在弱边缘图像 A 中残留了较多的噪声；由于阈值较高，强边缘图像 B 中保留较少的噪声，但是以部分有用边缘信息的丧失为代价的，A，B 两图中，沙洲的边缘是零散、不连续的。最后连接两幅图像的边缘，因此综合两幅图像的强弱边缘信息，以图像 B 为基础，以图像 A 为补充进行形态学连接。具体连接步骤为：(1) 扫描图像 B，当遇到一个非零灰度值的像元 P 时，跟踪以 P 为开始点的轮廓线，直到该轮廓线的终点 Q。(2) 考察图像 A 中与图像 B 中 Q 点相对应的 Q' 的 8 邻域。如果在 Q' 点的 8 邻域中有非零像元 R' 存在，将之引入到图像 B 中，记为点 R。从 R 开始，重复第 (1) 步，直到无法继续。(3) 当完成对包含 P 的轮廓线的连接后，将之标记为已访问。回到第 (1) 步，寻找下一条轮廓线。重复 (1)，(2)，(3)，直到所有的轮廓线均被标记。(5) 以上各步骤在 Matlab6.5 中实现，最终得到的边缘图像进行栅格——矢量转换，得到辐射沙洲边缘的矢量数据。

2　结果

由于辐射沙洲范围较大，作者仅对北部沙洲的水边线进行提取(图 3)。图 3 – a 为 TC2 分量密度分割法提取的 TM 多光谱影像中的沙洲边缘，密度分割的阈值为 0.51；图 3 – b 为应用饱和度分量图像密度分割法提取的 SPOT 多光谱影像的辐射沙洲边缘，密度分割的阈值为 0.35；图 3 – c 为应用 Canny 算子检测的结果(上下阈值分别为 0.15 和 0.06)。为检验上述 3 种方法提取的沙洲边缘的精度，将之叠加在相应的遥感数据源上进行目视判读，检验边缘提取的效果，图

图 3　沙洲水边线提取结果

Fig.3　Result of sandbank shoreline automatic recognition

中白色边缘为提取的沙洲水边线。

3 讨论

作者利用不同的遥感数据源，对辐射沙洲水边线的自动提取方法进行了探讨。形成了 TC2 分量密度分割法、饱和度分量图像密度分割法和 Canny 边缘检测 3 种方法提取辐射沙洲的边缘。所有方法均由计算机处理，自动化程度高。

实验显示，通过上述沙洲边缘提取方法，沙洲边缘提取时间大大缩短。原先通过目视判读提取沙洲水边线，一景 TM 卫星影像数据需要 4～6 h，基于边缘检测沙洲水边线提取仅需 120 s，基于遥感影像分类的沙洲水边线提取也只需数分钟即可完成。

由于在提取过程中，不受研究人员的主观影响，提取结果更为准确、客观。叠合所提取出的沙洲边缘（矢量格式）在相应的遥感数据源上进行目视判读，检验边缘提取的效果，所提取的沙洲边缘与目视判读的完全一致。

参考文献：

[1] 张忍顺，陈家记．港辐射沙洲内缘区海岸发育及近期演变[J]．海洋通报，1988，**7**(1)：42－49．

[2] 黄海军，李成治．南黄海海底辐射沙洲的现代变迁研究[J]．海洋与湖沼，1998，**29**(6)：640－645．

[3] 秦其明，袁吟欢，陆荣建．卫星图像中不同水体类型识别研究[J]．地理研究，2001，**20**(1)：62－67．

[4] 陆家驹，李士鸿．TM 资料水体识别技术的改进[J]．环境遥感，1992，**7**(1)：17－23．

[5] 党安荣，王晓栋，陈晓峰．ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法[M]．北京：清华大学出版社，2002．113－114．

[6] 杨述斌，彭复员，张增常．基于形态学的遥感图像全方位边缘检测算法研究[J]．遥感信息，2003，1：2－3．

[7] 孙兆林．MATLAB 6.x 图像处理[M]．北京：清华大学出版社，2002．247－249．

Automatic recognition of sandbank shoreline on satellite image

LIU Yong－xue[1]，LI Man－chun[1]，ZHANG Ren－shun[2]

(1. Department of Urban & Resource, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. College of Geographical Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Received: May, 11, 2003

key words: radial sandbanks offshore; automatic recognition; shoreline

Abstract: Based on two different remote sensing data sources (TM multi－active spectrum and SPOT multi－active panchromatic wave－band), three automatic recognition methods of sana bank shorelines were developed. according to density slice and edge detection. (1) three methods can be applied in shoreline automatic recognition; (2) Efficiency of sand shoreline recognition is boosted using these two methods; (3) Result of recognition are more accurate and objective.

（本文编辑 刘珊珊）