

基于 ETM 遥感影像的海岸线提取与验证研究

王李娟¹, 牛 铮¹, 赵德刚², 李英霞¹, 王忠波³, 旷 达¹

(1. 中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室, 北京 100101;

2. 南昌大学建筑工程学院, 江西 南昌 330031;

3. 嘉兴市国土资源局土地勘测信息中心, 浙江 嘉兴 314000)

摘要:利用 ETM 遥感数据,以黄河三角洲为研究区域,运用边缘检测方法中的 Sobel 算法和修复归一化水体指数法(MNDWI)两种方法对该地区的两种海岸线类型——人工海岸和淤泥质海岸进行海岸线提取研究,并验证评价海岸线提取效果。结果表明,Sobel 算法提取的海岸线准确度更高,在淤泥质海岸提取中表现更为明显,相对误差由 0.025%降低为 0.018%。

关 键 词:海岸线提取;Sobel 算子;MNDWI

中图分类号:TP 79 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2010)02-0235-05

1 引 言

应用遥感影像对海岸线进行研究,国内外已经有很多成功的先例。Margart M. D'lorio^[1]利用 RS 和 GIS 技术,详细评估了红树林的损坏对沉积质变化和海岸线迁移的影响。Manavalan P^[2]等对 Landsat TM4 波段图像应用密度分割法成功提取河流和湖泊体。郑全安^[3]等以 Landsat 卫星遥感图像为数据源,利用传统的目视解译法解译出胶州湾的海岸线,并量算出胶州湾岸线的总长度和总水域面积。姜义^[4]等针对中国典型的淤泥质海岸带的海湾——渤海湾,应用不同时期的历史资料及多时相的 MSS、TM、ETM 等遥感数据,经计算机处理提取了渤海湾近百年的海岸线的变化信息。王琳^[5]等利用多时相的 Landsat 卫星影像,通过修复归一化水体指数法(MNDWI)提取了厦门市 1989~2000 年的海岸线变化信息,并分析了海域面积未来的变化趋势。杨虎^[6]等提出用 Sobel 算子滤波方法对不同时期相的 SAR-TM 融合图像进行边缘检测,使水边线更加清晰。

本文在前人对海岸线研究基础之上,运用图像边缘检测算法(Sobel 算子)和修复归一化水体指数法(MNDWI),对黄河三角洲地区的两种海岸

线——人工海岸和淤泥质海岸进行了海岸线提取,并对提取结果进行了评价验证。

2 数据和方法

2.1 研究区概况与数据源

本文所选取的研究区为黄河三角洲,该三角洲以垦利县宁海为轴点,北起套尔河口,南至淄脉河口,向东散开形成扇状地形,现代黄河三角洲是 1855 年以来,黄河冲积作用形成的冲积扇,是中国年轻的陆地。黄河三角洲地区海岸类型主要有人工海岸和淤泥质海岸两种。

研究数据选取黄河三角洲地区的 2000 年 5 月 2 日的 Landsat ETM 数据。该时期不是黄河的汛期,黄河河口含沙量不是很高,海陆分界线相对明显。

其中 753 彩色合成图像为 ETM 影像中的 7、5、3 波段分别赋予红绿蓝彩色合成的图像,Pan 影像为 ETM 遥感影像中的全色波段。

2.2 研究方法

到目前为止,海岸线提取方法主要有目视解译和计算机自动提取两种方法^[7]。本文欲运用两种方法:图像边缘检测方法中的 Sobel 算子,修复归一化水体指数法(MNDWI)分别对黄河三角洲地区的两种海岸线进行提取。

收稿日期:2009-11-20;修订日期:2010-03-10

基金项目:国家重点基础研究发展计划项目(2007CB714406),国家科技支撑计划(2008BAC34B03),国家自然科学基金(40971202),欧盟项目 CEOP-AEGIS(FP7-ENV-2007-1 Grant nr. 212921)。

作者简介:王李娟(1984—),女,硕士研究生,主要从事遥感应用方面的研究。E-mail:muzixin8866@163.com。

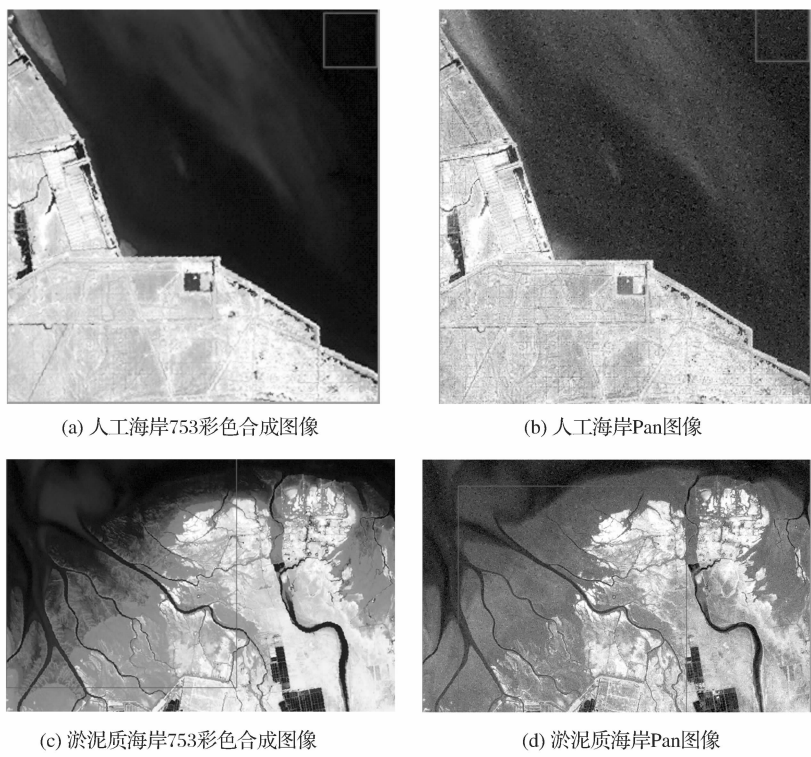


图 1 人工海岸和淤泥质海岸图像

Fig. 1 The images of artificial coast and muddy coast

2.2.1 图像边缘检测法(Soble 算子)

比较常用的图像边缘检测方法有 Roberts 算子、Soble 算子、Prewitt 算子、Canny 算子等。本文运用 Soble 算子方法对图像进行边缘检测,然后从图像中勾绘出海岸线。Soble 算子是一阶微分算子,它利用像素周围邻近区域的梯度值来计算该像素的梯度,并且根据阈值来取舍最后确定梯度值,它由下式给出:

$$s = (dx^2 + dy^2)^{1/2} \tag{1}$$

Soble 算子很容易在空间上实现,下图所示的是 Soble 算子中的 2 个卷积核,该卷积核为一个 3×3 算子模板,其中一个核对图像垂直边缘响应最大,另一个对水平边缘响应最大。最后以 2 个卷积核计算后得出的最大值作为该点的输出值。运行结果是 1 幅边缘幅度图像。

$$\begin{vmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{vmatrix}$$

图 2 卷积核

Fig. 2 Convolution kernel

Soble 边缘提取器不但产生较好的边缘提取效果,而且受噪声的影响也比较小,能提供较为精确的边缘方向信息,是一种较为常用的边缘提取方法^[8]。

2.2.2 修复归一化水体指数法(MNDWI)

修复归一化水体指数是徐涵秋^[9]在 McFeeters^[10]提出的归一化水体指数 NDWI 基础上修改提出的,其数学表达式为:

$$MNDWI = \frac{Green - MIR}{Green + MIR} \tag{2}$$

其中:MIR 和 Green 分别代表中红外波段和绿光波段的反射率,对于 Landsat 来说,分别代表 TM、ETM 的 5 波段和 2 波段。

水体在 MNDWI 影像上表现出高亮度,所对应的 MNDWI 值高,非水体部分值很低,这样就很容易地提取出水边界^[5]。因此修复归一化水体指数能够很好地将水体和陆地分开。

3 结果分析

3.1 两种方法提取结果

3.1.1 人工海岸

图 3(a)、(b)、(c)分别为 Soble 算子、修复归一化水体指数法以及全色波段 HIS 融合图像中提取的海岸线与图像的叠合,(d)中为上述提取的 3 条海岸线的叠合,其中红色为 Soble 算子提取的海岸线,绿色为修复归一化水体指数法提取,粉红色为全色波段融合图像中提取。

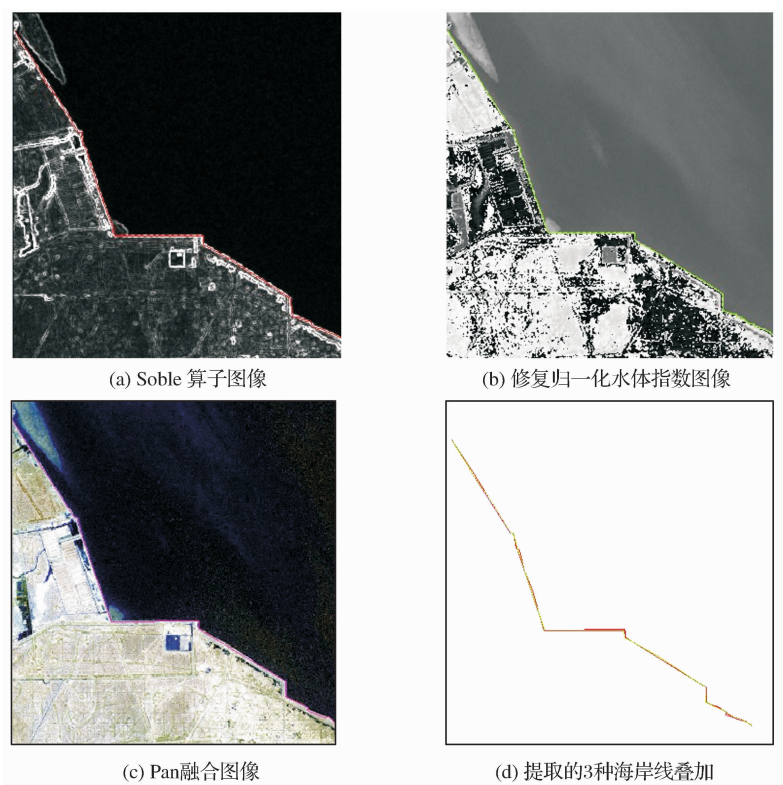


图 3 人工海岸提取结果
Fig. 3 The result of artificial coast

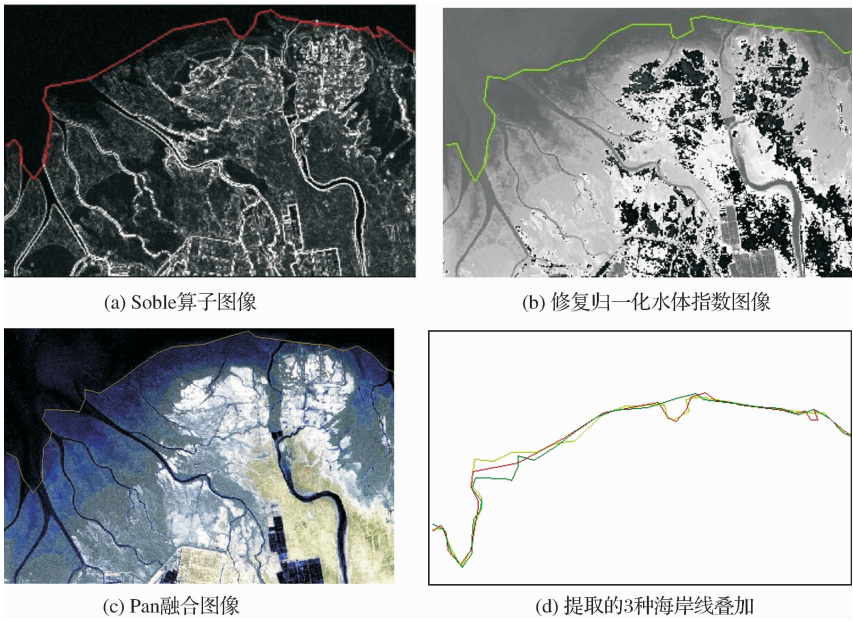


图 4 淤泥质海岸提取结果
Fig. 4 The result of muddy coast

3.1.2 淤泥质海岸

图 4 中(a)、(b)、(c)分别为 Soble 算子、修复归一化水体指数法、以及全色波段 HIS 融合图像中提取的海岸线与图像的叠合,(d)中为上述提取的 3 条海岸线的叠合,其中红色为 Soble 算子提取的海岸

线,绿色为修复归一化水体指数法提取,棕色为全色波段融合图像中提取海岸线。

3.2 目视分析与结果验证

目视观察分析 Soble 算子和修复归一化水体指数法提取的海岸线与高分辨率融合图像的叠合结果

图,这两种方法的提取效果都令人满意。人工海岸,形状比较规则,海陆分界线明显,两种方法提取的海岸线边界与高分辨图像中的边界都吻合的很好,提取效果令人满意。淤泥质海岸,水沙混合,边界比较模糊,海岸线提取有一定的困难。总体来说,两种方法的提取效果都令人满意。其中 Soble 算子提取的海岸线边界与高分辨图像中的边界吻合的更好,说明在淤泥质海岸提取上 Soble 算子优于修复归一化水体指数法。

目视观察分析,对海岸线提取结果进行定性分析,主观性较强,存在一定的误差。本文引入一系列相关评价指标客观评价海岸线提取结果。客观验证提取结果可以分为实地验证和利用较高分辨率的影像及相关材料进行验证。实地验证操作起来比较困难,需要耗费大量的人力物力。故本文采用后一种方法,此方法曹荣龙^[11]等在评价提取水体面积时得到了较好的应用。本文对于 ETM 卫星影像,使用其全彩色波段(分辨率为 15 m)融合处理之后的图像(分辨率调高为 15 m)提取出的海岸线来进行验证评价。选用相对误差作为评价指标,相对误差=(测量值-真值)/真值*100%。评价过程如下:

(1) 目视解译融合后的高分辨率影像,提取海岸线,将其作为真值。为减少目视解译过程中人为因素的干扰,本文采用 3 位解译人员目视解译结果的平均值作为误差计算的真值。

(2) 同样的方法分别计算 Soble 算子和修复归一化水体指数法提取的海岸线长度,得到两种方法的测量值。

(3) 分别计算 Soble 算子和修复归一化水体指数法提取结果的相对误差。

从表 1 中可以得出,人工海岸线采用 Soble 算子和修复归一化水体指数法提取海岸线的相对误差都非常小,分别为-0.00639%和-0.00647%,说明

表 1 两种方法提取海岸线结果比较

Table 1 Comparison of two methods to extract the coastline			
类型	Pan 融合提取 海岸线长度/m	Soble 算子提取 海岸线长度/m	MNDWI 提取 海岸线长度/m
人工海岸	14 915.27	14 820	14 818.83
相对误差/%		-0.00639	-0.00647
淤泥质海岸	27 278.1	27 768.2	27 967.23
相对误差/%		0.018	0.025

这两种方法在提取形状规则的人工海岸线时都能达到很高的精度。淤泥质海岸线采用 Soble 算子和修

复归一化水体指数法提取海岸线的相对误差分别为 0.018%和 0.025%,都在误差允许的范围之内,说明这两种方法在提取形状复杂的淤泥质海岸线时也都能达到令人满意的效果,其中 Soble 算子法的相对误差更小,说明 Soble 算法提取淤泥质海岸线时准确度更高。以上分析结果也与目视观察分析的结果相吻合。

4 结 语

本文采用了两种海岸线提取方法——图像边缘检测算法中的 Soble 算子和修复归一化水体指数法(MNDWI)对黄河三角洲地区的人工海岸和淤泥质海岸线进行了海岸线提取。采用目视观察分析的定性评价方法和计算相对误差的定量评价方法,对两种海岸线提取方法的结果进行了验证评价。结果表明:对于黄河三角洲地区的人工海岸和淤泥质海岸线,Soble 算子和修复归一化水体指数法两种方法的提取结果都令人满意,其中 Soble 算子相比较修复归一化水体指数法,提取精度更高一些,在淤泥质海岸提取中表现更为明显,0.018%的相对误差明显低于修正归一化水体指数法的 0.025%。

目前对海岸线的研究还只是局限于有限的范围,采用的方法也只是局限于特定的海岸线类型,虽然海岸线提取方法有很多种,但是多缺乏普遍适应性。因此,在海岸线提取工作中,选取合适的方法显得尤为重要。希望本文的研究结果能为海岸线提取工作提供一定的参考。

参考文献:

[1] Margart M D'lorip. Mangroves and Shoreline Change on Molokai, Hawaii: Assessing the Role of Introduced Rhizophora mangle in Sediment Dynamics and Coastal Change Using Remote Sensing & GIS[D]. The Degree of Doctor of Philosophy in Earth Sciences,2003.

[2] Manavalan P,Sathyanath P,Rajegowda G L. Digital Image Analysis Techniques to Estimate Waterspread for Capacity Evaluations of Reservoirs[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,1993,59(9):1389-1395.

[3] Zheng Quan'an,Wu Longye. A Remote Sensing Study of Jiaozhou Bay:I. Measurement of Total Area and Coast of Line[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica,1991,22(3):193-199. [郑全安,吴隆业. 胶州湾遥感研究:I. 总水域面积和总岸线长度量算[J]. 海洋和湖沼,1991,22(3):193-199.]

[4] Jiang Yi,Li Jianfen,Kang Hui,et al. A Remote Sensing Analysis of Coastline Changes along the Bohai Bay Muddy Coast in the Past 130 Years [J]. Remote Sensing for Land & Resources,2003(4):54-58. [姜义,李建芬,康慧,等. 渤海湾西岸

近百年以来海岸线变迁遥感分析[J]. 国土资源遥感,2003,(4): 54-58.]

[5] Wang Lin,Xu Hanqiu,Li Sheng. Dynamic Monitoring of the Shoreline Changes in Xiamen Island with Its Surrounding Areas of SE China Using Remote Sensing Technology [J]. Remote Sensing Technology and Application,2005,20(4):404-410. [王琳,徐涵秋,李胜. 厦门岛及其邻域海岸线提取方法[J]. 遥感技术与应用,2005,20(4):404-410.]

[6] Yang Hu,Guo Huadong,Wang Changlin. Coast Line Dynamic Inspect and Land Cover Classification at Yellow River Mouth Using TM-SAR Data Fusion Method[J]. Geography and Territorial Research,2001,17(4):15-19. [杨虎,郭华东,王长林. TM-SAR 数据融合在黄河口沙嘴动态监测中的应用研究[J]. 地理学与国土研究,2001,17(4):15-19.]

[7] Ma Xiaofeng,Zhao Dongzhi. Means of Withdrawing Coastline by Remote Sensing[J]. Marine Environmental Science,2007,26(2):185-189. [马小峰,赵东至. 海岸线卫星遥感提取方法研究[J]. 海洋环境科学,2007,26(2):185-189.]

[8] Zhang Chaoyang. The Research of Remote Sensing Image Coa-stline Extraction and Change Detection Technology [D]. PLA Information Engineering University,2006. [张朝阳. 遥感影像海岸线提取及其变化检测技术研究[D]. 中国人民解放军信息工程大学. 2006.]

[9] Xu Hanqiu. Remote Sensing Information Extraction of Urban Built-up Land Based on a Data-dimension Compression Technique[J]. Journal of Image and Graphics,2005,10(2):223-229. [徐涵秋. 基于压缩数据维的城市建筑用地遥感信息提取技术[J]. 中国图像图形学报,2005,10(2):223-229.]

[10] McFeeters S. The Use of the Normalized Difference Water Index(NDVI) in the Delineation of Open Water Features[J]. International Journal of Remote Sensing,1996,17(7):1425-1432.

[11] Cao Ronglong,Li Cunjun. Extracting Miyun Reservoi's Water Area and Monitoring Its Change Based on a Revised Normalized Different Water Index[J]. Science of Surveying and Mapping,2008,33(2):158-160. [曹荣龙,李存军. 基于水体指数的密云水库面积提取及变化监测[J]. 测绘科学,2008,33(2):158-160.]

The Study of Coastline Extraction and Validation Using ETM Remote Sensing Image

WANG Li-juan¹,NIU Zheng¹,ZHAO De-gang²,LI Ying-xia¹,
WANG Zhong-bo³,KUANG Da¹

(1. The State Key Laboratory of Remote Sensing Science ,Institute of Remote Sensing Applications , Chinese Academy of Sciences ,Beijing 100101,China;2. College of Civil Engineering and Architecture , Nanchang University ,Nanchang 330031,China;3. The Bureau of Land and Resources Jiaxing Information Centre of Land Reconnaissance and Survey ,Jiaxing 314000,China)

Abstract: Using the ETM remote sensing image and two kinds of methods——Soble arithmetic which is one of the edge detection methods and MNDWI,there is going to research the coastline extraction in Yellow River delta which has artificial coastline and muddy coastline,then validate and evaluate the coastline extractions. The result indicates that the Soble arithmetic is more accurate. This is especially obvious in the muddy coastline,and we can find that the relative error has reduced to 0.018% from 0.025%.

Key words: Coastline extraction; Soble arithmetic; MNDWI