

DOI: 10.3969/j.issn.1672-6685.2009.03.024

# 基于小波变换的连云港海岸线遥感信息提取

郭衍游, 卢霞, 邵飞卿

(淮海工学院 测绘工程学院, 江苏 连云港 222001)

**摘要:** 为提取连云港海岸线, 确定海岸线的准确位置, 选取 2005 年 Landsat 5 TM 遥感数据, 利用 harr 小波变换方法对影像数据进行增强处理, 然后用目视解译法确定水陆分界线的位置。由于研究区内水陆分界线位置随潮汐变化较小, 其变化幅度在遥感影像上小于 1 个像元, 因此, 解译得到的海陆分界线可以作为海岸线。为检验方法的有效性, 利用 GPS 对海岸线进行了实地观测。实测值与解译值对比表明, 解译精度平均偏差在纬度方向上为 8.33m, 经度方向上为 4.32m, 小波变换对图像的增强作用明显。

**关键词:** 遥感; 小波变换; 海岸线; 连云港

中图分类号: P413

文献标识码: A

文章编号: 1672-6685(2009)03-0086-04

## Remote Sensing Information Abstraction of Lianyungang Coastal Line Based on Wavelet Transformation

GUO Yan-you, LU Xia, SHAO Fei-qing

(School of Geodesy & Geomatics Engineering, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222001, China)

**Abstract:** In order to abstract Lianyungang coastal line and determine its location accurately, we chose Landsat 5 TM remote sensing data of 2005, and got the location of the boundary between sea and land by enhancing the processing of harr wavelet transformation and by visual interpretation. Since the variation of the boundary location induced by tides is slight and less than a pixel of TM image, the interpreted sea-land boundary can be taken for coastal line. In order to validate this method, we investigate 10 GPS observations along the Lianyungang coastal line. A comparison of GPS observations and interpretations shows that the average bias of latitude is 8.33 m, and that of longitude 4.32 m. It also shows that the wavelet transformation enhances the image significantly.

**Key words:** remote sensing; wavelet transformation; coastal line; Lianyungang

## 0 引言

海岸带作为海洋系统与陆地系统相连接、复合、交叉融通的地理地带, 既是地球表面最为活跃、现象与过程最为丰富的自然区域, 也是资源类别、品种、

环境条件最为优越的区域。海岸带由海岸、潮间带、水下岸坡 3 个基本单元组成, 其准确范围难以界定, 且处于动态变化过程中<sup>[1]</sup>。海岸线则是海岸带变化的标志之一。利用遥感技术监测海岸线的变化具有宏观、快速、客观的优点, 国内外学者对此开展了诸

\*收稿日期: 2009-06-12; 修订日期: 2009-07-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40806011); 淮海工学院自然科学基金资助项目(Z2006029)

作者简介: 郭衍游(1977-), 男, 湖北阳新人, 淮海工学院测绘工程学院副教授, 博士, 主要从事近海海洋学方面的研究, (E-mail) guoyanyou@gmail.com

多研究和应用<sup>[2-5]</sup>。综合起来, 海岸线的遥感监测, 从数据源角度来说, 主要有多光谱遥感卫星数据、雷达数据以及航片影像等; 从采用的方法来说, 主要包括目视解译法、神经网络法、密度分割法、空间滤波和小波变换等。而有关连云港市海岸带海岸线的遥感监测研究则未见报道。因此, 本文采用小波变换对连云港地区遥感数据进行增强处理, 然后提取得到连云港地区海岸线, 具有实际意义。

## 1 研究区概况

连云港位于我国海岸南北分界处, 也是南北气候的过渡带, 是国际鸟类迁徙通道的重要接点, 有着丰富的滨海旅游资源。地理坐标为北纬  $34^{\circ} 12' \sim 35^{\circ} 07'$ , 东经  $118^{\circ} 24' \sim 119^{\circ} 48'$ 。东西最大横距约 129 km, 南北最大纵距约 132 km, 总面积约 7 444 km<sup>2</sup>。海州湾是江苏的重要渔场之一, 是赣榆、连云港等地区海洋捕捞和海水养殖的重要场所。

## 2 数据获取和预处理

### 2.1 数据获取

本文所采用的遥感数据主要来自于 2005 年 2 月 26 日的 TM 遥感数据(如图 1 所示)。该数据经过了几何粗校正, 其投影信息为 GAUSS KRUGER 20, 地球椭球体为 KRASOVSKY 1940, 图像空间分辨率为 30 m。非遥感数据主要是利用 GPS 实测得到的连云港海岸线定位数据以及相关的连云港市行政区划界限。

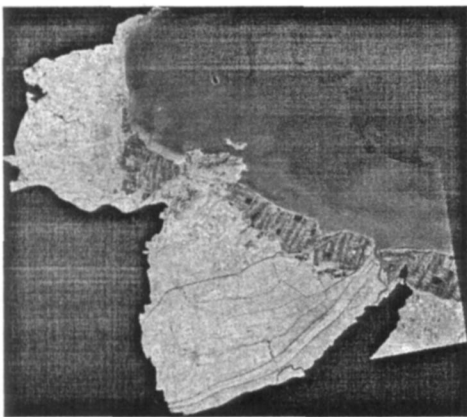


图 1 连云港海岸带 TM RGB 543 彩色合成图

Fig. 1 Color composition of TM RGB 543 of Lianyungang coastal zone

### 2.2 数据预处理

为尽可能准确地确定海岸线的空间位置, 需要先对 TM 遥感数据进行几何配准。配准时, 以经过几何精校正的 2007 年 TM 遥感图像为基准, 在图像范围内均匀选取 23 个控制点, 比较两景图像中控制点的坐标。得到控制点误差平均值为 0.45 m, 完全控制在半个像元以内。

海岸线对海岸带变化具有指示性作用, 人类活动及自然环境变化都会影响海岸线的位置和形态。在提取海岸线位置信息时, 将海岸带范围进行裁剪有利于研究海岸带的环境变化。前已述及, 海岸带空间范围的准确界定尚无统一标准。本文对连云港市海岸带范围的确定是采用的如下方案: 陆域部分通过行政界限来界定, 海域部分通过 20 m 等深线来界定(如图 1 所示)。

## 3 基于小波变换的海岸线提取

小波变换是当前应用数学和工程学科中一个迅速发展的新领域, 在信号分析、图像识别、数据压缩、地球观测资料分析等方面有广泛的应用<sup>[6]</sup>。其基本原理<sup>[7]</sup>如下。

设  $\phi(t) \in L^2(-\infty, \infty)$ , 其傅立叶变换为  $\Phi(\omega)$ , 当  $\Phi(\omega)$  满足允许条件

$$C_{\phi} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\Phi(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty \quad (1)$$

时, 称  $\phi(t)$  为一个基本小波或母小波。将母函数  $\phi(t)$  伸缩和平移后得

$$\phi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \phi\left(\frac{t-b}{a}\right), a, b \in \mathbb{R}, a \neq 0, \quad (2)$$

称其为一个基本小波序列, 其中  $a$  为伸缩因子,  $b$  为平移因子。对于任意的函数  $f(t) \in L^2(-\infty, \infty)$ , 其连续小波变换为

$$W_f(a, b) = \langle f, \phi_{a,b} \rangle = |a|^{-\frac{1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \phi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad (3)$$

其重构公式(逆变换)为

$$f(t) = \frac{1}{C_{\phi}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{a^2} W_f(a, b) \phi\left(\frac{t-b}{a}\right) da db. \quad (4)$$

与傅立叶变换相比, 小波变换具有时频局部化及多尺度性, 能敏感地反映突变信号<sup>[7]</sup>。在遥感影像中, 海岸线通常表现为信号突变部分, 通过小波变换处理后, 可以增强海岸线的信息, 利于准确提取其空

间位置。

海岸线是指海水在多年平均大潮高潮位时刻的海陆分界线。由于遥感影像分辨率较低,为30 m,所以在海岸线信息提取时可以忽略潮位的影响。

本文采用的技术路线为:首先在ENVI软件中,将TM影像中海岸带部分裁剪出来,采用harr小波

基,进行三级小波变换,如图2所示,其中a为原始图像,b为一级小波变换结果,c为二级小波变换结果,d为三级小波变换结果。可以看出三级小波变换的边缘检测结果最大程度地突出了水陆分界线,然后在此基础上利用目视解译法提取连云港海岸线的位置信息(图3)。

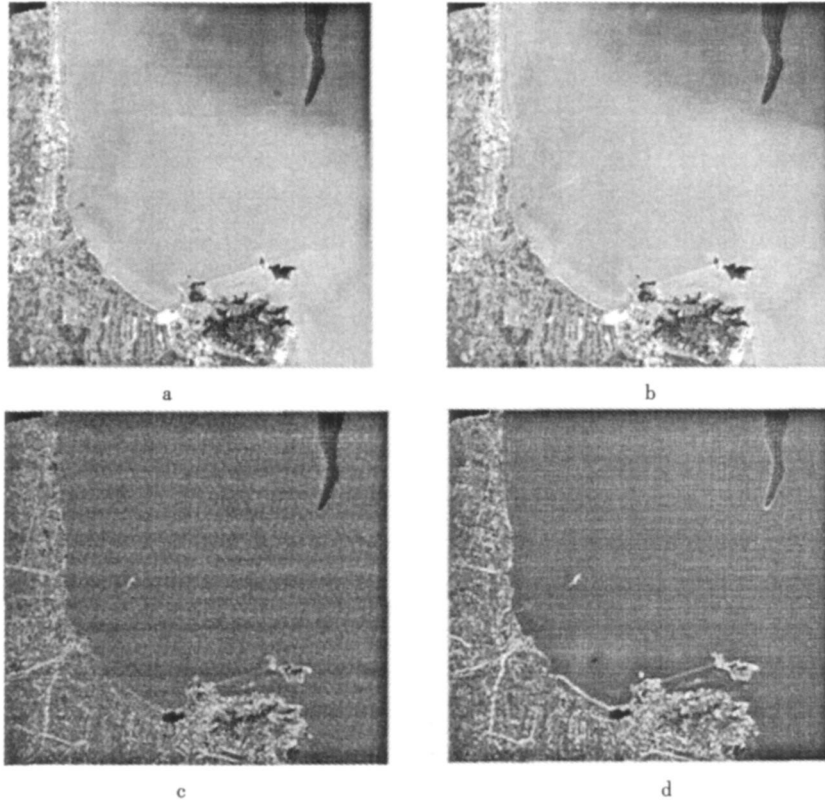


图2 小波变换结果图

Fig. 2 Wavelet transformation of Lianyungang TM image

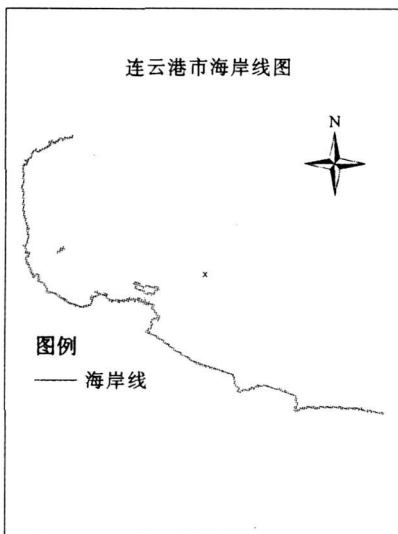


图3 连云港市海岸线遥感提取结果图

Fig. 3 Subtracted coastal line of Lianyungang area

## 4 验证

利用遥感图像提取海岸线具有快速、宏观、成本低的优点,但是准确度比GPS观测或地面观测低。为了验证基于小波变换的遥感岸线提取结果,本文选取了10个海岸线GPS定位数据作为验证数据,如表1所示。该数据测于2007年,测点均位于多年平均高潮位时水陆分界线处。验证结果表明:10个验证点中,纬度的最大偏差为27.75 m,最小偏差为4.01 m,平均偏差为8.33 m;经度的最大偏差为7.11 m,最小偏差为2.79 m,平均偏差为4.32 m。纬度偏差明显大于经度偏差。以上验证结果表明:小波变换对遥感图像的增强效果明显,增强后提取的海岸线位置准确度较高,该方法应用于连云港地区取得了良好效果。监测是完全可行的。

表 1 遥感提取海岸线位置的验证

Table 1 Validation of the position of coastal line abstracted from remote sensing image

点号	GPS 测点位置	遥感提取岸线位置	偏差	
			经纬度	距离/m
1	34°28'21.5"N	34°28'21.16"N	- 0 90"	- 27.75
	119°46'50.7"E	119°46'50.34"E	- 0 27"	- 6.85
2	34°33'23.75"N	34°33'23.35"N	+ 0 40"	12.33
	119°38'39.56"E	119°38'39.73"E	- 0 17"	- 4.32
3	34°40'41.50"N	34°40'41.86"N	- 0 36"	- 11.10
	119°27'5.17"E	119°27'5.32"E	- 0 15"	- 3.81
4	34°43'9.93"N	34°43'9.56"N	+ 0 37"	11.41
	119°28'26.69"E	119°28'26.84"E	- 0 15"	- 3.81
5	34°42'24.94"N	34°42'24.70"N	+ 0 24"	7.40
	119°30'31.83"E	119°30'31.69"E	+ 0 14"	3.55
6	34°44'42.99"N	34°44'42.79"N	+ 0 20"	6.17
	119°23'36.79"E	119°23'36.90"E	- 0 11"	- 2.79
7	34°45'51.16"N	34°45'51.32"N	- 0 16"	- 4.93
	119°19'46.19"E	119°19'46.37"E	- 0 18"	- 4.57
8	34°47'32.24"N	34°47'32.42"N	- 0 18"	- 5.55
	119°13'22.87"E	119°13'22.76"E	+ 0 11"	2.79
9	34°41'54.36"N	34°41'54.49"N	- 0 13"	- 4.01
	119°11'14.4"E	119°11'14.24"E	- 0 20"	- 5.08
10	35°3'31.32"N	35°3'31.62"N	- 0 30"	- 9.25
	119°13'34.26"E	119°13'34.54"E	- 0 28"	- 7.11

## 5 结论

本文利用小波变换的多尺度边缘增强海陆界线,对海岸线进行矢量化,最后用实测数据对遥感数据进行检验,得到如下结论。

(1) 利用小波变换的多尺度边缘增强海陆界限,结果表明三级小波变换能有效地增强水陆边界。

(2) 实测 GPS 观测点验证结果表明,纬度方向上的平均偏差为 8.33 m,经度方向上的平均偏差为 4.32 m,该方法是完全可行的。

### 参考文献:

[1] 恽才兴,蒋兴伟.海岸带可持续发展与综合管理[M].北京:海洋出版社,2003.  
 [2] FRAZIER P S, PAGE K J. Water body detection and delineation with Landsat TM data[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2000, 66 (12):

1464-1467.

[3] RYAN T W, SEMINTILLI P J, YUEN P, et al. Extraction of shoreline features by neural nets and image processing[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1991, 57(7): 947-955.  
 [4] LOHANI B, MASON D C. Construction of a digital elevation model of the Holdenress Coast using the waterline method and airborne thematic mapper data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1999, 20(3): 593-607.  
 [5] MASON D C, DAVENPORT I J. Accurate and efficient determination of the shoreline in ERS-1 SAR images[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1996, 34(5): 1243-1253.  
 [6] 蒋廷臣,王秀萍.基于小波变换的变形监测分析研究[J].淮海工学院学报:自然科学版,2005,14(1): 9-13.  
 [7] 奉前清,杨宗凯.实用小波分析[M].西安:西安电子科技大学出版社,2000.

(责任编辑:褚金红)