

# Dynamic Monitoring of Coastal Tidal Flat Change of Nantong City

Haiyong Ding<sup>1</sup>, Jianwei Huan<sup>2</sup>, Haibin Luo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Geography and Remote Sensing, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing Jiangsu

<sup>2</sup>Zhangjiagang Hong Kong and China Gas Co. Ltd., Zhangjiagang Jiangsu  
Email: hyongd@163.com

Received: Apr. 10<sup>th</sup>, 2017; accepted: Apr. 27<sup>th</sup>, 2017; published: Apr. 30<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

The environment of natural coastal zone was complex and varied rapidly. In order to get the information about the change of coastal beach in Nantong city in recent years, we used the Landsat remote sensing images in 2000, 2009 and 2014, respectively. The coastlines and artificial reclamation of these three years were analyzed. By extracting the boundary line of artificial reclamation, the reclamation area and increase the amount of years could be obtained in recent years. This study provides a scientific basis for the scientific protection and the later sustainable development.

## Keywords

Coast Line, Change Detection, Remote Sensing

---

# 南通市沿海滩涂变化监测研究

丁海勇<sup>1</sup>, 宦建巍<sup>2</sup>, 罗海滨<sup>1</sup>

<sup>1</sup>南京信息工程大学地理与遥感学院, 江苏 南京

<sup>2</sup>张家港港华燃气有限公司, 江苏 张家港  
Email: hyongd@163.com

收稿日期: 2017年4月10日; 录用日期: 2017年4月27日; 发布日期: 2017年4月30日

---

## 摘要

自然海岸带环境复杂多样, 变化较快。为了得到江苏省南通市近年来的沿海滩涂变化信息, 本文利用

Landsat卫星获取的2000、2009、2014年遥感影像，分别得到三年的海岸线和人工围垦滩涂边界线，对南通市沿海滩涂近年来的变化进行分析研究。通过对人工围垦滩涂边界的提取，得到近几年滩涂围垦的面积和年增加量。本文研究将为滩涂资源的保护和后期进行可持续地开发滩涂资源提供科学依据。

## 关键词

海岸线，变化海检测，遥感

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

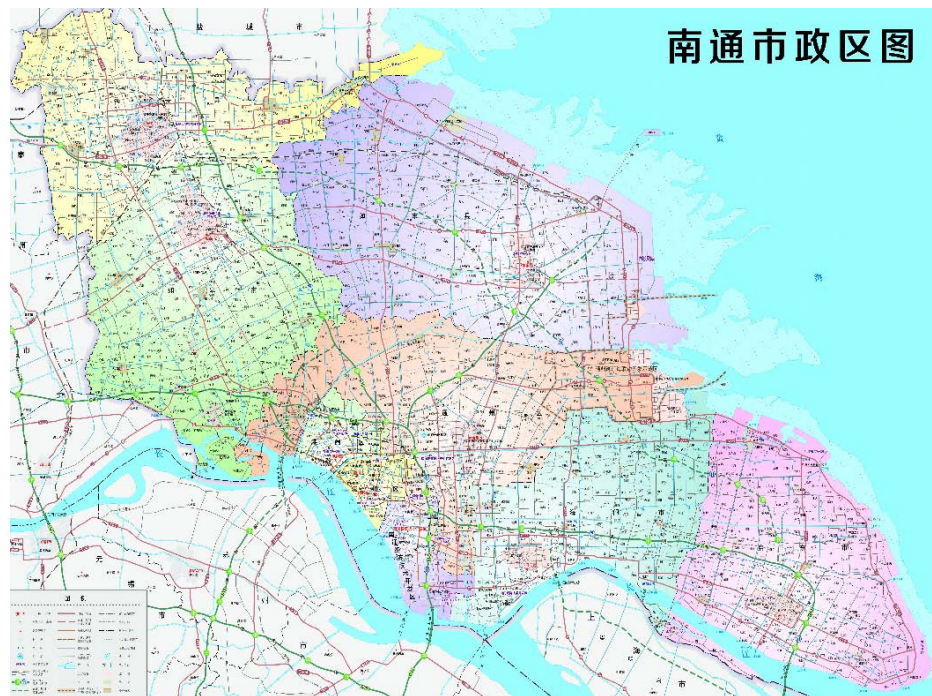
海岸带是陆地边缘与海洋相互交错、相互影响的地带[1]。海水受到引力的作用，在陆地一定的范围内做起伏运动，使得海岸带成为最为活跃的自然地带。这样的形成环境决定了海岸带资源的复杂性[2]。随着经济的发展与人口的持续增加，土地资源越来越难以满足人们生存发展的需求，海洋辽阔、广大，海岸带土地资源丰富，各种开发海洋资源的生产活动应运而生，如围海造地、土地开垦、圈海养殖等。但是，由于人们可持续性开发和科学开发知之甚少，导致对海洋资源的破坏，甚至毁灭性打击，如近海岸水体污染、渔业枯竭。因此，人们迫切希望能对海岸带的变化状况进行深刻的了解，便于在后续的开发过程中遵循自然发展规律[3] [4] [5] [6]。

有各种研究海岸带变化的方法被提出，如历史海图判读、地形图判读、实测海岸线分析判读的方法，这些方法有的比较准确，但是存在许多缺点。一方面，海岸带研究需要大尺度的观测资料，这些方法难以进行大范围调查。另一方面，受海洋动力的影响，海岸带无法保持一个稳定的形态供人们研究，常规方法便失去了其意义。人们迫切希望能有一种新的方法在保证准确度的同时，能进行及时快速的海岸带调查与数据更新。遥感技术以其宏观、快速、综合、高频、动态、节省资源等突出优势，能在大范围区域内，对多种地表资源和土地利用覆盖变化进行有效分析。近年来，各种新的遥感数据源和数据处理技术也被逐渐应用于海岸线提取，如基于摄影测量的海岸线提取方法[7]、基于多光谱遥感影像和机器学习的海岸线提取方法[8]-[18]、基于高分辨率遥感影像的海岸线提取方法[19] [20]、基于 LiDAR 点云数据的海岸线提取方法[21]等。这些丰富的数据和有效的方法为更加准确的海岸线提取提供了可能。

利用长时间序列的影像数据或地图数据对海岸线的时空变化规律进行分析尤为重要。赵玉灵利用多期卫星遥感影像数据分析了我国海岸线近 30 年的变化规律[22]、陈正华等利用四期卫星遥感影像数据分析了 1986 年至 2009 年浙江省海岸线变化[23]、张晓祥等利用地图数据和遥感数据对江苏省自南宋以来的海岸带变迁规律进行了分析[24]、李猷等利用四期遥感影像对深圳市自 1987 年至 2005 年的海岸带动态演变规律进行了研究[25]、王诗洋等利用 Landsat 多光谱影像数据对我国的海岸线变化规律进行了分析[26]。这些研究表明，不同区域的海岸线变化呈现出不同的规律和不同的驱动因素，对这些驱动机制的分析揭示了人类活动与自然环境变化的关系。

## 2. 研究区及数据

江苏省南通市处于东经 120 度 12 分到 121 度 55 分之间，北纬 31 度 1 分到 32 度 43 分之间(图 1)。南通市海岸线较长、海洋资源丰富，靠近黄海、渤海以及长江，是良好的天然港口，也是天然的养殖基



**Figure 1.** Figure of Nantong administrative divisions  
**图 1.** 南通市行政区划图

地，重要的海上交通要道。临海地区有众多的养殖基地、水产品培育基地，为人们提供了众多就业机会。南通人民很早就开始围垦土地，用于海产品养殖和农民种植杂粮。随着改革开放，人们对土地的需求越来越多，对沿海土地的围垦也加快了步伐。

研究数据是自中国地理空间数据云下载的 Landsat 卫星 2000 年 11 月 5 日的 ETM+影像、2009 年 11 月 22 日的 TM 影像、2014 年 11 月 4 日的 OLI 影像(118/38) (表 1)。30 米的空间分辨率可以覆盖较大的空间范围，能够满足沿海区域地物识别与海岸线提取的需求。

### 3. 研究方法

本文的研究流程如图 2 所示，主要包括数据获取、阈值分割法、提取海岸线、沿海滩涂变化信息提取等方法。

#### 3.1. 阈值分割法

阈值分割法(即密度分割法)是广泛使用的一种影像分割技术，它是根据影像的灰度值，将灰度值相近的像元分为一类，由此生成分割影像。分割完成的影像记为  $g(i, j)$ ，则

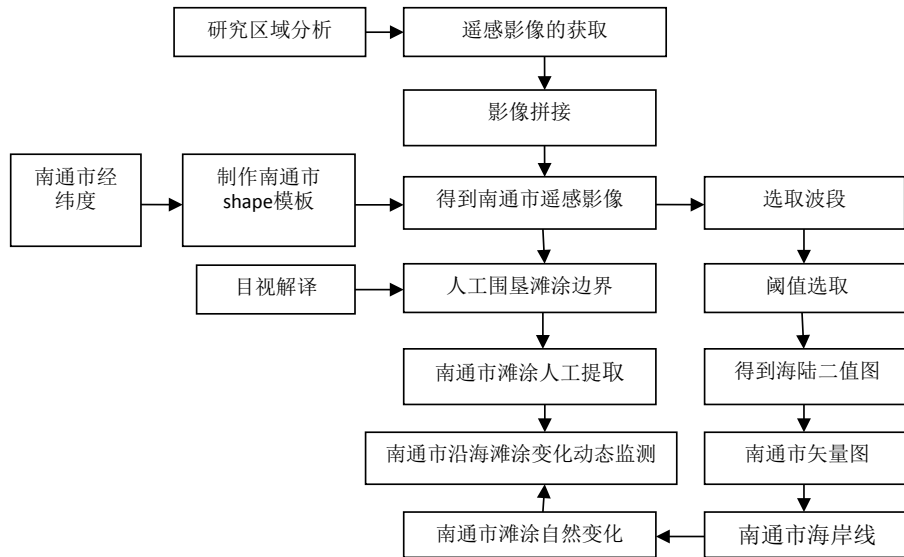
$$g(i, j) = \begin{cases} 1 & f(i, j) > T \\ 0 & f(i, j) \leq T \end{cases} \quad (1)$$

其中  $T$  是分割阈值， $f(i, j)$  为原始影像。

阈值分割法算法简单明了、处理速度快，能对大范围内的遥感影像进行稳定的分割，在海岸线提取中常常被使用。可见光与红外波段最适合阈值分割法，在明显的海洋与陆地的背景对比下，影像直方图呈现良好的双峰形式，分割阈值取直方图的谷底，由此可将影像分为水体与陆地两大部分，然后将散点有序地连接起来构成海陆分界线。

**Table 1.** Features of the remote sensing images  
**表 1.** 选取遥感数据信息

年份	传感器	分辨率	波段
2000	Landsat 7 ETM+	30m	3、4、5
2009	Landsat 5 TM	30m	3、4、5
2014	Landsat 8 OLI	30m	SWIR2、red、green



**Figure 2.** Flowchart of coastal beach dynamics monitoring  
**图 2.** 南通市沿海滩涂变化动态监测流程图

### 3.2. 海岸线的提取

本次研究选择阈值分割算法，利用第五波段水陆边界清晰可见的特点，进行二值化处理，陆地区域为 1，水体部分为 0，将生成的二值图转化为矢量图层。由于研究区域是滩涂，而阈值是针对整体影像得出来的，为了突出对滩涂边界二值化，更好地得到水陆分界线，对选取的阈值进行适当调整。

以 2009 年为例，图 3 中(1)为 2009 年遥感影像第五波段影像，(2)为 2009 年经过阈值分割处理后的二值化图像，(3)为二值化图像矢量化后形成的矢量图形，(4)为经过 ArcGIS 处理后的海岸线图。

### 3.3. 变化区域提取

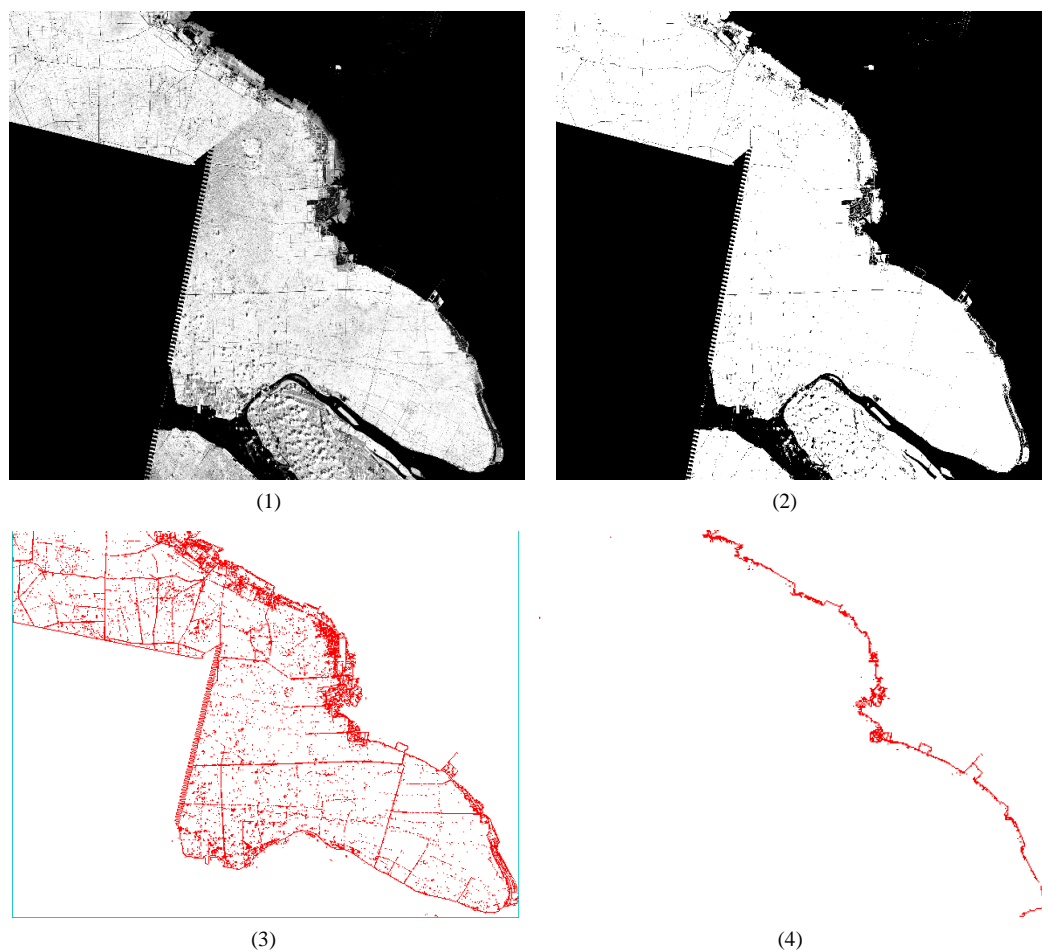
在得到沿海地区的陆地区域后，利用 ArcGIS 平台的空间数据管理功能对上述数据进行进一步处理；分别新建空间数据库，在数据库内新建要素数据类，投影坐标为 WGS 1984 UTM Zone 51N，新建要素类，并在字段内输入相应的文本并定义字段属性。导入得到的 2000、2009、2014 年的滩涂影像和滩涂所对应的 Shape 模板。经过空间叠加后，分别找出影像相对于上一幅影像的变化区域，利用 ArcGIS 里的自动量算功能，对各部分面积进行测量，并通过统计字段功能，得到历年变化的面积。

## 4. 结果与分析

### 4.1. 海岸线提取及变化分析

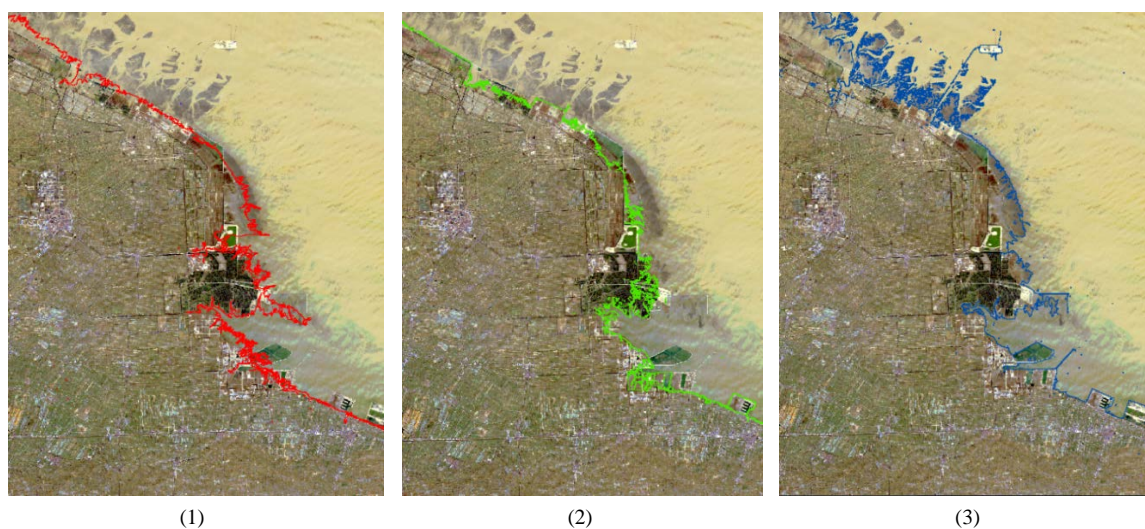
红、绿、蓝分别为 2000 年、2009、2014 年海陆分界线(图 4、图 5)。通过 ArcGIS 对沿海海岸线的位置





**Figure 3.** Extraction of Coastline, (1) Band 5 in 2009; (2) Binary image of band 5 in 2009; (3) Shape mask in 2009; (4) Coastline in 2009

**图 3.** 海岸线提取, (1) 2009 年波段 5 数据; (2) 2009 年波段 5 二值化; (3) 2009 年 Shape 模板; (4) 2009 年海岸线



**Figure 4.** Detected Coast Line, (1) 2000, (2) 2009, (3) 2014

**图 4.** 海岸线检测, (1) 2000 年岸线; (2) 2009 年海岸线; (3) 2014 年海岸线



Figure 5. Comparison of Coast Lines of 2000, 2009 and 2014  
图 5. 2000、2009、2014 年海岸线比较

置进行对比，可以看出从 2000 年至 2009 年，水边界向内陆迁移，但是变化幅度较小。而从 2009 年至 2014 年，水陆边界线发生较大变化。

从图 5 中发现南通市中部和南部海岸线稳定，发生的变化较小，而北部的变化比较大，尤其在 2014 年，可以看出，出现了很多沿海裸地且范围较大。由此可以预见，未来的滩涂围垦应该放在北部区域，因为那里开始出现海中裸地，海水下的土地深度较浅，开发的难度小。而在中部和南部区域近期则不适合滩涂的围垦和开发。

通过 2014 年的情况，可以判断海岸线应该是向海洋地区蔓延的，但是在 2009 年，出现了海岸线回退的现象。可能原因有：

- 1) 受潮汐的影响，卫星过境的时间是一定的，但是潮汐出现的时间有差别的，有可能是成像时间与潮汐时间的差异导致了海岸线的变化。
- 2) 卫星成像时，由于天气情况，辐射误差和大气折光误差也会对成像造成影响。虽然影响较小由于无法验证，再次列出，以备后续研究检验。

#### 4.2. 人工围垦滩涂检测

由于人工围垦滩涂形成土地，无法利用阈值分割方法自动提取其边界，本文利用目视解译法进行边



界的确认。在 ArcGIS 导入数据和 shape 模板后我们得到了 2000、2009、2014 年各年的南通沿海滩涂和岸线图(图 6)，将各年数据叠加，得到了滩涂变迁的方块图(图 7)。其中绿色部分为 2009 年相对于 2000 年滩涂变化的部分，红色为 2014 年相对于 2009 年变化的部分。由数据统计可知，2009 年相对于 2000 年滩涂增加了 308,745 亩，2014 年相对于 2009 年增加了 246,800 亩。

从三幅遥感影像可以看出，南通市沿海海岸线普遍呈现向大海推进的趋势，但是，推进方式不是平行线式推进，不同地段推进方式差异较大。到目前为止，并没有出现海岸线回退(向内陆推进)的情况，说明在目前情况下，向大海索取土地这种趋势是不可逆反的，在陆地土地资源日益紧缺的情况下，从 2000~2009 年，年均围垦滩涂 34,305 亩，从 2009~2014 年，年均围垦滩涂 49,360 亩，每年围垦滩涂的面积都在增长，说明围垦滩涂至少在目前，仍是一种有效增加耕地面积的手段。

沿海滩涂有一段土地围垦变化比较突出(图 7)，为探究原因，将 2000 年同样区域提取出来(图 8)，可以看出该区域原来是浅水滩，由此可以判断，南通市在进行土地围垦并不是盲目进行土地围垦，而是在环境的允许下，合理地使用海洋资源，将浅滩地慢慢的围垦利用，在围垦过程中可以兼顾土地需求、环境变化和操作难易程度。到目前为止，围垦土地的难度相对较小，是利用浅水滩地直接框围。但是，从图中可以发现，这样的浅水滩地已经很少，如果再次增加土地，只能从海洋水下将土地围垦到水面，难度非常大。

人工滩涂变化可以通过面积将它表示出来，但是由于种种情况，与实际情况可能存在误差，主要原因在于：

1) 目视解译误差。通过目视解译画出了人工围垦滩涂边界，但是人眼辨别能力有限、精度有限，导致误差产生。

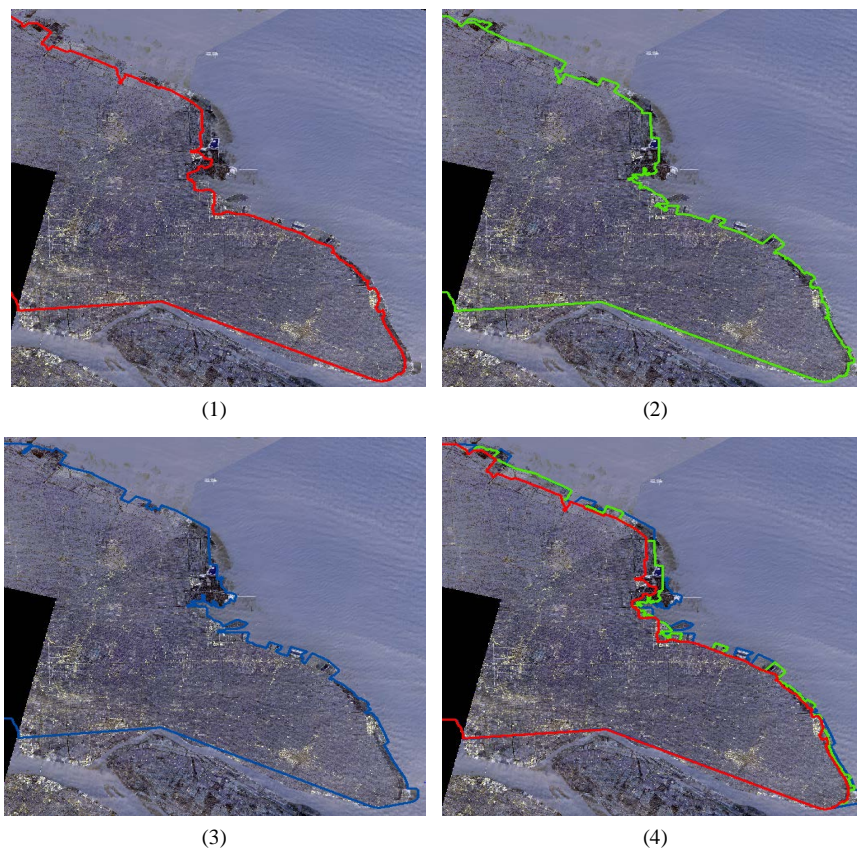
2) 遥感影像分辨率较低。由于遥感影像分辨率为 30 m，混合像元现象导致边界线和地物无法准确辨别出来，在海岸线边界线上不可避免地产生解译误差，从而导致统计变化区域的面积时出现误差。

3) 公式误差。计算面积时所采用公式为：面积 = shape(area)/666.67。这个公式为摄影像面积换算公式，单位(亩)。

## 5. 结论

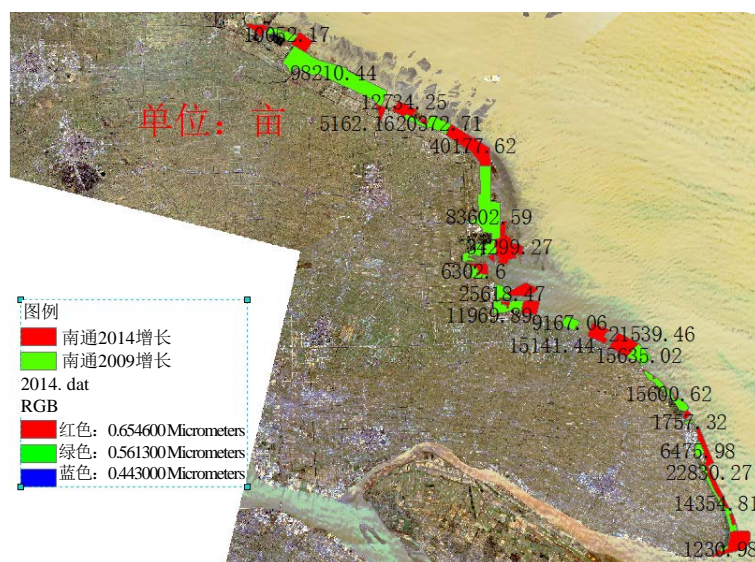
本文利用三期 Landsat 遥感影像进行了江苏省南通市海岸线提取及沿海滩涂变化分析，利用阈值分割方法获取了水体和陆地的二值图，通过建立南通市的形状模版去除了内陆部分区域。利用 ArcGIS 平台的空间数据管理功能获得了南通市的海岸线并进行了滩涂区域变化的数据统计。研究发现，南通市海岸线自 2000 年至 2009 年水边界向内陆迁移，但是变化幅度较小，自 2009 年至 2014 年，水陆边界线发生较大变化。海岸线呈现向大海推进的趋势，但是，推进方式不是平行线式推进，不同地段推进方式差异较大。在滩涂区域面积变化方面，2000~2009 年年均围垦滩涂 34,305 亩，2009~2014 年年均围垦滩涂 49,360 亩。研究还发现，沿海的浅水区域是围垦滩涂的主要区域，未来的沿海滩涂土地需求的难度将会逐渐增大。

在进行大规模的土地利用变化检测和分析时，遥感数据和技术是进行此方面研究的不二选择，但是，也存在以下一些问题。首先，遥感影像空间分辨率较低，导致海岸线模糊不清，难以准确划分。其次，海岸线应该是平均大潮线，利用卫星遥感影像提取的是瞬时海岸线，应该在其基础上进行潮位改正，才能提取出更加准确的海岸线。再次，海岸线的地理空间尺度一般都比较大，并且环境复杂，难以实地考察以对检测结果进行评价。海岸线提取难免会受各类噪声的影响导致判断错误的情况，在自动提取的基础上，辅之以目视解译能一定程度上提高其精度。



**Figure 6.** Artificial Beach Reclamation Boundary (1) 2000; (2) 2009; (3) 2014; (4) Comparison of Artificial Beach Reclamation Boundary

**图 6.** 人工围垦滩涂边界, (1) 2000 年; (2) 2009 年; (3) 2014 年; (4) 三年人工围垦滩涂边界比较



**Figure 7.** Changing Map of Shoals (Green: from 2000 to 2009; Red: from 2009 to 2014)

**图 7.** 滩涂变化方块图(绿色为 2009 年相对于 2000 年变化、红色为 2014 年相对于 2009 年变化)



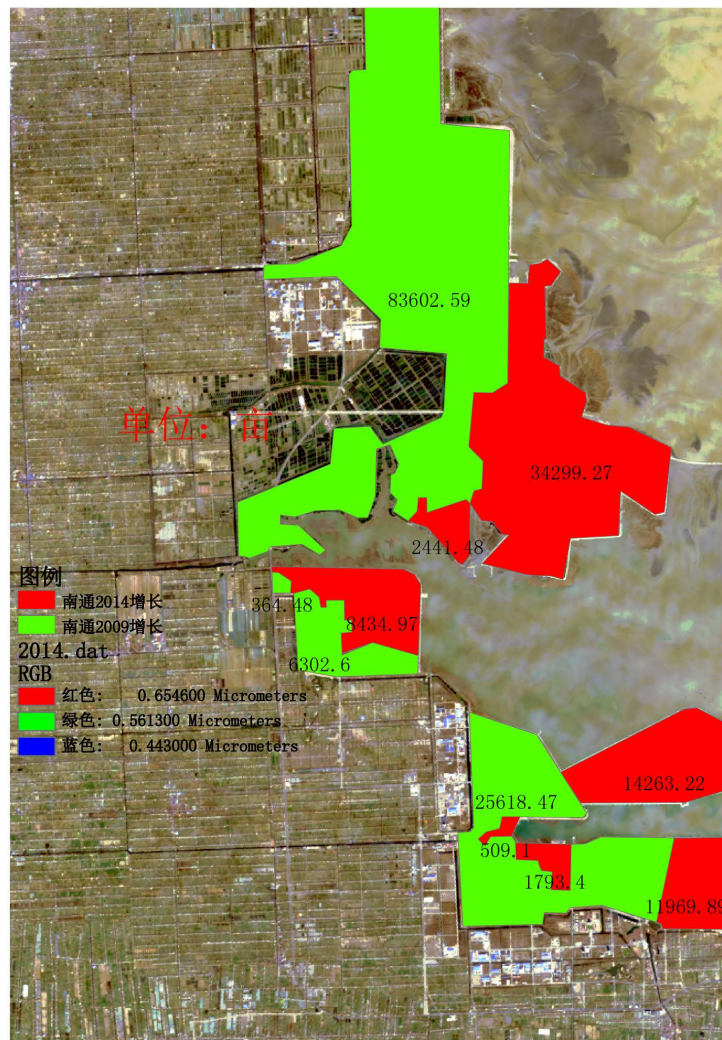


Figure 8. Regions of land area intensely increased  
图 8. 土地增加集中区域

## 基金项目

国家自然科学基金项目“城市边缘区地表组分温度反演模型的构建”(编号: 41571350)和“基于GPS/PS-DInSAR 综合技术的城市大气水汽时空分布特征研究”(编号: 41301400)共同资助。

## 参考文献 (References)

- [1] 毋亭, 侯西勇. 海岸线变化研究综述[J]. 生态学报, 2016, 36(4): 1170-1182.
- [2] 常军, 刘高焕, 刘庆生. 黄河三角洲海岸线遥感动态监测[J]. 地球信息科学, 2004, 6(1): 94-98.
- [3] 蔡则健, 吴曙光. 江苏海岸线演变趋势遥感分析[J]. 国土资源遥感, 2002, 53(2): 19-23.
- [4] 张旭凯, 张霞, 杨邦会, 等. 结合海岸类型和潮位校正的海岸线遥感提取[J]. 国土资源遥感, 2013, 25(4): 91-97.
- [5] 高义, 王辉, 苏奋振, 等. 我国大陆海岸线近 30a 时空变化分析[J]. 海洋学报, 2013, 35(6): 31-42.
- [6] 孙伟富, 马毅, 张杰, 等. 不同类型海岸线遥感解译标志建立和提取方法研究[J]. 测绘通报, 2011(3): 41-44.
- [7] 暴景阳, 许军, 于彩霞. 航空摄影测量模式下的海岸线综合推算技术[J]. 海洋测绘, 2013, 33(6): 1-4.
- [8] 刘云朋, 王建梅, 楼立志. 基于 ALOS 影像与 CV 模型的瞬时海岸线提取[J]. 测绘与空间地理信息, 2014, 37(2):

- 91-96.
- [9] 王李娟, 牛铮, 赵德刚, 等. 基于 ETM 遥感影像的海岸线提取与验证研究[J]. 遥感技术与应用, 2010, 25(2): 235-239.
- [10] 张华国, 黄韦良. 基于分形的海岸线遥感信息空间尺度研究[J]. 遥感学报, 2006, 10(4): 463-468.
- [11] 张朝阳, 冯伍法, 张俊华. 基于色差的遥感影像海岸线提取[J]. 测绘学院学报, 2005, 22(4): 259-262.
- [12] 朱长明, 张新, 骆剑承, 等. 基于样本自动选择与 SVM 结合的海岸线遥感自动提取[J]. 国土资源遥感, 2013, 25(2): 69-74.
- [13] 李静, 张鹰. 基于遥感测量的海岸线变化与分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2012, 40(2): 224-228.
- [14] 黎良财, 陆灯盛, 张晓丽, 等. 基于遥感 1987-2013 年北部湾海岸线变迁研究[J]. 海洋湖沼通报, 2015(4): 132-142.
- [15] 李行, 张连蓬, 姬长晨, 等. 基于遥感和 GIS 的江苏省海岸线时空变化[J]. 地理研究, 2014, 33(3): 414-426.
- [16] 周亚男, 朱志文, 沈占锋, 等. 融合纹理特征和空间关系的 TM 影像海岸线自动提取[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2012, 48(2): 273-279.
- [17] 瞿继双, 王超, 王正志. 一种基于多阈值的形态学提取遥感图象海岸线特征方法[J]. 中国图象图形学报, 2003, 8(7): 805-809.
- [18] 刘善伟, 张杰, 马毅, 等. 遥感与 DEM 相结合的海岸线高精度提取方法[J]. 遥感技术与应用, 2011, 26(5): 613-618.
- [19] 张继领, 冯伍法, 张艳, 等. 基于边缘引导约束的高分辨率遥感影像海岸线提取[J]. 海洋测绘, 2015, 35(6): 58-61.
- [20] 沈琦, 汪承义, 赵斌. 几何活动轮廓模型用于高分辨率遥感影像海岸线自动提取[J]. 复旦学报, 2012, 51(1): 77-83.
- [21] 于彩霞, 许军, 许坚, 等. 一种从 LiDAR 点云中提取海岸线的新方法[J]. 测绘通报, 2015, (5): 66-68.
- [22] 赵玉灵. 近 30 年来我国海岸线遥感调查与演变分析[J]. 国土资源遥感, 2010(b11): 174-177.
- [23] 陈正华, 毛志华, 陈建裕. 利用 4 期卫星资料监测 1986-2009 年浙江省大陆海岸线变迁[J]. 遥感技术与应用, 2011, 26(1): 68-73.
- [24] 张晓祥, 王伟伟, 严长清, 等. 南宋以来江苏海岸带历史海岸线时空演变研究[J]. 地理科学, 2014, 34(3):344-351.
- [25] 李猷, 王仰麟, 彭建, 等. 深圳市 1978 年至 2005 年海岸线的动态演变分析[J]. 资源科学, 2009, 31(5): 875-883.
- [26] 王诗洋, 杨武年, 余金星. 我国南海沿岸 Landsat 影像海岸线提取与变化分析[J]. 物探化探计算技术, 2016, 38(1): 139-144.

**期刊投稿者将享受如下服务:**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网覆盖推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [gst@hanspub.org](mailto:gst@hanspub.org)