

江苏省海岸线时空动态变化遥感监测 关键技术研究概述

陈艳艳¹, 崔丹丹¹, 吕林¹, 张东²

(1. 江苏省海域使用动态监视监测中心 南京 210017; 2. 南京师范大学 南京 210023)

摘要: 海岸线是海洋与陆地的分界线, 海岸线的准确确定对于海岸带空间资源的使用与管理具有重要意义。针对现有的海岸线遥感提取方法存在的技术缺陷, 提出从构建海岸线遥感分类体系、改进海岸线遥感推算方法、建立可操作性强的海岸线遥感提取与推算技术体系方面, 系统开展海岸线时空动态变化遥感监测的关键技术与应用研究, 形成完整可靠的海岸线遥感推算、岸线岸滩动态变化遥感监测技术体系并开展业务化应用, 可为海岸带空间资源的合理开发利用提供基础数据支撑和决策分析依据。

关键词: 海岸线; 遥感; 动态监测; 江苏; 时空变化

中图分类号: P748; P715

文献标志码: A

文章编号: 1005-9857(2021)05-0059-05

A Summary of the Key Technologies of Remote Sensing Monitoring for the Spatiotemporal Dynamic Change of Coastline in Jiangsu Province

CHEN Yanyan¹, CUI Dandan¹, LYU Lin¹, ZHANG Dong²

(1. Sea area use dynamic surveillant and monitoring center of Jiangsu province, Nanjing 210017, China;

2. Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: Coastline is the boundary between ocean and land. The accurate determination of coastline is of great significance for the use and management of coastal space resources. The deterioration of environment and the shortage of resources in the coastal areas, and aiming at the technical defects of the existing methods of coastline remote sensing extraction, this paper proposed to systematically carry out the remote sensing of the spatiotemporal dynamic changes of coastline from the aspects of the construction of coastline remote sensing classification system, the improvement of coastline remote sensing calculation method and the establishment of highly operable coastline remote sensing extraction and calculation technical system. The key technology and application research of monitoring will form a complete and reliable remote sensing monitoring technology system of coastline remote sensing calculation and coastline beach dynamic

收稿日期: 2020-06-28; 修订日期: 2021-04-13

基金项目: 国家海洋局海域管理技术重点实验室开放基金(201405028)。

作者简介: 陈艳艳, 工程师, 研究方向为海域使用动态监视监测

通信作者: 张东, 副教授, 博士, 研究方向为海岸带资源环境遥感

change and carry out operational application. It can provide basic data support and decision analysis basis for the rational development and utilization of coastal space resources.

Keywords: Coastline, Remote sensing, Dynamic monitoring, Jiangsu Province, Spatiotemporal change

0 引言

江苏省是海洋大省,海岸带空间资源丰富。20 世纪 80 年代以来,江苏省充分利用潮滩资源优势,拓展发展空间,沿海海洋经济得以迅速发展。潮滩围垦为全省提供了大量的土地资源,有效地缓解了沿海地区耕地资源量锐减、环境恶化和资源短缺等问题,但是沿海大规模的开发活动已经开始对沿海地区的水流泥沙动力条件和生态环境造成影响。为加强江苏省沿海空间资源监测,了解全省海岸带资源现状、存量与变化趋势,掌握全省的自然岸线保有率情况以及海岸带空间资源利用情况,量化不同岸段的冲淤速率和冲淤强度,把握海岸线变化的规律,集约节约利用海域和岸线资源,江苏省连续多年开展全省及典型岸段冲淤动态变化遥感监测工作。随着卫星对地观测技术的快速发展,进一步开展海岸线时空动态变化遥感监测的关键技术研究,将逐渐成为岸线岸滩资源调查与变化监测的重要技术支撑,并将在海洋环境保护和海岸带开发管理中发挥重要作用。

1 研究内容

本研究基于江苏海岸线时空动态变化遥感分析需求,拟分 5 个专题进行研究。包括:海岸线遥感提取与推算的二级分类体系;海洋水体信息增强与水边线精确提取关键技术;水边线离散点的潮位分带插值校正关键技术;岸滩剖面形态自适应的海岸线遥感推算方法关键技术;海岸线遥感推算的业务化技术体系研究。

1.1 海岸线遥感提取与推算的二级分类体系研究

针对江苏省不同的海岸物质组成、岸线形态和岸线功能,提出将海岸线首先划分为自然岸线和人工岸线 2 个一级类,然后进一步细分,将狭义的自然岸线类型与海岸带的类型相对应,同时增补广义的自然岸线类型来满足自然岸线的保护与恢复需求,综合分析江苏省的海岸开发利用现状,最终形成 9 个自然岸线二级类和 5 个人工岸线二级类的海岸

线二级分类体系。

1.2 海洋水体信息增强与水边线精确提取关键技术

通过系统分析江苏沿海的潮汐动力环境和沉积环境特征,提出利用海岸带地物光谱在近红外、红、绿波段的反射率变化梯度差异,分别采用归一化差值水体指数(NDWI)、改进的归一化差值水体指数(MNDWI)和三波段梯度差水体指数(TGDWI)进行海洋水体信息增强,来突出水陆边界信息;结合阈值分割法和 Sobel、Canny 等边缘检测算子提取水体边界,生成矢量水边线,实现遥感瞬时水边线的精确提取。

1.3 水边线离散点的潮位分带插值校正关键技术

针对江苏沿海潮位观测站少、潮位资料缺乏的客观事实,提出采用空间大范围潮汐数值模拟结合定点潮汐调和计算的方法,利用近海高精度潮波数值计算模型,实现江苏近海潮波运动过程的精确模拟;利用潮汐数值模拟结果驱动潮汐调和计算模型,获得定点潮汐调和参数,实现潮汐控制站点在遥感影像成像时刻的潮位过程精确模拟。

1.4 岸滩剖面形态自适应的海岸线遥感推算方法关键技术

突破目前海岸线遥感推算方法中采用的岸滩坡度单一的假设,提出岸滩剖面形态自适应拟合的淤泥质海岸线遥感推算模型,在计算和判别岸滩下凹、平缓、双 S、上凸等剖面形态的基础上,利用 5 个水边线离散点进行拟合,优选剖面拟合方程,通过模拟岸滩的冲刷与淤积形态特征,改善海岸线位置模拟时与岸滩剖面形态的贴合性。

1.5 海岸线遥感推算的业务化技术体系研究

海岸线遥感提取与推算是一项复杂的系统工程,目前鲜有成熟的海岸线遥感监测技术体系能够支持实际的业务化应用。本研究提出线性对象遥感提取、线性对象栅格矢量化、潮位特征线推算、海岸线拓扑合成、岸线岸滩动态变化分析五大技术模

块,形成完整的海岸线遥感监测技术体系。通过遥感影像解译和模型推算,能够直接从多源遥感影像得到高精度的遥感海岸线成果,从而为海岸带空间资源的动态变化遥感监测提供完整的技术支撑。

2 技术路线

以江苏省为研究区,利用多源、多分辨率卫星遥感解译技术结合地面实测,开展岸线岸滩信息遥感提取技术与方法研究,形成完整可行的海岸线遥感推算、岸线岸滩动态变化遥感监测技术体系,并集成研究成果,在江苏沿海三市滩涂资源现状和变化趋势的合理评价中应用(图 1)。

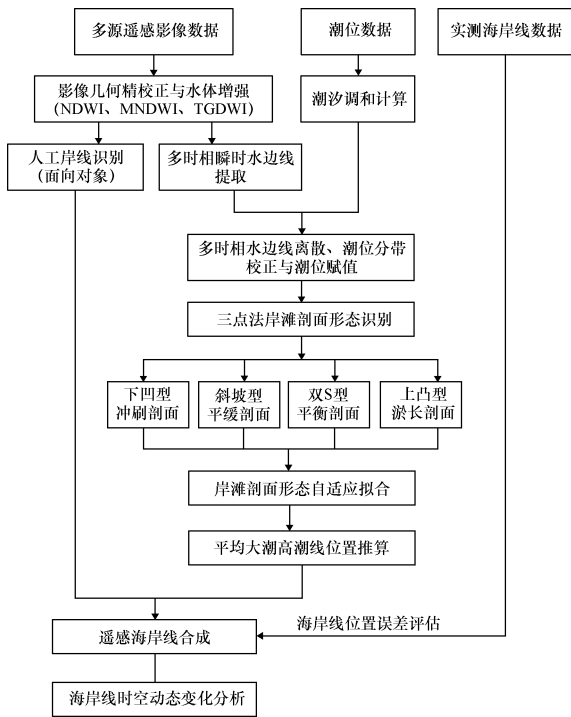


图 1 项目总体技术路线

对江苏省沿海多时相、多分辨率卫星遥感影像数据、潮滩野外采样数据、潮位数据进行处理,建立海岸带线性地物信息遥感提取模型,实现瞬时水边线、基岩岸线、砂质岸线、植被岸线和人工岸线的遥感提取。建立潮位过程推算模型,完成江苏省沿海潮位控制站点的潮汐过程推算以及多时相水边线成像时刻的潮位计算,建立潮位特征线推算模型,分别推算潮滩的平均大潮高、低潮点位,形成平均大潮高、低潮线。将潮位特征线和人工岸线基于 GIS 空间拓扑分析,形成遥感海岸线。

(1) 针对不同的海岸物质组成、岸线形态和岸线功能,在长期开展的江苏省海岸带动态变化遥感监测研究中,将海岸线划分为自然岸线和人工岸线 2 个一级类;将狭义的自然岸线类型与自然海岸的类型相对应,分为基岩岸线、砂质岸线、粉砂淤泥质岸线、生物岸线(植被岸线)和河口岸线 5 种类型;针对自然岸线的保护需求,将广义的自然岸线类型补充增加自然恢复的自然岸线、整治修复的人工海滩岸线、整治修复的海岸湿地岸线和海洋保护区生态功能岸线 4 种类型;综合分析江苏省的海岸开发利用现状,将人工岸线类型分为盐养围堤岸线、港口码头岸线、建设围堤岸线、道路海堤岸线和河流河堤岸线 5 种类型。

(2) 对于岸线平直、水陆边界清晰的岸段,采用监督分类的方法,分离出影像中的水体部分;利用波段比值处理方法计算 NDWI,对水体信息进行增强;利用阈值分割法进行影像处理,得到影像的水体部分。对于水体含沙量高、潮滩表层有残留水、潮滩含水量变化大、岸线曲折的岸段,以及水陆边界模糊,不易准确确定水边线的位置,采用 TGDWI 指数法,利用地物光谱在近红外、红、绿波段的反射率变化梯度差异,来增强和突出水体边界信息。结合阈值分割法进行处理,分离出影像中的水体部分。

(3) 采用大范围网格潮汐数值模拟结合定点潮汐调和计算的方法,利用自主开发的近海高精度潮波数值计算模型,进行江苏近海潮波运动过程的精确模拟;利用潮汐数值模拟结果驱动潮汐调和计算模型,获得定点潮汐调和参数,实现潮汐控制站点在遥感影像成像时刻的潮位过程精确模拟;利用双线性插值方法,实现所有水边线离散点的潮位赋值处理,得到离散点的高程结果,用于进一步的海岸线遥感推算。

(4) 突破了目前海岸线遥感推算方法中岸滩坡度单一的假设,提出岸滩剖面形态自适应拟合的淤泥质海岸线遥感推算模型,模型思路为:沿海岸走向分割出多个剖面,根据同一个剖面上大致均匀分布的 3 个水边线离散点判别剖面形态特征;利用同一个剖面上大致均匀分布的 5 个水边线离散点进行拟合,确定剖面拟合方程,通过模拟岸滩的冲刷

与淤积形态特征,改善海岸线位置模拟时与岸滩剖面形态的贴合性;将推算得到的潮位特征线与遥感解译的自然岸线和人工岸线进行拓扑分析,得到遥感推算的海岸线。

(5) 按照线性对象遥感提取、线性对象栅格矢量化、潮位特征线推算、海岸线拓扑合成、岸线岸滩动态变化分析五大技术模块,形成完整的海岸线遥感监测技术体系。通过遥感影像解译和模型推算,直接从多源遥感影像得到高精度的遥感海岸线成果,为海岸带空间资源的动态变化遥感监测提供了完整的技术支撑

3 与国内外研究比较

3.1 海岸线分类技术体系

对自然岸线的分类,国内的研究结果相对一致,即与自然海岸的类型相对应。如:孙伟富等^[1]、姚晓静等^[2]、索安宁等^[3]提出了狭义上的自然岸线类型,主要包括:基岩岸线、砂质岸线、粉砂淤泥质岸线、生物岸线(植被岸线)和河口岸线。

自然岸滩一般来说是人类拓展利用海岸带空间资源的重要区域。近年来,自然岸滩的开发力度不断增大。依据自然岸滩的特点,开发形成了滨海旅游区、港口码头、围海养殖区等。针对目前的海岸带开发利用现状和对自然岸线的保护需求,提出广义的自然岸线,除了包含狭义的自然岸线类型以外,还应包括自然恢复或整治修复后具有自然海岸形态结构和生态功能的海岸线,主要有 4 种,分别是自然恢复的自然岸线、整治修复的人工海滩岸线、整治修复的海岸湿地岸线和海洋保护区内具有生态功能的岸线。

针对人工岸线的分类,孙伟富等^[1]参照“908”专项中海岛海岸带卫星遥感调查对海岸线的划分,认为人工岸线是人工建筑物形成的岸线,建筑物一般包括防潮堤、防波堤、码头、突堤、养殖区和盐田等。毋亭等^[4]在综合众多研究的基础上,将人工岸线根据用途的差异分为丁坝与突堤、港口码头、养殖与盐田围堤、交通围堤、防潮堤等。杨玉娣等^[5]研究认为,一般码头岸壁、岸防工程的护岸外壁都可作为人工岸线。可以看到,人工岸线通常是依据地域特点或岸线用途进行划分,暂时还没有统一公认的人

工岸线划分体系。

本研究重点针对不同的海岸物质组成、岸线形态和岸线功能,将江苏省的海岸线划分为 2 个一级类和 14 个二级类,形成江苏省海岸线二级分类体系。本分类体系不但涵盖了目前已有的海岸带类型,而且能够用于分析自然环境条件变化和人类开发活动造成的海岸线类型的转化,分类体系完整性、系统性和实用性强。

3.2 海岸线遥感推算方法

现有的海岸线遥感识别或推算方法主要有两种:一种是“一般高潮线法”,选用高潮时刻的遥感影像,提取其瞬时水边线作为海岸线;另一种是“平均坡度法”,通过提取不同平面位置的两条水边线,分别赋予影像成像时刻的潮位值,然后根据潮差和平距求得岸滩平均坡度,推算得到平均大潮高潮时刻对应的海岸线位置^[6-7]。

对于“一般高潮线法”^[8-9],受影像时间分辨率和影像成像质量的影响,恰好在平均大潮高潮时刻成像的海岸带遥感影像往往很难获得;而“平均坡度法”理论上只适用于地形平缓、坡度单一的地区。

针对上述现有技术方法中存在的缺陷,本研究提出了一种剖面形态自适应拟合的海岸线遥感推算方法,通过模拟岸滩的冲刷与淤积形态特征,改善海岸线位置模拟时与岸滩剖面形态的贴合性,提高遥感推算的海岸线位置精度。主要技术步骤包括:①剖面形态判别;②基于剖面形态拟合方程优选的潮位特征线推算;③海岸线拓扑合成。

3.3 海岸线遥感推算业务化应用技术体系

淤泥质海岸线遥感提取与推算是一项复杂的系统工程。已有的研究主要有两个方向:①关注海岸线遥感解译的图像处理相关技术与方法;②采用简单海岸线识别方法,在此基础上开展海岸线动态变化分析。鲜有成熟的海岸线遥感监测技术体系能够支持实际的业务化应用。

本研究通过方法创新与集成创新,形成了完善的海岸线遥感监测技术体系,该技术体系从 2014 年起,在江苏省的海岸带冲淤动态监测中不断调整与完善,最终形成可靠的业务化应用技术体系。

4 预期结果

通过研究,形成了包含海岸线定义与遥感识别

技术、线性对象遥感提取技术、线性对象栅格矢量化技术、岸滩剖面形态自适应拟合的海岸线遥感推算技术和岸线岸滩动态变迁分析技术在内的技术体系;培养了一支学科专业交叉融合、梯队合理的高质量研发队伍;形成了具有自主创新知识产权的高水平研究成果。

(1)运用所提出的海岸线遥感监测技术体系,系统开展江苏省全省及典型冲淤岸段的海岸线遥感监测以及海岸带空间资源调查。为江苏省及沿海的南通市、盐城市和连云港市自然资源主管部门提供海岸线动态变化监测分析报告和海岸线图集。沿海市、县自然资源主管部门以此为参考,进行区域建设用海调查、岸线冲淤监测和海岸线整治修复等工作。特别是江苏省 90% 以上的岸滩都是淤泥质岸滩,现场测量工作难度大,可通过采用海岸线遥感监测技术,节约大量的现场调查任务,取得更加良好的经济效益。

(2)运用研究成果为江苏省海岸线调查、海岸线保护与利用管理、江苏省海洋生态红线保护等提供依据,为优先保护海洋生态环境,加强海岸线保护与利用管理,实现自然岸线保有率管控目标,构建科学合理的自然岸线格局提供基础资料。

(3)运用研究成果为优化海岸线保护与利用格局,不断提高海岸线整治修复水平提供参考。根据岸线类型,开展砂质岸线恢复与养护,开展沙滩平整清理、海堤防护、岸线景观绿化,完善海沿岸线的休闲设施,恢复和优化砂质岸线的生态功能。

(4)利用江苏省海岸线数据、海岸线再分析数据,建立江苏省遥感海岸线数据库,与江苏省海域使用综合管控系统相结合,实现数据的系统管理与网络发布。

(5)开创海岸线遥感监测的业务化应用新途径,具备向海岛监测、台风灾后评估、渔业资源监测等方面推广的应用前景,成为海域动态监管体系中重要的监测技术手段,可取得显著社会效益。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 姚晓静,高义,杜云艳,等.基于遥感技术的近 30a 海南岛海岸线时空变化[J].自然资源学报,2013,28(1):114—125.
- [3] 索安宁,曹可,马红伟,等.海岸线分类体系探讨[J].地理科学,2015,35(7):933—937.
- [4] 毋亨,侯西勇.海岸线变化研究综述[J].生态学报,2016,36(4):1170—1182.
- [5] 杨玉娣,边淑华.海岸线及其划定方法探讨[J].海洋开发与管理,2007,24(6):34—35.
- [6] 刘艳霞,黄海军,丘仲锋,等.基于影像间潮滩地形修正的海岸线监测研究:以黄河三角洲为例[J].地理学报,2012,67(3):377—387.
- [7] 陈玮彤,张东,崔丹丹,等.基于遥感的江苏省大陆岸线岸滩时空演变[J].地理学报,2018,73(7):1365—1380.
- [8] 许家琨,刘雁春,许希启,等.平均大潮高潮面的科学定位和现实描述[J].海洋测绘,2007(6):19—24.
- [9] 刘雁春.海洋测深空间结构及其数据处理[M].北京:测绘出版社,2003.