

地理空间信息技术与 海岸带科学研究*



吴嘉平¹ 郑玉晗¹ 顾佳丽¹ 骆永明²

1 浙江大学海洋学院海岛海岸带研究所 舟山 316021

2 中国科学院烟台海岸带研究所 烟台 264003

摘要 近年来,包括遥感、地理信息系统和全球定位系统在内的地理空间信息技术快速发展,为海岸带科学研究提供了非常有利的技术支撑和发展机遇,也在海岸带生产应用中发挥着越来越重要的作用。文章简要列举了地理空间信息技术在海岸带资源调查、生态环境监测、灾害管理和综合评估方面的应用,探讨了其应用现状与前景。基于目前我国雄厚的地理空间信息技术储备,建议开展地理空间大数据的基础研究,支撑海岸带科学研究的信息化、定量化和系统化,开展业务化和智能化应用,进一步直接体现地理空间信息的价值。

关键词 遥感,地理信息系统,全球定位系统,海岸带,应用研究

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2016.10.014

海岸带作为陆地与海域过渡区域,陆海交互作用明显,兼具海陆性质,同时又有其独特性。海岸带地理位置优越、交通便利、资源丰富、环境宜人,往往成为海洋开发、经济发展、货物贸易和文化交流的首选区域。从世界范围看,海岸带区域虽不到全球陆地面积的10%,但却是人类活动极为频繁的区域,超过160万人的大都市有2/3分布在海岸带地区^[1]。中国的海岸带包括辽宁、河北、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西和港澳台等经济发达、贸易活跃的省区市。同时,海岸带也是生态脆弱和敏感的区域。人类频繁的生产生活活动对其产生了巨大压力,导致了一部分区域的生态退化和环境破坏。鉴于海岸带区域社会经济的重要性、地理位置的优越性和生态的脆弱敏感性,其是否能够可持续发展早已成为全球关注的焦点。

地理空间信息技术大体包含遥感(Remote Sensing, RS)、地理信息系统(Geographic Information System, GIS)和全球定位系统(Global Positioning System, GPS)技术,通常称为“3S”技术。3S技术是在20世纪60—70年代开始发展的高新技术,已作为有效的数据

*资助项目:污染海域生物修复及其固碳效应研究(2015DFA01410)

修改稿收到日期:2016年9月5日

获取和分析技术,在海岸带科学研究、生产管理方面发挥了重要的作用。遥感是对地观测技术,具有观测范围广、时效性强、准确性高、经济性突出等优点,在大范围、海量数据获取方面拥有无可比拟的优越性;地理信息系统是一种有效的集地理空间数据搜集、整合、编辑、处理、分析、管理和应用于一体的综合手段或技术,与传统的数据库相比,地理信息系统可以整合地理空间信息和非空间信息,更好地分析、表达实际地物的空间位置、属性及相互关系;全球定位系统是具有实时三维导航、定位、测速、授时服务等信息获取与传输的新一代系统,具有全天候、高精度、自动化、高效益等特点,已广泛而成功地嵌入众多的日常生活和军事活动中。近年来,地理空间信息技术已经广泛应用在海岸带监测、分析、调查和研究的多个方面,如海岸带资源的开发与保护、海岸带环境的监测与综合管理等,已成为海岸带区域可持续发展研究不可或缺的技术手段。

1 地理空间信息技术在海岸带研究中的应用

1.1 海岸带资源开发与保护

海岸带区域拥有丰富的生物、能源、旅游和港口交通等资源,是得天独厚的人类聚集区和社会经济发达区。然而,海岸带资源有限但人类需求无限,将有限资源尽可能多地满足人类需求的关键点是对资源进行合理地开发与保护。世界海洋大国如美国、英国、澳大利亚等,把3S技术应用在了几乎所有的大规模近岸资源调查、生态环境保护 and 开发规划中。澳大利亚东部海岸被誉为“黄金海岸”,其海岸带生态系统组成极为丰富,为全面了解其复杂的生态结构和物质组成,实现对海岸带的科学管理,当地学者一直致力于对海岸资源的调查。近年来,相比于传统的野外调查方式,这些探测调查更趋向于运用遥感技术。探测内容包括对近岸海草物种组成、覆盖度的监测以及生物量的反演^[2-4]、对珊瑚礁分布的探测^[5]、对红树林叶面积指数的遥感评估^[6]等。除此之外,利用地理信息系统分析资源变化情况及预测未来趋势的技术也越来越成

熟,为资源开发或保护的管理决策提供科学依据。美国夏威夷沿海开发了公众参与的地理信息系统,利用公众来获取有关珊瑚礁利用的各类数据,并绘制相关的利用图,实现对珊瑚礁资源的有效开发和保护管理^[7]。

作为大型海藻养殖大国,我国沿海大型海藻养殖面积、产量逐年增加。通常,人们获取大型海藻养殖信息的主要手段是查询统计资料或实地走访,这样得到的数据往往不具备准确性和时效性。卢业伟等人^[8]利用高分辨率影像实现了对福建近海养殖区的自动提取;高亮明等人^[9]运用Landsat系列遥感数据成功研究了山东湾海水养殖格局的时空变化。作者所在研究组利用我国新近发射的高分二号卫星(分辨率为4m)监测大型海藻养殖(图1),其养殖面积识别精度可达97%。然而,类似的研究还处于初始阶段,研究区域小,监测的海藻品种单一。研究组正致力于根据不同藻种的光谱及物候学特性,建立一套基于遥感的大型海藻自动识别系统,综合地理空间信息技术,快速、准确地获取海藻分布面积,估算产量,为海藻养殖业的有效管理、健康可持续发展提供技术支持。

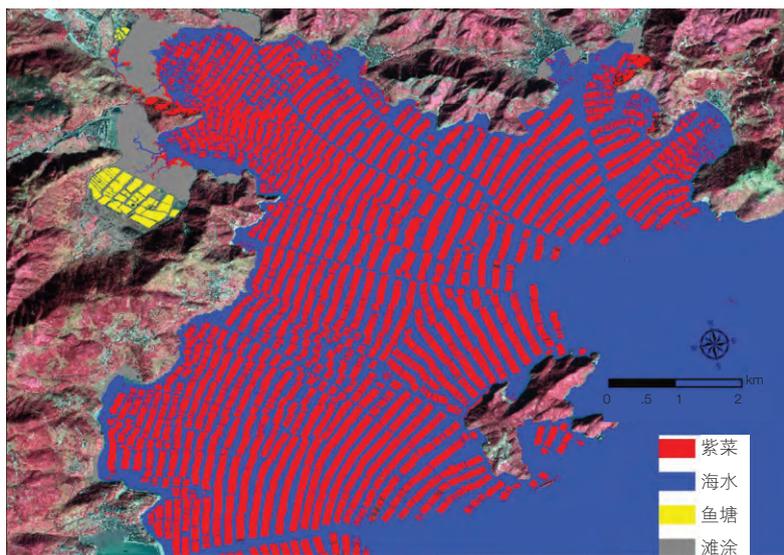


图1 根据2015年1月2日我国高分二号卫星多光谱影像分类获得的浙江省苍南县大渔湾近岸海域类别图

1.2 海岸带生态环境监测

海岸带区域人口密集、人类活动剧烈,对其生态环境造成了巨大的压力,引发或加剧了如有害生物物种入

侵、赤潮、溢油、有机物和重金属污染等诸多问题。在近岸陆域，Wang 等人^[21]利用 Landsat 和 SPOT 影像，准确监测了1993—2014年间浙江省乐清湾的物种分布状况（图2），分析了不同时期入侵物种互花米草（*Spartina alterniflora*）的生长状况和动态变化规律，为该入侵物种的防治提供了手段和对策。

叶绿素、黄色物质及固体悬浮物可用作反映海水的健康状况、预报赤潮的发生等。温小乐^[10]利用同步的遥感影像光谱信息和实测水质数据，建立了闽江福州段的悬浮物遥感模型，分析了水体悬浮物的时空变化规律及其原因。国家海洋局海洋二所潘德炉团队^[23,26]完成的“近海复杂水体遥感关键技术研究及应用”系列成果，突破了我国海洋水色遥感资料处理与应用的



图2 根据2014年7月9日的SPOT影像获得的浙江乐清湾分类图

关键技术，不仅能提取出叶绿素等带色物质的浓度，还发展了氮、磷、有机碳等非光化物质的海洋遥感反演模型，从而提取其浓度，实现了高精度的水质分类，应用于我国业务化的海洋水质遥感监测，推动了海洋监测行业的发展。

针对墨西哥湾的重大溢油事故，Nelson等人^[11]利用GIS、爆炸和泄漏事故发生模型，分析了溢油的时空变化，评价了墨西哥湾的脆弱性和潜在性风险，为溢油事件处理提供了支持。重金属污染已经成为海岸带地区主要环境污染之一。Keshavarzi 等人^[12]综合利用地理空间信息技术分析了恰尔哈尔湾沉积物中重金属的浓度及空间分布，明晰了各种污染源。这些案例表明，地理空间信息技术能有效监测生态环境问题的发生、演变，分析、预测其变化趋势，揭示这些海岸带生态环境问题发生的机理和影响因子，从而为生态修复、环境保护、高效管理提供技术手段和科学依据。

1.3 海岸带土地利用及景观变化

海岸带地区人类活动频繁，土地利用变化剧烈，地理空间信息技术能够直观地显示不同时期海岸带地区土地利用情况，从而为分析地区经济发展的速度和趋势、制定国家的发展战略、支撑政府的政策导向等奠定科学基础。政府部门可以借助地理空间信息技术建立海岸带管理系统，监测海岸带区域的土地利用情况，分析土地利用的开发强度以及环境生态安全情况^[13]，为合理制定和调整土地利用规划提供依据。此外，土地利用的变化会导致景观格局的改变，因此，了解土地利用变化状况有助于区域景观格局动态的研究。以杭州湾南岸慈溪市海涂围垦动态为例，根据该区域2004年7月19日获取的陆地卫星（Landsat）图像（图3），结合地方志的历史记载和地面调查获得的海涂围垦历史和现状，追溯了1000多年来海涂围垦活动所发生的大体年代，掌握了区域海涂围垦的动态变化及其规律，从而有助于对该地区各个不同历史时期的社会经济、资源、环境和气候等因素进行系统研究。

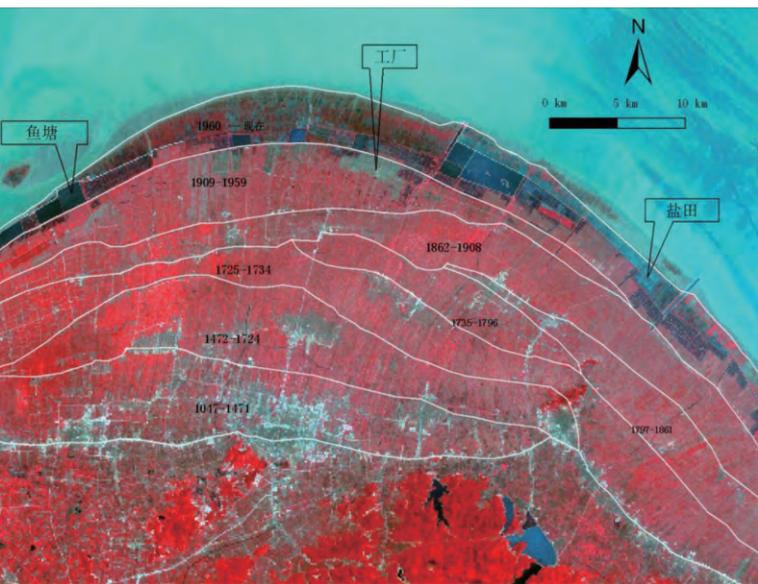


图3 2004年7月19日杭州湾南岸慈溪市 Landsat TM 图像
(白色线是根据地方志及遥感影像信息所获得的海涂围垦发生的大体年代区间)

1.4 海岸带灾害管理

海岸带人口密集, 经济发达, 频发的灾害如海啸、地震、风暴潮等, 容易造成严重的人员伤亡和巨大的财产损失。为减轻灾害影响, 对这些灾害进行监测、评估、预报、预警和应急处置成为海岸带管理的重要组成部分。综合运用3S技术, 建立海岸带灾害管理和决策系统, 实现历史灾害查询, 研究灾害发生的时空规律及变化, 对灾害进行定时定点监测、预警预报和风险评估, 为应对灾害决策提供辅助支持, 从而最大程度降低灾害损失^[14]。例如, 凭借地理信息系统强大的数据综合、空间分析、制图功能进行灾害应急管理^[15]; 利用3S技术研究地中海区域大河三角洲的长期侵蚀灾害状况, 分析海岸带区域各类灾害的风险情况^[16], 在低风险区做好工程建设方面的相应工作, 尽可能避免在高风险区开展人类活动, 提前做好应对高发高强度灾害的措施等。地理空间信息技术在预测海岸带灾害、减小灾害损失中发挥了不可或缺的作用。

1.5 海岸带综合管理

海岸带综合管理包括规划、开发、监测、保护、评

估等。美国海洋和大气管理局 (NOAA) 早在 20 年前就资助了 29 个沿海 (湖) 州建立海岸带管理数据库, 并完成了海岸带基础信息平台和网络平台的搭建, 实现了支撑综合管理海岸带和各类信息系统的业务化运行以及相关信息的实时传输和发布^[17]。我国在 1997 年建立的国家海洋信息系统, 集海洋开发、应用、网络技术、通讯技术于一体, 拥有海洋方面的经济、资源、环境、空间和文献、法规等信息, 并能进行图形、图像、文字显示等, 但并没有形成完整的海岸带综合管理监测系统。RS 可带来更宏观、更全面的海岸带基础信息, GIS 可将陆海数据叠加分析, 为海岸带功能区规划提供科学的数据支撑。综合运用 RS 和 GIS, 给海岸带生态系统的构建带来了新的活力, 可促进海岸带综合管理。陈正华等人^[18]通过遥感计算植被指数, 建立活力、组织力、恢复力 3 项指标, 并应用压力状态响应模型评估了 1998—2007 年间浙江沿海陆域生态系统的健康状况。苗海南等人^[19]利用多时相遥感影像, 对渤海湾沿岸近 20 年的海域开发活动进行了分类统计, 并参照现有的生态系统服务价值量化研究成果, 对该海域生态系统服务价值变化进行了估算和分析。

2 海岸带地理空间信息技术的未来研究与发展建议

2.1 未来研究方向与前沿

海岸带地区自然条件复杂, 社会经济活动频繁, 其可持续发展问题仍将是全世界关注的重点。RS 作为海岸带海量数据获取的最佳手段, GIS 作为海岸带海量数据存储、高效管理和强有力的分析工具, GPS 作为海陆空三位一体快速、准确定位与导航技术, 三者的发展及综合运用对深入开展海岸带科学研究, 建立我国高效的海岸带综合管理体系具有重要意义。

(1) 遥感: 技术集成, 应用导向。高光谱遥感可探测到海岸带地物更细微具体的类别, 从而获取研究区域目标物的时空变化情况; 微波遥感可实现全天候的海岸带监测; 激光雷达利用机载激光发射和接收装置, 通过

人为控制波长发射大功率脉冲激光,进行水底探测,是集光-机-电于一体的新技术,也是用来进行海岸带地形探测的有效手段^[20]。但是由于海水对激光信号的能量衰减效应,尤其是我国沿海的海水悬浮物浓度较高,对信号的随机干扰更为强烈,造成这项技术目前在我国的成功应用案例较少。如何克服这一问题,使其在海岸带岸线及生态环境资源监测中发挥更大作用是我们未来努力的方向。以无人机作为搭载平台的无人机遥感由于其价格低廉、高度机动、灵活和对云层影响的抵御能力而体现出明显的优势,有着很好的应用前景。

(2) 地理信息系统: 可视交互, 技术普及。目前, GIS 已具有强大的数据存储、编辑、分析、管理和运用功能, 未来发展可倾向于支持更多种类的数据融合, 实现海岸带地区地理空间事物及其演变更全面的表达和比较; 开发和支持更先进、更便捷的大众化数据分析方法, 增强数据分析、应用的友好性和可操作性, 让海岸带管理更加简单、有效、快捷; 更多发展基于网络的、交互性更强的地理信息系统, 有助于海岸带自然、社会经济数据的采集、更新和共享, 有助于海岸带管理的全民参与^[21-23]。

(3) 全球定位系统: 综合遥感与 GIS, 技术领先。到 2025 年前, 我国有可能发射 70 多颗对地观测卫星^[24], 包括陆地与环境卫星、海洋卫星和气象卫星, 将给卫星数据应用提供巨大的市场和机遇。我国自主研发了多款性能优良的 GIS 软件, 也培养了大量 GIS 专业人才; 我国的北斗卫星定位、导航系统也可与美国的 GPS 相媲美。我国的无人机占据了全球绝大部分的市场份额, 成为民用无人机领域的领导品牌。固定悬停、自动返航、GPS 定位导航、3D 地图重建、影像实时传输等等可为我们提供价格低廉、高效、实用的技术和手段。

2.2 对我国该领域发展的建议

当前, 我国正大力实施海洋战略, 建设“21 世纪海上丝绸之路”。处于特殊区位的海岸带是链接枢纽和建设港湾的必然场所。同时, 我国面临巨大的挑战, 包括

海洋权益维护、资源有效开发和保护、生态环境安全保障等, 地理空间信息技术能起到技术支撑作用。但是, 解决这些问题需要专业人才, 需要结合地面的、历史的资料数据, 结合常规和新兴的技术与方法, 特别要提倡数据、资料的标准化和共享, 把相关部门的数据规范化, 统一数据标准, 并使公众有机会共享和使用, 这样才能更有力地推进海岸带科学研究, 能更好地解决我们面临的实际问题。

当今正处于“大数据”时代, 李国杰和程学旗在《大数据研究: 未来科技及经济社会发展的重大战略领域——大数据的研究现状与科学思考》一文中^[25], 很好地阐述了大数据的研究现状与重大意义, 对大数据发展战略提出了建议。大数据隐含着巨大的社会、经济和科研价值, 在包括海岸带在内的地学领域, 大数据更是早已存在。人们几千年来积存了各种各样的地图、资料, 近百年来获得了无数的航空影像和照片, 近 50 年来由各种卫星获得了海量的遥感图像, 在此暂且把这些称为“地理空间大数据”, 我们目前只利用了其中相当少的一部分。通常的大数据都是无法在可容忍的时间内, 用传统 IT 技术和硬件工具对其进行感知、获取、管理、处理和服务。地理空间大数据则对 IT 技术和硬件工具提出了更大的挑战。如何将这些地理空间大数据合理地筛选与整合, 综合分析利用, 为我们认识海岸带规律, 保护、利用和改良海岸带等目的服务, 这不仅是我们所追求的数据价值, 而且必将更好地引领海岸科学与工程研究, 促进沿海地区社会经济可持续发展。

参考文献

- 1 Cracknell A P. Remote sensing techniques in estuaries and coastal zones - an update. *International Journal of Remote Sensing*, 1999, 20(3): 485-96.
- 2 Phinn S, Roelfsema C, Dekker A, et al. Mapping seagrass species, cover and biomass in shallow waters: An assessment of satellite multi-spectral and airborne hyper-spectral imaging systems

- in Moreton Bay (Australia). *Remote Sensing of Environment*, 2008, 112(8): 3413-3425.
- 3 Roelfsema C M, Lyons M, Kovacs E M, et al. Multi-temporal mapping of seagrass cover, species and biomass: A semi-automated object based image analysis approach. *Remote Sensing of Environment*, 2014, (150): 172-187.
 - 4 Lyons M B, Phinn S R, Roelfsema C M. Long term land cover and seagrass mapping using Landsat and object-based image analysis from 1972 to 2010 in the coastal environment of South East Queensland, Australia. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2012, (71): 34-46.
 - 5 Roelfsema C M, Phinn S R, Joyce K E. Evaluation of benthic survey techniques for validating remotely sensed images of coral reefs. 12th International Coral Reefs Symposium. International Coral Reef Society, 2004.
 - 6 Kamal M, Phinn S, Johansen K. Assessment of multi-resolution image data for mangrove leaf area index mapping. *Remote Sensing of Environment*, 2016, (176): 242-254.
 - 7 Levine AS, Feinholz CL. Participatory GIS to inform coral reef ecosystem management: Mapping human coastal and ocean uses in Hawaii. *Applied Geography*, 2015, (59): 60-69.
 - 8 卢业伟, 李强子, 杜鑫, 等. 基于高分辨率影像的近海养殖区的一种自动提取方法. *遥感技术与应用*, 2015, 30(3): 486-94.
 - 9 高亮明, 李炎, 钟硕良, 等. 东山湾海水养殖布局变化的遥感研究. *海洋学研究*, 2014, 32(4): 35-42.
 - 10 温小乐, 徐涵秋. 近20年闽江福州段水域悬浮物时空变化的遥感分析. *环境科学学报*, 2009, 29(3): 648-654.
 - 11 Nelson J R, Grubestic T H, Sim L, et al. Approach for assessing coastal vulnerability to oil spills for prevention and readiness using GIS and the Blowout and Spill Occurrence Model. *Ocean & Coastal Management*, 2015, (112): 1-11.
 - 12 Keshavarzi B, Ebrahimi P, Moore F. A GIS-based approach for detecting pollution sources and bioavailability of metals in coastal and marine sediments of Chabahar Bay, SE Iran. *Chemie der Erde - Geochemistry*, 2015, (75): 185-95.
 - 13 刘钺, 康慕谊, 吕乐婷. 海南岛海岸带土地生态安全评价. *中国土地科学*, 2013, 27(8): 75-80.
 - 14 李京, 陈云浩, 刘志刚, 等. 海岛与海岸带环境遥感. 北京: 科学出版社, 2010.
 - 15 Kulkarni A T, Mohanty J, Eldho T I, et al. A web GIS based integrated flood assessment modeling tool for coastal urban watersheds. *Computers & Geosciences*, 2014, (64): 7-14.
 - 16 Petropoulos G P, Kalivas D P, Griffiths H M, et al. Remote sensing and GIS analysis for mapping spatio-temporal changes of erosion and deposition of two Mediterranean river deltas: The case of the Axios and Aliakmonas rivers, Greece. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2015, (35): 217-228.
 - 17 杨晓梅, 周成虎, 骆剑承, 等. 我国海岸带及近海卫星遥感应用信息系统构建和运行的基础研究. *海洋学报(中文版)*, 2002, 24(5): 36-45.
 - 18 Chen Z, Yin Q, Li L, et al. Ecosystem health assessment by using remote sensing derived data: A case study of terrestrial region along the coast in Zhejiang province. *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International IEEE*, 2010: 4526-4529.
 - 19 苗海南, 刘百桥. 基于RS的渤海湾沿岸近20年生态系统服务价值变化分析. *海洋通报*, 2014, 33(2): 121-125.
 - 20 Brock J C, Purkis S J. The emerging role of lidar remote sensing in coastal research and resource management. *Journal of Coastal Research*, 2015, 25(6): 1-5.
 - 21 Wang A, Chen J, Jing C, et al. Monitoring the Invasion of *Spartina alterniflora* from 1993 to 2014 with Landsat TM and SPOT 6 satellite data in Yueqing Bay, China. *PLoS ONE*, 2015, 10(8): 0135538.
 - 22 隋广军, 唐丹玲. 台风灾害评估与应急管理. 北京: 科学出版社, 2015.
 - 23 潘德炉, 林寿仁, 李淑菁, 等. 海洋水色遥感在海岸带综合管理

- 中的应用. 航天返回与遥感, 2001, 22(2): 34-39.
- 24 《卫星应用》编辑部. 中国卫星应用进展. 卫星应用, 2012(5): 56-66.
- 25 李国杰, 程学旗. 大数据研究: 未来科技及经济社会发展的重大战略领域——大数据的研究现状与科学思考. 中国科学院院刊, 2012, 27(6): 647-657.
- 26 Pan D, Bai Y. Progress in the application of ocean color remote sensing in China. Acta Oceanologica Sinica, 2008, 27(4): 1-16.

Geospatial Information Technology and Coastal Zone Research

Wu Jiaping¹ Zheng Yuhan¹ Gu Jiali¹ Luo Yongming²

(¹ Institute of Islands and Coastal Ecosystems, Ocean College, Zhejiang University, Zhoushan 316021, China;

² Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China)

Abstract The coastal zone connecting inland and sea-water areas can play a vital role in ocean development, economic booming, commercial intercourse, and cross-cultural communication, due to its richness in natural resources, special geographical location, and unique environment. However, traditional approaches for studying coastal zone can hardly meet the key requirements of timing, broad scope, and efficiency. Obtaining coastal zone information in an effective and reliable manner and achieving efficient management are important tasks that present a huge challenge for us. Recently, geospatial information technologies (GITs), including remote sensing (RS), geographic information systems (GIS), and global positioning systems (GPS), have been developed rapidly, thus providing us with powerful technological support and excellent development opportunities for coastal zone research and management purposes. This paper briefly reviews the applications of GITs in coastal zone. Five specific aspects are considered, namely, coastal zone resources inventory and conservation, environmental monitoring and ecological preservation, land use and landscape dynamics, disaster forecast and relief, and comprehensive management. For example, there are many remote sensing inversion models for monitoring the concentration of chlorophyll a, colored dissolved organic matter (CDOM), and suspended materials in coastal water, which can adequately reflect ecological and environmental health. The study of coastline dynamics by applying GITs is also common these days. Accordingly, we used Gaofen 2 (GF-2) satellite image and identified the macroalgae (porphyra) farming area in Dayu Bay (Zhejiang, China) with a classification accuracy of 97%. We are currently using GITs to identify different types of macroalgae, delineate the farming area, and estimate their yields. In addition, we provide examples of disaster relief and comprehensive coastal zone assessment and management, such as oil spill monitoring. Lastly, we present the status quo of GITs' applications, discuss a foreground for development, and identify the challenges and perspectives of coastal zone studies. Nowadays, GITs have preferable technical reserve in China. High spatial and spectral resolution remote sensing can detect the finer coastal zone features and show their spatiotemporal changes. Unmanned aerial vehicles (UAV) also have great advantages in data collection due to their efficiency, flexibility, and reducing cloud resistance. GIS is a very powerful tool in spatial data storage, editing, processing, and modeling, and can be used in multi-source integration and data merging in Web based analysis and computation. Nevertheless, there are still some difficulties for us to overcome. For example, the majority of RS imagery is affected by weather as well as atmosphere, so that improved image processing (including cloud removal and atmospheric correction) is important in obtaining high quality results. In addition, when we use GIS to manage the coastal zone, we need to reconsider the important issue of how to make system management more convenient and effective, and how to encourage the public be involved into the process. All of the above are topics for further study as far as we are concerned. By 2025, China will launch over 70 earth observation satellites, including land resources and environment satellites, ocean satellites, and meteorological satellites, a fact that creates a big market and many application opportunities. Furthermore, we have developed high performance GIS software. The Beidou satellite (Compass) navigation and positioning system can also provide top quality GPS services. China has been vigorously implementing the strategy of blue economy, and building the "21st

century Maritime Silk Road". In order to explore the great potentials of coastal zone and capitalize on its strengths, we suggest to initiate the geospatial big data study and to support the coastal zone research for sustainable development purposes.

Keywords remote sensing (RS), geographic information system (GIS), global positioning system (GPS), coastal zone, applications

吴嘉平 浙江大学海岛海岸带研究所所长、教授、博士生导师。1997年获美国堪萨斯州立大学博士学位。主要从事资源环境遥感与地理空间信息应用、时空分析方法模型与应用等方面的教学和研究工作, 发表论文100余篇, 合著中文专著3本、英文专著1本。E-mail: jw67@zju.edu.cn

Wu Jiaping Professor and Director of Institute of Islands and Coastal Ecosystems, Zhejiang University. He obtained his Ph.D. degree from Kansas State University in 1997. His main research focuses on environmental geospatial information science and technology, spatiotemporal analysis, and modeling. He has published more than 100 papers in peer reviewed journals, authored and co-authored three books in Chinese and one book in English. E-mail: jw67@zju.edu.cn