

遥感技术提取海岸线的研究进展

严海兵^{1,2}, 李秉柏¹, 陈敏东²

(1. 江苏省农业科学院 农业资源与环境研究所, 南京 210014; 2. 南京信息工程大学 环境科学学院, 南京 210044)

摘要: 海岸带是比较活跃和脆弱的地段, 快速而准确地监测海岸线的动态变化对于海域的使用管理具有十分重要的意义。遥感技术具有宏观、快速、综合、高频、动态和低成本等突出优势。重点介绍了利用阈值分割、边缘检测、色差算子提取、区域生长提取及神经网络分类等方法自动提取瞬时水边线, 通过潮位校正进而提取海岸线的研究进展, 分析了各种提取方法的优缺点, 并就其存在的不足展望了今后的研究方向。

关键词: 海岸线; 遥感; 提取

中图分类号: TP79

文献标识码: A

文章编号: 1003-2363(2009)01-0101-05

1 引言

海岸带地处海陆之交, 凭借其自身丰富的自然资源和优越的地理位置成为人类竞争和开发的重要区域。然而海岸带是不稳定的, 易于受到自然和人为因素的冲击; 强烈的海陆作用使海岸带成为全球自然环境和生态最为脆弱的地域之一; 沿海的经济发展以及大批向沿海集中迁移的人口导致海岸带的资源和环境遭到严重破坏, 出现了许多有碍于可持续发展的问题^[1-4]。海岸带不稳定的明显标志就是海岸线的变化及与之相关的陆地增减。海岸侵蚀、淤涨、海平面上升等的变化和人工堤坝、围垦、采砂等社会因素的影响, 都可能会导致海岸线的扩张或伸缩^[5-6]。

海岸线不仅标识了水陆分界线, 更对沿海的滩涂面积、湿地生态系统衰退等具有重要的指示作用; 同时, 海岸线的变迁是全球环境变化、海岸环境变化以及人为活动相互作用的结果和综合反映, 因此, 人们迫切希望全面、准确地了解海岸线的动态变化, 以实现海岸带资源的科学管理和持续利用^[7-8]。近 20 年来, TOGA (热带海洋和全球大气实验计划)、WOCE (世界大洋环流实验计划)、LOICZ (海岸带海陆相互作用研究计划) 以及 NASA (美国宇航局) 等针对海岸带及海岸线的变迁开展了一系列研究^[9]。我国自 20 世纪 80 年代中期以来, 展开了多次全国范围内的海岸线定期调查^[10]。

研究海岸线变化的常规方法主要是利用历史海图、地形图、剖面监测等, 这些调查方法和手段不但费时费

力, 而且动态连续性差^[11-14]。多时相、多平台的遥感技术在这方面脱颖而出, 其具有宏观、快速、综合、高频、动态和低成本等突出优势, 为监测海岸线的动态变化提供了一种方便和重要的方法^[15-16]。国外利用遥感监测海岸线变迁的研究较早, 应用也较广泛, 美国、英国、意大利、荷兰和丹麦等西方国家, 几乎在所有较大规模的近岸海区资源调查和开发规划中都利用遥感资料和常规资料相结合, 提供综合分析数据供有关部门使用^[17]。

基于不同学科的研究目的, 对海岸线具体位置的确定还存在一定的分歧, 大致分为 5 种: (1) 低潮线; (2) 沿海岸滩与平均海平面的交线; (3) 平均高潮线; (4) 多年大潮高潮线或痕迹线; (5) 最大风暴潮所能达到的位置^[6]。为了提高海岸线研究的精度, 真实地反映海岸线的变化趋势, 必须有一个统一的标准。绝大多数国家, 包括我国现有海洋管理工作的实践都是以平均大潮高潮线为海陆分界线, 有关国家标准和行业标准也都规定以其作为海岸线^[18]。作者主要就近年来利用多时相遥感影像提取海岸线的研究进展作简要综述, 期望对相关研究的深入开展有所裨益。

2 水边线自动提取

卫星过境时水边线正好位于平均大潮高潮线的影像难以获取, 大部分海岸线自动提取算法研究的都是如何利用数字图像处理技术提取瞬时水边线。水边线的位置受潮汐等因素的影响很大, 因此, 所提取的水边线不能直接作为海岸线。但是, 作为海岸线自动提取的必要步骤, 水边线提取算法的研究还是必不可少的^[19]。

2.1 阈值分割法

阈值分割法 (又称密度分割法) 适用于要分割的物体与背景有强烈对比度的图像, 因其实现简单、计算量小、性能较稳定而成为海岸线提取的一种常用算法^[20]。

收稿日期: 2007-12-19; **修回日期:** 2008-11-20

基金项目: 973 计划预研项目 (2006CB708410); 国家科技支撑计划项目 (2006BAD04B04)

作者简介: 严海兵 (1982-), 男, 江苏泰兴市人, 在读硕士, 主要从事环境遥感、农业遥感研究, (E-mail) jackie_yan@163.com。

Joo Hyung Ryu等^[21]在深刻了解潮滩光谱特征的基础上,根据 TM4和 TM5两个波段对水体和陆地反射率的区分,选择出合适的阈值,把单纯的淤泥质海岸与混浊的海水分开,但在近岸海水比较混浊的情况下,该方法难度和误差较大,他们同时指出水边线的提取不仅受到波段组合的影响,还受到所处位置的坡度等的影响;崔步礼等^[22]以 1976—2002 年间 18 景 Landsat 多时相 MSS TM、ETM+系列数据为信息源,运用水体辐射反射率在近红外波段明显单一并低于其他地物的特性提取海岸线,并分析了海岸线的演变过程;霍继双等^[23]针对传统的阈值方法对沿海岸线的阴影、散射特性很弱的植被、很暗的人工设施、受噪声影响的海湾水域等往往缺乏足够辨识能力的情况,提出了一种基于多阈值的形态分割方法:将阈值检测后的孤立区域划分为内陆、外海和沿海岸线 3 种孤立区域,然后根据区域距离和最小路径的定义,利用形态学算子对沿海岸线的孤立区域进行处理,以提高海岸线检测的精确度和降低误检率;王琳等^[14]根据水体的 MNDWI(修正归一化水体指数)值较高,而非水体的 MNDWI 值较低的原理,选取合适的阈值成功提取了厦门岛及其邻域的 3 个时相的海岸线,总精度均在 90% 以上。修正归一化水体指数的数学表达式为

$$M = \frac{a-b}{a+b} \quad (1)$$

式中: M 为修正归一化水体指数; a 和 b 分别代表绿光波段和中红外波段的反射率。

2.2 边缘检测法

图像的边缘对应着图像灰度的不连续性,边缘检测算法就是通过检测每个像素与其直接邻域的状态,根据边界上像素点邻域的像元灰度值变化比较大的原理来判定该像素是否处于边界上。常用的边缘检测算子有 Laplace Gauss Roberts Prewitt 及 Soble 等算子。杨虎等^[24]用 Soble 滤波方法对不同时相的 SAR TM 融合图像进行边缘检测,滤波后使海岸线更加清晰;韩震等^[25]以 Landsat 被动反射红外数据、热红外数据和合成孔径雷达 (ERS-2 SAR) 主动微波数据为信息源,分别采用 Laplace Gauss Roberts 和 Soble 三种算法提取悬浮泥沙含量较高的长江口九段沙淤泥质滩涂水边线信息,提取效果最好的为 Soble 算法,其次为 Roberts 算法,水边线最不清晰的为 Laplace Gauss 算法,同时指出高含量的悬浮泥沙水体对水边线信息提取有相当大的影响。

小波变换的基础是平移和伸缩的不变性,将一个信号分解成对空间和尺度的独立贡献,同时又不丢失原始信号的信息,基于小波分析的边缘检测算法能很好地保证所得到的边缘的精度,并能克服传统算法对图像的质

量要求^[3]。Andreas Niedemeier^[26]利用 SAR 影像进行研究,采用小波边缘检测等算法实现了对水边线的提取,并在此基础上使用相同潮汐条件下的一个时间序列内的雷达影像对海口区域海岸线的动态变化进行了监测;杜涛等^[27]对 SAR 图像作小波变换后,沿由海向陆的方向计算图像的奇异点,并连接所有的奇异点得到岸线,当沿岸海域有岛屿、导流堤或排污物干扰时,该方法的检测结果会受到一定的影响;鉴于小波变换后的奇异点不都是海岸线,冯兰娣等^[28]使用高斯函数的一阶倒数作为小波变换函数的核函数,在对黄河三角洲的 Landsat 近红外遥感图像做小波变换后,通过检测小波变换模式的极值点得到图像水边线的候选边缘点,然后,再经过滤波得到图像的边缘,研究表明基于小波变换的检测提取要优于经典边缘检测算子的提取。

2.3 CDC 算子提取法

阈值分割法和边缘检测法一般都是基于灰度图像,彩色图像与灰度图像最大的区别在于彩色图像颜色更丰富,能够提供更多的边缘信息,可以利用颜色梯度提取边缘。彩色图像通常有 RGB、LAB、XYZ、CMYK 等多种模式表达色彩信息,其中,LAB 模式是一种均匀的颜色空间;色差是指用数值法表示两种颜色给人色彩感觉上的差别,即把颜色的差异用数值来定量表示。基于色彩的 Canny 自适应提取法边缘信息定位精度高,可剔除假边缘信息,对影像上目标较少、特征简单的边缘提取效果较好,但对于地物复杂、边缘特征或线特征破碎的遥感影像存在对噪声过于敏感以及不能充分顾及局部边缘特征信息的缺陷^[29-30]。张朝阳等^[30]采用基于 LAB 颜色模型的改进型 Canny 算子,即色差 Canny (CDC, Color Difference Canny) 算子提取海岸线,这种方法兼顾了梯度幅值计算中边缘定位准确和抑制噪声的要求,充分利用了彩色信息,并能准确地求出符合人眼视觉的颜色差别,在实际中取得了很好的效果。

2.4 区域生长提取法

区域生长的基本思想是将具有相似性质的像素集合起来构成区域,该方法需要先选取一个种子点,然后,依次将种子像素周围的相似像素合并到种子像素所在的区域中。算法的关键在于选择合适的区域生长准则,常用的生长准则有基于区域的灰度差、基于区域内灰度分布统计性质以及基于区域形状等,同时,阈值选择得当与否直接对区域的大小、均匀性产生影响^[30]。Chen 等^[31]采用区域生长算法在全色光谱图像中提取了海岸线;谢明鸿^[32]等提出一种改进的自动种子点增长算法,针对 SAR 图像,利用像素值统计信息自动定位一个初始种子点区域,并计算初始均值 M 与初始阈值 T,然后,基于不断更新的 M 和 T 进行海域点增长,增长结束后,对得

到的连通海域进行轮廓边界跟踪,从而确定出具体的海岸线位置。利用区域生长算法检测海岸线,结果比较精确和稳定,但在图像局部方差比较大的情况下效果往往不佳。

2.5 神经网络分类法

神经网络最初是受生物神经系统启发的,是以模拟人体神经系统的结构和功能为基础而建立的一种信息处理系统,具有模拟人的部分形象思维的能力。神经网络的工作过程是:用户在输入层输入需要的参数后,网络的隐含层自动根据它对样本数据总结出来的规律和函数关系产生一定的输出,隐含层的功能类似于人脑的思考过程。T. W. Ryan^[33]在 1991 年把神经网络引用到海岸线的提取上,首先把图像标准化,最后完成陆地与海洋的分类,把图像分块输入到分类器中进行分类,水陆边界被转化为海岸带的条带,然后用包容过滤器和阈值水平来确定海岸线,并用连接算法把散乱的岸线连接起来;朱小鸽^[34]将 1973 年的 MSS 1992 年和 1998 年的 TM,共计 3 个时相影像的近红外波段作为输入,以水、1973 年以前的陆地、1992 年以前的陆地和 1992—1998 年增长的陆地为输出,经过神经网络的数次训练并反复调整训练区、隐含层及隐含结点数,最终提取出各个时相的海岸线,分类精度达到了 90%。

2.6 SAR 影像的海岸线提取

SAR 为主动遥感,侧视成像,可全天时、全天候监测。前面已经介绍过利用边缘提取、区域生长等方法提取 SAR 图像的海岸线,但由于斑点噪声、风浪引起的海面粗糙等原因,SAR 图像上陆地和水的对比度常常不明显,影响了利用 SAR 数据提取海岸线的精度^[35]。Ma-son、李林茹^[36-37]采用一种半自动的方法准确有效地从 ERS-1 SAR 图像中提取海岸线,首先对 SAR 图像进行去噪,通过对比比率检测器和滞后阈值算法确定岸线的大致位置,然后对获得的水边线用主动轮廓模型进行更精细的处理,得到最终的海岸线;Moctezuma^[38]提出采用多项式变换和马尔可夫链分割法从 SAR 图像提取海岸线,并把处理过程分为图像复原、图像分割和岸线提取 3 个步骤。

3 海岸线的提取

3.1 潮位校正提取海岸线

海岸带一般地形起伏小,坡度较缓,很小的潮差就会导致水边线相差甚远。因此,用卫星数据提取海岸线时,必须考虑潮位的影响,对水边线进行潮位校正。潮位校正一般根据卫星成像时刻的潮位高度、平均大潮高潮位的潮水高度以及海岸坡度等信息,计算出水边线至高潮线的水平距离,从而确定海岸线的位置。其原理见

图 1,提取两景卫星图像的水边线,分别设为 C_1 、 C_2 ,量出图像上两水边线的距离,设为 ΔL 同时确定两幅图像中卫星过顶时刻的潮位高度,分别设为 h_1 、 h_2 (假设 $h_2 > h_1$)^[18, 39-40],则有

$$\theta = \arctan \left[(h_2 - h_1) / \Delta L \right] ; \quad (2)$$

水边线至海岸线的距离为

$$L = (H - H_2) / \tan \theta ; \quad (3)$$

瞬时潮高为 (以 h_1 为例)

$$h_1 = H' - h / 2 \times \left[1 - \cos(t/T \times 180) \right] 。 \quad (4)$$

式中: H 是平均大潮高潮位的潮水高度,可根据多年潮位观测资料得到; H' 是当日高潮的高程; h 为当日的潮差; T 为落潮历时; t 为高潮时至遥感图像获取时的时间间隔。验潮站一般只有整点时刻的潮位数据,而海岸的坡度大都较缓,如果忽略潮汐时间的影响将会大大降低计算的精度。马小峰^[38]利用已有的潮位数据进行线性拟合,得出潮位与时间的线性关系方程,从而精确计算出卫星过境瞬间的潮位高度。根据上述海岸线位置校正的原理,将提取得到的水边线移动距离 L 即得到真正意义上的海岸线位置。

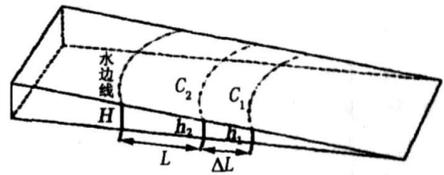


图 1 海岸线位置计算的原理

Fig 1 Theory of counting coastline position

通过潮位校正提取海岸线需有详尽的潮位观测资料,是基于地形起伏可以忽略不计的假设;因此,不适用于地形起伏较大的海域。瞬时水边线潮高的精确度及影像的空间分辨率对提取结果有较大影响。

3.2 间接地物提取海岸线

吴曙亮等^[41]认为潮汐作用使海平面呈周期性升降,在海滩上形成了不同的沉积带、生物带和微地貌景观,可利用这些典型的分带标志结合地面调查来确定海岸线;张祥国等^[42]认为淤泥质潮滩地物有着较强的空间分布规律,白茅草、盐蒿等耐盐碱植物一般稀疏分布在高潮位以上,可以其边界为海岸线,江苏沿海等地区在 20 世纪 80 年代后,特别是近几年来,由于对土地的急剧需求,近几十年来历次匡围外堤线的高程与当时的高潮线具有一致性,在精度要求不高的情况下可以此作为海岸线。

盐生植物的空间变化是一个长期的过程,其新边界的形成与平均高潮线的变化相比具有明显的滞后性;利

用海堤建设以及其他地物的时空变化间接提取海岸线时,选取不同的地物或间接标志所得的结果往往相差很大;因此,其结果仅能定性,不宜做定量分析。

4 展望

海岸带是比较活跃和脆弱的地段,快速而准确地测量海岸线的动态变化对于海域的使用管理具有十分重要的意义。相对于常规测量方法,遥感技术可以大面积、实时监测海岸线的动态变化。遥感提取海岸线并分析其动态变化的研究近年来取得了很多有意义的成果,针对目前研究存在的不足,作者认为今后需加强以下 5 方面的研究。

(1)统一海岸线提取标准。海岸线应为平均大潮高潮线,而有些研究却直接采用成像时刻的水边线作为海岸线。海岸带潮位变化较快,不能混淆水边线与高潮线,应在提取水边线的基础上进行潮位校正,提取出真正意义上的海岸线,以准确监测其变迁。

(2)有机结合自动解译与目视解译。目前的研究集中在采用边缘检测算法进行自动提取,难免产生一些明显的假边缘点和丢失一些真实边缘的细节部分,在自动提取的基础上结合目视解译可提高提取精度。

(3)选取合适的提取方法。不同海岸地貌的海岸线在影像上的解译标志与提取方法存在差异,需根据各自的特点选择最优的提取方法。

(4)复合遥感与非遥感信息。信息复合就是多平台、多传感器、多时相的遥感数据之间及其与非遥感数据之间的信息匹配组合;信息复合可以实现不同数据源的优势互补,弥补单一数据源的不足。

(5)综合考虑各种影响因素。如风浪等对成像瞬间潮高的影响、不同空间分辨率的影像对海岸线长度的影响以及高含量的悬浮泥沙水体对水边线提取的影响等。Lodhi^[43]等在利用 NDVI(归一化植被指数)减少悬浮泥沙对提取效果的影响方面已做出了有益的尝试。

参考文献:

- [1] 欧维新,杨桂山,于兴修. 海岸带自然资源价值评估的研究现状与趋势 [J]. 海洋通报, 2005, 24(2): 79—85.
- [2] 沈瑞生,冯砚青,牛佳. 中国海岸带环境问题及其可持续发展对策 [J]. 地域研究与开发, 2005, 24(3): 124—128.
- [3] 樊建勇. 青岛及周边地区海岸线动态变化的遥感监测 [D]. 青岛:中国科学院海洋研究所, 2005.
- [4] 韩震,恽才兴,蒋雪中,等. 温州地区淤泥质潮滩冲淤遥感反演研究 [J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(6): 31—34.
- [5] 姜义,李建芬,康慧,等. 渤海湾西岸近百年来海岸线变迁遥感分析 [J]. 国土资源遥感, 2003, 58(4): 54—58.
- [6] 邵正强. 某些海洋区域性专用名词的法律性定义问题 [J]. 海洋与海岸带开发, 1992, 9(1): 73—79.
- [7] 侯志华. GIS技术支持下的海岸带遥感动态监测分析——以龙口市海岸带为例 [D]. 济南:山东师范大学, 2006.
- [8] 丁丽霞,周斌,张新刚,等. 浙江大陆淤涨型海岸线的变迁遥感调查 [J]. 科技通报, 2006, 22(3): 292—298.
- [9] 褚忠信. 现代黄河三角洲冲淤演变规律与遥感应用研究 [D]. 青岛:中国海洋大学, 2003.
- [10] Yang Xiaomei, Lan Rongqin, Du Yunyan, et al. Technical Foundation Research on High Resolution Remote Sensing System of China's Coastal Zone [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2004, 23(1): 109—118.
- [11] 尤坤元,朱大奎,王雪瑜,等. 苏北岸外辐射沙洲王港西洋潮流通道稳定性研究 [J]. 地理研究, 1998, 17(1): 10—16.
- [12] 蔡锋,苏贤泽,曹惠美,等. 华南砂质海滩的动力地貌分析 [J]. 海洋学报, 2005, 27(2): 106—114.
- [13] 王庆. 全新世中期以来山东半岛东北岸相对海面变化与海积地貌发育 [J]. 地理研究, 1999, 18(2): 11—18.
- [14] 王琳,徐涵秋,李胜. 厦门岛及其邻域海岸线变化的遥感动态监测 [J]. 遥感技术与应用, 2005, 20(4): 404—410.
- [15] 王敬贵,杨晓梅,杜云艳,等. 海岸带影像数据库的设计与集成方法 [J]. 地球信息科学, 2002, 4(4): 16—23.
- [16] 汪小钦,陈崇成. 遥感在近岸海洋环境监测中的应用 [J]. 海洋环境科学, 2000, 19(4): 72—76.
- [17] 韩震,金亚秋,恽才兴. 我国海岸带及其近海资源环境监测的遥感技术应用 [J]. 遥感信息, 2006, 21(5): 65—67.
- [18] 宋玮. 基于不动点计算的岸线动态分析方法 [D]. 青岛:中国海洋大学, 2004.
- [19] 马小峰,赵东至,邢小罡,等. 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.
- [20] William K Pratt. Digital Image Processing [M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 2001: 551—581.
- [21] Joo Hyung Ryu, Joong-Sun Won, Kyung Duck Min. Water Extraction from Landsat TM Data in a Tidal Flat: A Case Study in Gamso Bay, Korea [J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 83(3): 442—456.
- [22] 崔步礼,常学礼,陈雅琳,等. 黄河口海岸线遥感动态监测 [J]. 测绘科学, 2007, 32(3): 108—109.
- [23] 霍继双,王超,王正志. 一种基于多阈值的形态学提取遥感图像海岸线特征方法 [J]. 中国图象图形学报, 2003, 8(7): 805—809.

- [24] 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.
- [25] 韩震, 金亚秋. 星载红外与微波多源遥感数据提取长江口淤泥质潮滩水边线信息 [J]. 自然科学进展, 2005, 15(8): 1000-1006.
- [26] Niedemeier A, Lehner S, Sander J. Monitoring Big River Estuaries Using SAR Images [J]. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2001(4): 1756-1758.
- [27] 杜涛, 张斌. 小波技术分析遥感图像确定岸线位置的研究 [J]. 海洋科学, 1999(4): 19-21.
- [28] 冯兰娣, 孙效功, 胥可辉. 利用海岸带遥感图像提取岸线的小波变换方法 [J]. 青岛海洋大学学报, 2002, 32(5): 777-781.
- [29] 王植, 贺赛先. 一种基于 Canny 理论的自适应边缘检测方法 [J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(8): 957-962.
- [30] 张朝阳, 冯伍法, 张俊华. 基于色差的遥感影像海岸线的提取 [J]. 测绘学院学报, 2005, 22(4): 259-262.
- [31] Chen A J, Chen C F, Chen K S. Investigation of Shoreline Change and Migration Along Wai-San-Ding-Zou Barrier Island, Central West Taiwan [J]. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1995(3): 2097-2099.
- [32] 谢明鸿, 张亚飞, 付琨. 基于种子点增长的 SAR 图像海岸线自动提取算法 [J]. 中国科学院研究生院学报, 2007, 24(1): 93-98.
- [33] Ryan T W, Semintilli P J, Yuen P, et al. Extraction of Shoreline Features by Neural Nets and Image Processing [J]. Photogrammetry and Remote Sensing, 1991, 57(7): 947-955.
- [34] 朱小鸽. 珠江口海岸线变化的遥感监测 [J]. 海洋环境科学, 2002, 21(2): 19-22.
- [35] Lee J S, Jurkevich I. Coastline Detection and Tracing in SAR Images [J]. IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, 1990, 28(4): 662-668.
- [36] Mason D C, Davenport L J. Accurate and Efficient Determination of the Shoreline in ERS-1 SAR Images [J]. IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, 1996, 34(5): 1243-1253.
- [37] 李林茹, 高双喜, 曹淑服. 基于小波变换和梯度矢量流 Snake 模型的 ERS-1 SAR 图像的海岸线探测 [J]. 河北工业科技, 2004, 20(4): 17-21.
- [38] Moctezuma M, Escalante B, Mendez R, et al. Coastline Detection with Polynomial Transforms and Markovian Segmentations [J]. Geoscience and Remote Sensing, 1997(1): 38-40.
- [39] 马小峰. 海岸线卫星遥感提取方法研究 [D]. 大连: 大连海事大学, 2007.
- [40] 王小龙, 张杰, 初佳兰. 基于光学遥感的海岛潮间带和湿地信息提取 [J]. 海洋科学进展, 2005, 23(4): 477-481.
- [41] 吴曙亮, 蔡则健. 江苏沿海滩涂资源及发展趋势遥感分析 [J]. 海洋通报, 2003, 22(2): 60-68.
- [42] 张祥国, 张忍顺, 王艳, 等. 基于 RS 的淤泥质海岸滩涂淤积速度分析——以江苏赣榆县宋庄岸段为例 [J]. 国土资源遥感, 2005(4): 69-73.
- [43] Lodhi M A, Rundquist D C, Han L, et al. The Potential for Remote Sensing of Loess Soils Suspended in Surface Waters [J]. Journal of the American Water Resources Association, 1997, 33(1): 111-117.

Progress of Researches in Coastline Extraction Based on RS Technique

YAN Hai-bing^{1,2}, LI Bing-bai¹, CHEN Min-dong²

(¹. Institute of Agricultural Resources & Environment

Jiangsu Academy of Agricultural Sciences Nanjing 210014, China; ². College

of Environmental Science Nanjing University of Information Engineering Nanjing 210044, China)

Abstract: The coastal wetland is quite active and frail. It is very important to monitor the dynamic change of coastline rapidly and accurately regarding the sea area use and management. Remote sensing technique has macroscopic, fast, comprehensive, high-frequency, dynamic, low cost and such prominent advantages. The progress of research in coastline extraction based on RS was emphasized, the advantage and disadvantage was analyzed, and the future research orientation was forecasted based on its existent insufficiency in brief.

Key words: coastline; remote sensing; extraction