

海岸线提取技术研究进展

申家双^{1,2}, 翟京生², 郭海涛¹

(1. 解放军信息工程大学 测绘学院, 河南 郑州 450052; 2. 海军海洋测绘研究所, 天津 300061)

摘要: 海岸线位置的确定是海岸带和海岛礁测绘的重要内容。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。遥感技术具有快速、动态、大范围、宏观等突出优势。重点介绍了基于遥感影像提取瞬时水边线, 通过潮位校正进而提取海岸线的研究进展, 提出了基于潮间带 DEM 和潮汐模型的海岸线提取方法, 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; 水边线; 潮间带; 遥感; 提取方法; DEM; 潮汐模型; 展望

1 引言

海岸线是多年平均大潮高潮所形成的海水和陆地分界的痕迹线, 是划分海洋与陆地行政管理区域的基准线, 是确定领海内水和陆地的分界线, 也是区分海洋深度基准和陆地高程基准的分界线。由于海岸带受海水动力作用(包括潮汐潮流等)、地球构造地貌演变、地质气象灾害、气候变暖导致的海平面上升等自然条件的变化及人类围垦、填海造地、海洋工程等人类活动的影响, 海岸线将发生向海淤进、向陆蚀退等空间位置的变迁以及海岸类型、走向和长度的变化^[1]。快速准确测定海岸线位置和性质的动态变化是人们研究海陆相互作用、沿海围垦、港口开发、城镇扩建等所必须进行的一项技术活动^[1], 是规避海域管理冲突的信息基础, 也是地形图测绘、海道测量、海岸带调查、海岸演变研究、海岸和海域管理等的重要内容。

传统海岸线测绘采用现场探测方式, 目前较常用的方法是摄影测量技术, 此外GPS技术也被用于大比例尺岸线测绘, 陆上车载测绘技术配合GPS可机动快速进行海岸线测绘工作, 但这些方法耗时费力, 效率低, 工作周期长, 难以快速反映海岸线的动态变化。遥感以其全天候、大范围、同步观测获取不同尺度时空信息等特点, 不受地表、海况、天气、地理环境等条件限制, 在海岸带资源调查、动态监测、环境保护和海岸带管理等方面表现出较大的优势, 为检测海岸线的动态变化提供一种方便和重要的方法^[2]。目前基于遥感影像的岸线提取技术已有多人进行了研究, 并提出许多提取算法, 各有其优缺点。但由于遥感摄取的影像(数据)一般为瞬时水涯线(即水边

线), 并非海岸线(大潮高潮线的影像), 因此必须将水边线通过潮位信息校正至大潮高潮面的水陆分界线才是真正的海岸线。本文介绍了海岸线传统的探测方法, 分析了近年来利用多时相遥感影像提取水边线的各种方法, 探讨了基于潮位校正遥感影像提取海岸线技术, 期望对海岸线自动提取技术的深入研究有所借鉴和帮助。

2 海岸线现场探测技术

传统的海岸线探测手段通常采用实地测量法和摄影测量方法。实地测量法一般采用光学测量仪器(经纬仪、全站仪等)在高潮潮位线附近每隔一定距离采集海岸线特征点, 标划在数字地形图上并连接成线得到海岸线。GPS定位测量的全天候、高精度、动态、实时等特点, 使得海岸线特征点的采集工作变得快捷方便, 但仍需人工携带GPS移动站到现场定位。周立等^[3]分析了海岸线测量的特点, 提出了集成GMS无线电数据链, 利用摩托车携带DGPS进行海岸线快速实时动态测量新方法和技术体系。摄影测量方法是利用摄影像片人工调绘海岸线, 与实地测量法一样需要在野外采集海岸线特征点, 而且要求影像清晰、细节突出, 对影像缺乏明显高潮潮位线特征时, 判读往往难以进行。现场探测海岸线虽然详实准确, 但必须做大量的野外工作, 不易于大面积探测和应用推广。

3 遥感影像水边线提取技术

从遥感影像上获得的海岸线一般是某一时刻海水与陆地的瞬时交界线(也称水边线), 受潮汐等因素的影响岸线在不断变化。航空摄影或卫星过境时水边线正好位于平均大潮高潮线的

收稿日期: 2009-07-20

作者简介: 申家双(1968-)男, 河南新乡人, 高级工程师, 博士生, 主要从事海洋测量和海洋遥感技术研究。

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,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^[4]。目前用于海岸线提取的数据源主要有LandSat、SPOT和SAR影像,部分航空影像和QuickBird、IKONOS等高分辨率的卫星影像也开始用于海岸线提取^[2]。受海岸线海陆边界特征的影响,提取海岸线特征实质上是一个图像分割的过程,方法较多,除目视解译和多光谱分类外,主要可以分为:

3.1 阈值分割法

阈值分割法(又称密度分割法)是图像分割领域广泛使用的一种技术,它是根据灰度值将一幅数字图像 $f(x, y)$ 分割成不同的区域。如将分割后的图像记为 $G(x, y)$, 则可表示为:

$$G(x, y) = k \quad (1)$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, K \quad (T_{k-1} < f(x, y) \leq T_k)$$

式中, T_0, T_1, \dots, T_k 是一系列分割阈值; k 为赋予分割后图像各区域的不同标号。

该方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,处理速度快、计算量小、性能较稳定而成为海岸线提取的一种常用算法。主要用于可见光和红外影像的信息提取,在海陆背景对比明显的情况下,影像直方图通常表现为好的双峰形式,取直方图谷底作为阈值门限,可以将水体和陆地分割成两部分,然后将水陆边界连接起来就可以得到水边线^[2]。Joo-Hyung Ryu等^[5]在深刻了解潮滩光谱特征的基础上,对韩国Gomso湾淤泥质海岸使用不同波段的TM图像进行波段运算,选择出合适的阈值,去除了海水中悬浮泥沙对海岸线解译的影响,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^[6]以1976年至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水边线,并分析了海岸线的演变过程;翟继双等^[7]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、外海和沿海三种孤立区域,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^[8]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三个时相的水边线,总精度均在90%以上;张永继等^[9]提出了一种利用邻域相关信息快速提取人工岸线的方法,该方法利用所要获取目标的邻域相关性,对遥感全色影像进行阈值分割、孤立区域去除和边缘检测,实现高精度水边线的自动提取。

3.2 边缘检测法

其主要思想是先检测出图像中的边缘点,然后再按一定策略连接成水边线轮廓。边缘检测的方式很多,如各种微分边缘算子、小波边缘算子以及各种形态学算子等,广泛地应用于水边线的提取^[2]。边缘检测法通常利用图像灰度梯度变化信息,不需要考虑岸线背景差异,因此获得的水边线位置一般较为准确。但是边缘检测算子受遥感影像上噪声点的影响,检测的边缘容易中断,通常需要进行后续的边缘处理,如在边缘检测后用形态学方法对检测的边缘线段进行连接,或与主动轮廓模型方法结合来进行轮廓线的提取。

常用的边缘检测算子有Laplace-Gauss, Roberts, Prewitt, Soble和Canny等算子。杨虎^[10]等提出用sobel滤波方法对不同时相的SAR-TM融合图像进行边缘检测,使水边线更加清晰;韩震等^[11]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;荆浩等^[12]先用Roberts算子提取海岸区域图像的梯度,并进行自动阈值分割,进而用轮廓跟踪法得到水边线的粗略位置。借鉴主动轮廓的思想,设计一种轮廓逼近的方法,根据遥感图像的梯度强度对粗略的水边线进行调整,最终得到精确的水边线;马小峰等^[13]使用Laplace-Gauss, Roberts, Prewitt, Soble和Canny等算子分别对图像进行边缘检测试验,发现Canny算子对图像的提取效果最好,可以作为卫星图像中水边线自动提取的基本算法。

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。杜涛等^[14]提出利用小波变换进行水边线的提取,并使用SAR图像进行了试验,变换后所确定的水边线与遥感图像中显示的海陆边界吻合的很好。但该方法有一个缺陷,即当沿岸海域有岛屿、导流堤或排污物干扰时,所检测的结果就会受到一定的影响;Andreas Niedermeier^[15]利用SAR影像进行了监测大河入海口的研究。他通过综合利用区域跟踪、小波边缘检测和海岸线的Snake算法三种方法实现了对水线的提取,并在此基础上,使用相同的潮汐条件下一个时间序列内的雷达影像,对海口区域的海岸线的动态变化进行了检测;冯兰娣等^[16]使用高斯函数的一阶导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化的检测提取要优于经典边缘检测算子。

3.3 主动轮廓模型法

主动轮廓模型是Kass等1988年提出的一种基于能量函数最小的图像分割算法。它的基本思想是定义一个能量函数,在Snake由初始位置向真实位置逐渐靠近,寻找能量函数的局部最小值,即通过对能量函数的动态优化来逼近目标的真实位置。一般在岸线提取时,Snake算法常与边缘检测算法结合起来,以得到连续的岸线轮廓。范典等^[17]用小波奇异性检测的思想来寻找湖岸线的边缘点,然后利用基于梯度矢量流的主动轮廓模型对边缘点进行连接,得到连续的湖岸线。欧阳越等^[18]改进了基于水平截集的主动轮廓模型,先在低分辨率图像中检测出海岸线的粗略位置,然后将轮廓线映射到高分辨率图像上,继续用水平截集进行检测,最后得到精确的结果。

3.4 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;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^[19]。张朝阳等^[19]采用基于LAB颜色模型的改进型Canny算子,即色差Canny(CDC, Color Difference Canny)算子提取水边线,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。

3.5 区域生长提取法

区域生长(种子点增长)通常是给定一个典型的海域种子点,然后以该点为中心进行扩张,得到所有与该点连通且灰度值近似的像素点,最后对包含这些像素点的连通区域进行轮廓跟踪,从而得到水边线。谢明鸿等^[20]提出一种改进的自动种子点增长算法,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,从而确定出具体的水边线位置。翟辉琴等^[21]针对水体的纹理比较细腻、灰度比较均匀的特点,提出了高、低帽变换区域生长法进行影像分割,实现对遥感影像上海洋的提取。利用区域生长算法检测水边线,结果比较精确和稳定,但同样面临着阈值较难选择的问题。另外抗噪性能较差,种子点附近个别像元灰度值的突然变化极易造成水边线的偏移。

3.6 数学形态学法

数学形态学从几何形状的角度,用选定的“探针”集合(即结构元素)对目标物体集合进行变换和操作(如开闭运算、腐蚀、膨胀等),以突出所需信息,实现对岸线的提取。王宇等^[22]利用数学形态学对某一类特定目标进行减弱或加强这一特性,提出了一种新的水边线提取算法。这种算法在对Landsat-7的近红外图像进行水边线提取的同时也对不同河道、公路和地貌的边缘信息进行了成功的提取,并且排除了噪声的干扰。而且数学形态学运算具有天然的并行性,因而能实现算法的快速完成。张明明等^[23]根据数学形态学的知识,通过选取最低点,以最低点为中心,通过8邻域膨胀得到分割区域,实现了大量

数据遥感影像水系图的流域分割,达到了较好的效果。

3.7 神经网络分类法

神经网络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。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。Ryan^[24]在1991年把神经网络引用到岸线的提取上,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水边线,并用连接算法把散乱的岸线连接起来;朱小鸽^[25]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水边线,分类精度达到了90%。

3.8 SAR 影像的水边线提取

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数据提取岸线的精度。陆立明等^[26]在分析各种成像算法和现有的一些典型SAR目标检测算法的基础上,提出一种在非成像状态下进行岸线提取的新方法,把成像处理与目标检测问题有机地结合起来,通过真实星载SAR回波数据应用实验,证明了直接利用SAR回波对岸线检测的有效性。根据这一原理,首先对回波数据进行特征提取,然后根据其特征进行分析,得出了海洋与陆地回波数据的相关函数,从而提取出SAR回波数据中的水边线;李林茹等^[27]采用一种半自动的方法准确有效地从SAR图像中提取岸线,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,得到最终的水边线。

3.9 其他方法

在遥感图像水边线信息提取的发展过程中,

除上述方法外,还有很多方法,如面向对象的方法,它是将影像对象作为影像分析的基本单元,以自然对象为出发点,根据对象的几何特征、光谱特征以及影像对象间的语义关系将图像分割成为一个个在光谱、纹理和空间组合关系等特征单元。由于引入了影像对象间的语义关系,因此可以利用专家知识来指导影像分析^[2]。马尔科夫场模型法将影像空间中地物的分布看做是一个离散随机过程,它利用单个像素及其最近领域的简单局部交互来获得复杂的全局行为。在水边线检测时,它首先利用第一个马尔科夫场以低分辨率将图像分为海、陆、低海浪地带、海滩等几类,得到水边线的粗边界,然后再用第二个马尔科夫场以高分辨率对边界进行精定位,得到精确的边界^[2]。

4 海岸线的提取

4.1 基于潮位校正的海岸线提取技术

当遥感影像比例尺较小,空间分辨率较低时,在海岸是陡峭的岩石岸等类型的海岸地段,干出滩垂直海岸线的宽度低于影像的空间分辨率时,海岸线的位置可以用水边线的位置替代,此时海岸线的提取即是水边线的提取^[28]。当干出滩的宽度大于影像分辨率时,干出滩与陆地影像上有明显的差别,可以利用遥感影像结合潮位校正方法提取海岸线。

通常泥沙质岸的地形一般起伏小,坡度较缓,很小的潮差就会导致水边线相差甚远。因此,利用遥感影像提取海岸线时,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位的水平距离,从而确定海岸线的位置。其原理见图1。

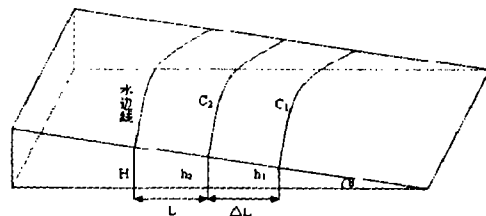


图1 海岸线位置计算原理

首先提取两幅航空摄影像片(或两景卫星图像)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

摄影时刻的潮位高度, 分别设为 h_1, h_2 (假设 $h_2 > h_1$), 则有:

岸滩的坡度为:

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

然后确定平均大潮高潮位的潮水高度 H (根据多年潮位观测资料得到), 计算出对水边线 (以 C_2 为例) 至海岸线的距离 (校正距离) 为:

$$L = (H - h_2) / \tan \theta \quad (3)$$

最后沿海岸线的走向提取多幅遥感影像不同时刻的水边线, 利用地形坡度距离校正的方法可获取大范围的海岸线。对不同影像不同潮汐资料提取不同地区的海岸线应充分考虑海岸线之间的拼接。黄海军等^[29]使用三个年代阶段的TM图像对黄河三角洲地区海岸线的变化进行动态分析, 并考虑了季节和卫星过顶时潮位的影响, 根据图像中水边线的位置和潮位高度计算出海岸的坡度, 再根据平均大潮高潮的潮位对某一潮位时图像的水边线进行校正得出海岸线位置, 进一步提高了结果的精确度。马小峰等^[13]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向陆地方向移动距离 L 即得到真正意义上的海岸线位置。

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也有较大影响^[30]。

4.2 基于潮间带 DEM 和潮汐模型的海岸线提取技术

潮间带通常指平均大潮高潮面 (海岸线) 和理论最低潮面 (海图理论深度基准面) 之间的潮侵地带, 也称干出滩和潮滩, 是地形测量的困难地区。基于潮间带 DEM 和潮汐模型提取海岸线的基本思路是首先假定摄影时刻在一定的范围内, 水边线不受潮位的影响, 水边线的位置可以认为是干出滩上高程一致点的连接而成的等高线 (也称等水位线)。在上述假设条件下, 利用多时相的遥感影像提取的水边线信息, 结合潮汐模型 (或验潮数据) 推断出水边线的高程值, 一系列不同潮位条件下获得的遥感水边线即可形成一系列已知高程信息的等高线, 利用这些等高线和海图的零米线通过空间插值进而得到潮间带 DEM, 最后根据潮汐模型计算当地平均大潮高潮面 (海岸线定义所处潮位) 的高程, 以此为高程参考面与 DEM 横切 (可用等值线自动跟踪方法)

得到海岸线。当然可借助潮间带实测的高程断面获得水边线高程来验证潮汐模型的准确性。海岸线提取流程见图2。

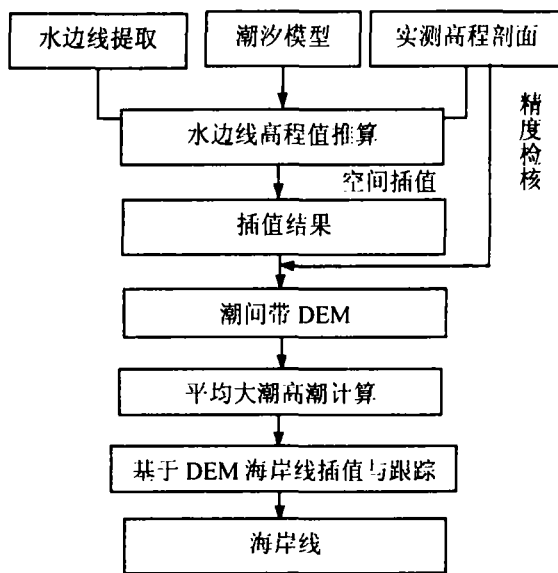


图2 DEM 建立与海岸线提取流程

水边线的提取方法可参见上述的各种方法。而潮汐模型是海岸带高程和水深数据 (垂直基准) 的枢纽。潮汐预报是以平衡潮理论为基础, 借助实际潮位观测资料, 采用调和分析方法推算任意时刻的潮汐变化。潮汐表预报潮位只是整点潮位, 而影像获取的瞬时时刻一般不是整点时间, 且每一景扫描成像过程仅历时十几秒, 仅依靠整点潮汐观测资料, 会影响影像瞬时对潮位的推算及对潮情的准确判断。若要精确获取该时刻的潮位数据, 一种方法是已知预报时采用潮汐调和常数, 内插任意时刻的潮位数据; 另一种方法是通过整点的潮位观测数据建立多项式, 采用插值 (或拟合) 方法获取任意时刻的潮位。暴景阳^[31]、许军等^[32]采用“blending”同化法, 同化多年 T/P 卫星测高数据反演潮汐参数与沿岸验潮站结果, 建立中国邻近海域高分辨率潮汐模型, 可给出中国海域任意时刻水边线的潮位, 结合垂直基准转化模型可得到高程值, 对海岸线的自动提取奠定了技术基础。郑宗生等^[33]依据长江口 1999~2004 年多时相遥感影像光谱特征, 对不同潮情影像采用不同波段提取水边线, 根据实测高程剖面作为控制剖面获得水边线的高程, 并对具有高程信息的水边线采用不规则三角网方法构建 DEM, 克服了潮汐资料缺乏的缺点, 提高了遥感影像提取水边线对高程反演的精度。沈芳等^[34]讨论了多时相卫星影像提取潮滩水边线以

此构建潮滩 DEM 的方法,采用 GIS 技术和验潮站潮位观测推算技术对提取的水边线赋予高程值,构建 DEM 与实测资料比对,构建的 DEM 高程精度相对误差小于 0.5m 区域占总面积的 70%,作为实测资料欠缺的补充。

5 存在问题和研究展望

海岸线位置的确定是海岸带和海岛礁测绘的重要内容,快速而准确地测量海岸线的动态变化对于海岸带的科学管理和持续利用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,但还存在以下问题。

(1) 海岸带影像数据缺乏。目前我国海岸带地区的遥感影像比较缺乏,尤其是高分辨率遥感影像,潮间带 DEM 测绘困难。低空间分辨率影像海岸线模糊,难以准确定位,低光谱分辨率影像目标与背景对比度不明显。

(2) 海岸线提取标准不统一。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,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。

(3) 垂直基准不统一。潮间带 DEM 的获取涉及 1985 国家高程基准和海图深度基准(理论最低潮面),而海岸线提取要依据 DEM 和潮汐数据,因此需建立海岸带垂直基准转化模型,实现陆海部地理信息的融合处理和统一表述。

(4) 精度验证困难。海岸线检测涉及的地理空间尺度一般较大,并且部分海岸带地区现场测绘困难,使得检测结果缺乏必要的精度验证。绝大多数结果是同原图像进行叠加比较,并不能代表现场情况。

(5) 基于融合方法的研究。不同海岸地貌的海岸线在影像上的解译标志与提取方法都有其特点或对于特定的遥感数据,或对于海岸线提取的某一阶段,或对于某一特定的岸线类型,因此在弄清各自特点的基础上选择最优的提取方法,然后充分挖掘各种方法和各种遥感数据的优势,将其进行融合,取长补短,实现不同方法和不同数据源的互补。

(6) 充分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。

(7) 其他领域研究成果的应用研究。计算机

模拟生物功能,如人类识别物体的能力,是个庞大的工程,需要长时间不懈的努力。在其实现之前仍需要利用其他领域的研究成果来提高海岸线信息提取的精度和质量,如数学、计算机图形学、计算机视觉、人工智能、模式识别等。

(8) 综合考虑各种影响因素。如风浪流等海洋环境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因素,提高海岸线的提取精度和效率,建立不同比例尺海岸线数据库,以满足国家政治、经济、军事和社会发展的需要。

参考文献:

- [1] 林桂兰. 遥感在海岸线修测中的应用技术探讨[J]. 福建水产, 2005, (3):59~62.
- [2] 张明, 蒋雪中, 张俊儒, 等. 遥感影像海岸线特征提取研究进展[J]. 人民黄河, 2008, (6): 7~9.
- [3] 周立, 王继刚. 海岸线 GPS 实时动态测量技术及误差影响[J]. 测绘科学, 2008, (3):9~12.
- [4] 马小峰, 赵冬至, 张丰收, 等. 海岸线卫星遥感提取方法研究进展[J]. 遥感技术与应用, 2007, (4):575~580.
- [5] Joo-Hyung Ryu, Joong-Sun Won, Kyung Duck Min. Water Extraction from Landsat TM Data in a Tidal Flat: A case Study in Gomso Bay, Korea[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 83(3): 442~456.
- [6] 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, (3):108~109.
- [7] 翟继双, 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.
- [8] 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.
- [9] 张永继, 闫冬梅, 曾峦, 等. 基于邻域相关信息的海岸线提取方法[J]. 装备指挥技术学院学报, 2005, (6): 88~92.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 荆浩, 陈学俭, 顾志伟. 一种基于边缘特征的海岸线检测方法[J]. 计算机仿真, 2006, 23(8): 89~93.
- [13] 马小峰, 赵冬至, 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.
- [14] 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.
- [15] Andreas Niedermeier, Edzard RomaneeBen. Susanne Lechner. Detection of Coastlines in SAR Images Using

- WaveletMethods[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2000, 38(5): 2270~2281.
- [16] 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.
- [17] 范典, 郭华东, 岳焕印, 等. 基于二进小波变换的 SAR 图像海岸线提取[J]. 遥感学报, 2002, 6(6): 511~516.
- [18] 欧阳越, 钟劲松. 基于改进水平截集算法的 SAR 图像海岸线检测[J]. 遥感技术与应用, 2004, 19(6): 456~460.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 翟辉琴. 基于数学形态学的遥感影像面状目标提取研究[M]. 解放军信息工程大学测绘学院, 2005.
- [22] 王宇, 王乘, 刘吉平. 一种基于数学形态学的遥感图像边缘检测算法[J]. 重庆邮电学院学报, 2003, 15(2): 57~60.
- [23] 张明明, 刘修国. 数学形态学流域分割法在遥感影像水系图图像分割中的应用[J]. 现代计算机, 2003, 11: 23~27.
- [24] 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.
- [25] 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): 20~22.
- [26] 陆立明, 王润生, 李武皋. 基于合成孔径雷达回波数据的海岸线提取方法[J]. 软件学报, 2004, 15(4): 531~536.
- [27] 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, 21(4): 24~33.
- [28] 张朝阳. 遥感影像海岸线提取及其变化检测技术研究[M]. 解放军信息工程大学测绘学院, 2006.
- [29] 黄海军. 李成治, 郭建军. 卫星影像在黄河三角洲变化研究中的应用[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14(2): 30~37.
- [30] 严海兵, 李秉柏, 陈敏东. 遥感技术提取海岸线的研究进展 [J]. 地域研究与开发, 2009, 28(1): 101~105.
- [31] 暴景阳. 基于卫星测高数据的潮汐分析理论与方法研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2002.
- [32] 许军, 刘雁春, 暴景阳. 基于 POM 模式与“blending”同化法建立中国近海潮汐模型[J]. 中国测绘学会海洋测绘专业委员会第 19 届海洋测绘综合学术研讨会论文集, 2007. 123~125.
- [33] 郑宗生, 周云轩, 蒋雪中, 等. 崇明东滩水边线信息提取与潮滩 DEM 的建立[J]. 遥感技术与应用, 2007, 22(1): 35~38.
- [34] 沈芳, 邵昂, 吴建平, 等. 淤泥质潮滩水边线提取的遥感研究及 DEM 构建[J]. 测绘学报, 2009, 37(1): 102~107.

Advances in Coastline Extraction Technology Studies

SHEN Jia-shuang^{1,2}, ZHAI Jin-sheng², GUO Hai-tao¹

(1. Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou, Henan, 450052;

2. Navel Institute of Hydrographic Surveying and Charting, Tianjin, 300061)

Abstract: The coastline position determination is the important content of the coastal zone, island and reef surveying. 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 fast, dynamic, large scope, macroscopic and such prominent advantages. The advances in coastline extraction based on remote sensing was emphasized, the method in coastline extraction based on the DEM of the intertidal zone and tidal model was proposed, the advantage and disadvantage was analyzed, and the future research orientation was forecasted based on its existent insufficiency in brief.

Key words: coastline; waterline; intertidal zone; remote sensing; extraction methods; DEM; tidal model; prospects