

基于遥感的九段沙湿地 DEM 构建及动态变化分析

何茂兵, 吴建平

(华东师范大学 地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062)

摘要:对九段沙湿地 1987 年、2001 年和 2004 年多个时相的 Landsat 遥感影像提取了多组水陆边界点, 并依据四周 4 个潮位站的潮位观测值, 用距离倒数权重法计算了各组边界点的高程。结合相应年份长江口海图九段沙区域的水深数据, 构建了九段沙湿地 3 个年份的数字高程模型。统计对比分析结果表明, 目前九段沙湿地 0 m 线以下部位的淤积速度显著下降, -6 m 线部位已开始蚀退; 另一方面, 0 m 线及以上湿地部位的淤积速度仍有所加快。

关键词:数字高程模型 (DEM); 九段沙湿地; 遥感影像; 潮位

中图分类号: TP79

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2008)10-0024-06

湿地是地球上单位面积生态服务价值最高的生态系统^[1], 因而对湿地的研究已逐渐成为自然科学研究的热点之一。近些年来, 随着遥感、地理信息系统、全球定位系统技术的发展, 湿地研究已取得了一些新的进展^[2~6]。

九段沙湿地是现代长江河口的第三代新生沙岛^[7], 位于上海浦东新区的东面, 包括江亚南沙、上沙、中沙和下沙 4 个沙岛及其周围水深不超过 6 m (所有高程数据的零点均为吴淞零点, 恰好等于本地理论最低潮位) 的水域 (图 1)。

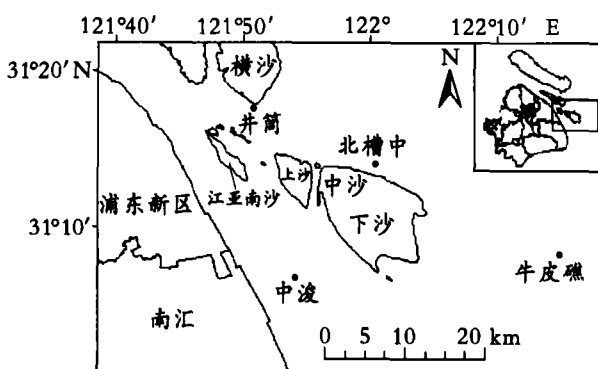


图 1 九段沙湿地 2001 年 0 m 线范围 (据长江口 2001 年海图)
Fig. 1 The 0 meter contour line of Jiuduansha wetland in 2001 (According to the Yangtze estuary chart of 2001)

自从 20 世纪 80 年代以来, 九段沙湿地渐渐出露水面^[8], 现已成为上海市重要土地资源之一。2003 年上海市人民政府将九段沙规划为湿地自然保护区。据上海市水利部门的围垦规划, 在 2010 年之前将对九段沙实施 40 km² 圈围, 相当于 2001 年九段沙湿地 0 m 线所围面积的 35%。

然而, 由于长江三峡等工程的影响, 长江的输沙率和含沙量将下降到长江口前沿潮滩的冲淤转换到

临界值以下, 加之海平面的加速上升, 今后几十年长江口前沿潮滩将遭受侵蚀^[9], 泛长江三角洲海岸滩涂资源将面临严峻挑战^[10]。因此, 研究九段沙湿地的演化趋势具有重要意义, 而构建九段沙湿地的数字高程模型 (Digital Elevation Model, 简称 DEM) 是研究九段沙湿地演化趋势的重要途径之一。

在研究九段沙湿地的冲淤变化过程中, 杜景龙等^[11]对长江口的海图进行了数字化和高程数据的录入、编辑和订正, 采用 Kriging 插值技术建立了不同时期的 DEM 库, 但缺少 0 m 线以上的湿地高程数据, 不利于更深入的研究。作者从九段沙湿地遥感影像所反映的海岸线中离散出水陆边界点, 依据九段沙湿地四周的实测潮位选择适当的插值算法计算每一个水陆边界点的高程。如果适当选择了潮位状态不同的遥感影像, 就可以获取高程明显不同的水陆边界点, 从而大大提高数据采集的效率。

1 九段沙湿地 DEM 构建

1.1 数据源

为了构建九段沙湿地的 DEM, 必须具备水下高程及陆面高程数据。水下高程数据可以依据长江口海图九段沙区域的水深数据转换而得, 陆面高程数据可通过多时相遥感影像的海岸线轮廓获得。

九段沙湿地的海岸线随着涨潮、落潮而升高、降低, 遥感技术可以在秒级的时间内对九段沙进行快速成像, 从而可以大范围地快速捕捉九段沙湿地的瞬

收稿日期: 2006-11-15; 修回日期: 2008-06-27

基金项目: 上海市科学技术委员会重大科研项目 (04DZ19305)

作者简介: 何茂兵 (1976-), 男, 广东韶关人, 博士研究生, 主要从事遥感和 GIS 研究, 电话: 021-62232946, E-mail: hemb@163.com

时海岸线轮廓。不同时相的九段沙遥感影像的海岸线往往是不重合的,反映了海岸线高程的整体差异。因此,通过不同时相的遥感影像可以获得大量的高程数据。

美国陆地卫星(Landsat)对九段沙湿地的成像时刻一般都较稳定地在北京时间 10:00 左右,扫描时间约 25 s,且精度可以满足需求,因此作者采用 Landsat 遥感影像提取九段沙湿地的海岸线。由于潮汐作用的影响,九段沙湿地周围水面的高程会有所不同,因此遥感影像上的海岸线的高程也不能只用一个值来描述。因此,需要将连续的海岸线离散成若干水陆边界点,再依据九段沙湿地四周的潮位选择适当的插值算法计算每一个水陆边界点的高程。九段沙湿地四周最近的潮位观测站主要有 4 个,即中浚、井筒、北槽中和牛皮礁(图 1),每天每整点观测 1 次潮位。

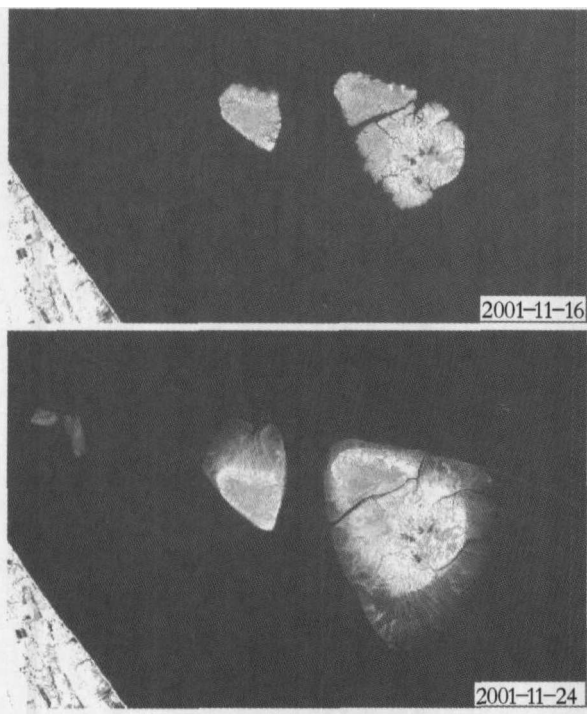


图 2 九段沙湿地 2001 年两个时相的 Landsat 影像
Fig. 2 Two Landsat images of Jiuduansha wetland in 2001

一般地,某个水陆边界点的高程与离它最近的潮位是最相近的,据此,可采用距离倒数权重法计算任一水陆边界点 (x, y) 的高程 z :

$$z = \frac{\sum_{i=1}^4 z_i}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{r_i}} \quad (1)$$

式中,4 为九段沙湿地周围潮位站总数, z_i 为第 i 个潮位站的北京时间 10:00 时的实测潮位, r_i 为任一水陆边界点 (x, y) 到第 i 个潮位站的距离, $r_i = \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}$, (x_i, y_i) 为第 i 个潮位站基于上海本地坐标系的坐标。

只要依据离九段沙湿地最近的潮位观测站(即北槽中)的潮位,适当选择若干潮位状态不同的

Landsat 遥感影像,就可以识别出若干组水陆边界点,从而计算出若干组九段沙湿地陆面的高程数据。

1.2 DEM 构建

现以构建九段沙湿地 2001 年的数字高程模型为例,说明构建 DEM 的主要步骤。

1.2.1 通过数字化海图获取水下高程数据

对长江口 2001 年的纸质海图进行扫描成像,在 ArcGIS 9.0 的 ArcMap 环境下打开数字海图文件,使用 Georeferencing 模块将其配准到上海本地坐标系,通过 ArcToolbox -> Data Management Tools -> Feature class -> Create Feature Class 工具创建点要素图层,并且将图层坐标系设置为上海本地坐标系,再通过 Editor 模块以数字海图为参考,通过编辑获得九段沙湿地 2001 年水下高程的点要素图层,打开该点要素的属性表,添加 x, y, z 3 个字段,分别表示各点的横坐标、纵坐标及高程, x 和 y 字段的值可以通过 VBA 脚本代码读取, z 字段的值由海图的深度乘以 -1 得到。

1.2.2 选择遥感影像提取九段沙湿地的陆地高程数据

由于对海图和遥感影像进行配准时会引起一定的误差,因此选择 Landsat 遥感影像的成像日期时,需考虑成像时刻九段沙湿地的潮位状态不能过于相近,以避免两个时相遥感影像的海岸线重叠或交叉的情况,另外,潮位状态也不能太接近于 0 m,以避免海岸线与海图中的 0 m 线重叠或交叉的情况。遥感影像中九段沙湿地的潮位状态可以通过查阅离九段沙湿地最近的北槽中潮位站在北京时刻 10:00 整的实测潮位来判断。据此,挑选了 2001 年 11 月 16 日和 11 月 24 日两个时相的 Landsat 遥感影像,以提取高程数据。通过 ERDAS IMAGINE 8.7 软件对遥感影像进行数字图像处理,获得九段沙湿地水陆边界线清晰的图像(图 2)。采用 1.2.1 中所介绍的方法,对遥感图像进行配准和数字化,创建水陆边界点要素图层,并依据(1)式编写 VBA 脚本计算属性表中 z 字段的值。

1.2.3 生成 DEM

ArcGIS 9.0 平台下的三维分析模块(3D Analyst)可通过插值方法生成两种形式的 DEM:规则栅格网(RASTER)和不规则三角网(TIN)。RASTER 只能通过点要素来生成,其实质是数据方格规则化的处理过程,因而难以保持原始数据的特点。TIN 可以通过多边形、线或点要素直接生成,其实质是合理连接各相邻点,形成连续分布但互不重叠、互不交叉的不规则三角形网的过程,因而可以很好地保持原始数据的特点。因此,作者选择用点要素生成 TIN 的方法构建九段沙湿地 DEM。

2 九段沙湿地动态变化分析

为了研究九段沙湿地近 20 a 来的演化过程, 据上述方法选择表 1 所列 Landsat 遥感影像及相应年份的长江口海图, 构建了 1987 年、2001 年和 2004 年的九段沙湿地 DEM(图 3)。由于九段沙湿地长约 50 km, 宽约 15 km, 而采集到的湿地高程变化很小, 只在 -6~3.6 m 变化, 因而九段沙湿地的地形整体上显得非常平坦, 为了便于观察九段沙湿地 DEM 的整体特征, 突出地形的三维视觉效果, 图 3 的高程被拉伸了 500 倍。

由于九段沙湿地在不同高程部位所受外力及环境的综合影响不同, 因而湿地不同高程部位的冲淤演化规律也不同。从图 3 可以看出九段沙湿地在不同年份的显著地形差异, 而且在不同高程部位的变化程度也有明显不同。为了定量说明九段沙湿地在不同高程部位的冲淤变化规律, 通过 ArcScene9.0 中 3D Analyst 模块的 Surface Analysis -> Area and Volume Statistics 命令统计出九段沙湿地不同等高线所围的二维面积, 结果见表 2。

表 1 Landsat 遥感影像采集日期及 10:00 整潮位
Tab.1 Acquired time of Landsat image and tide level at ten o'clock

编号	遥感采集日期 (年-月-日)	北京时间 10:00 整潮位(m)			
		中凌	井筒	北槽中	牛皮礁
1	1987-05-18	0.88	0.72	0.49	-
2	1987-11-10	2.22	1.2	1.88	-
3	2001-11-16	4.00	3.3	3.34	4.12
4	2001-11-24	1.95	1.96	1.84	2.03
5	2004-02-26	1.15	0.94	1.12	1.77
6	2004-06-01	3.85	3.49	3.55	3.72
7	2004-07-19	2.72	1.67	2.27	3.25

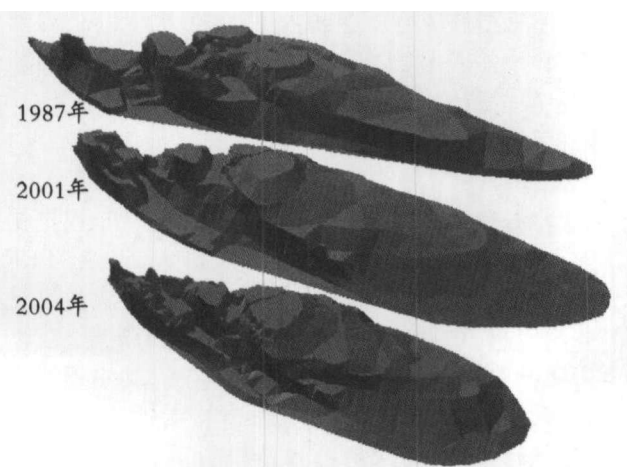


图 3 九段沙湿地 3 个年份的 DEM
Fig. 3 DEMs of Jiuduansha wetland in the three years

表 2 九段沙湿地不同等高线所围的二维面积
Tab.2 2D areas of different contours of Jiuduansha wetland

等高线高程(m)	不同等高线所围的二维面积(km ²)		
	1987 年	2001 年	2004 年
-6	380.57	519.93	514.48
-4	263.89	350.80	361.22
-2	190.94	249.90	252.14
0	88.70	112.87	161.86
1.6297*	26.52	65.12	78.32
3	-	31.78	42.96

* 1.6297 m 是黄海高程系的零点基于吴淞零点的高程, 作者把这一高程看作是九段沙湿地周围海面的平均高程

据表 2 可以进一步计算九段沙湿地在不同期间的年均面积增长量 Δ_A 和年均面积增长率 x_A , 结果如表 3 所示, 其中的 Δ_A 由(2)式计算, x_A 由(3)式计算。

$$\Delta_A = (A_2 - A_1) / n \quad (2)$$

$$A_2 = A_1 \left(1 + \frac{x_A}{100}\right)^n \quad (3)$$

式中 A_1 、 A_2 为前后两个年份的某等高线所围的二维面积, n 为两个年份相隔的时间(a)。

将(2)、(3)两式中的面积参数换成体积参数, 还可计算九段沙湿地 0 m 线以上和 0 至 -6 m 线之间的体积在两个期间的年均增长量 Δ_V 和年均增长率 x_V , 结果见表 4。

表 3 说明了九段沙湿地在两个时期对应等高线所围二维面积的不同增长速度: 在 1987~2001 年, 0 m 线及以下湿地部位的淤涨速度相近, 并且从上至下有逐渐加快的规律, 而 0 m 线以上湿地部位的淤涨速度大大高于前者; 在 2001~2004 年, 0 m 线以下湿地部位的淤涨速度与上一期间相比显著下降, 并且 -6 m 线所围二维面积已呈负增长的趋势, 另一方面, 0 m 线所围二维面积以异常快的速度淤涨, 0 m 线以上湿地部位的淤涨速度也比上一时期有所加快。

表 4 从体积变化的角度说明了九段沙湿地 0 m 线以上及以下两部分在两个期间的变化规律: 在 2001~2004 年, 九段沙湿地 0 m 线至 -6 m 线之间的体积增长速度与 1987~2001 年的相比, 已显著降低; 另一方面, 0 m 线以上的体积增长速度与 1987~2001 年的相比, 显著提高。

表 3 九段沙湿地不同等高线所围面积的增长率

Tab. 3 The area increase speeds of different contours of Jiuduansha wetland

等高线高程(m)	1987~2001年		2001~2004年	
	年均增长量(km ²)	年均增长率(%)	年均增长量(km ²)	年均增长率(%)
-6	10.0	2.3	-1.8	-0.4
-4	6.2	2.1	3.5	1.0
-2	4.2	1.9	0.7	0.3
0	1.7	1.7	16.3	12.8
1.629 7	2.8	6.6	4.4	6.3
3	—	—	3.7	10.6

表 4 九段沙湿地的体积增长率

Tab. 4 The volume increase speeds of Jiuduansha wetland

高程范围(m)	1987~2001年		2001~2004年	
	年均增长量(km ³)	年均增长率(%)	年均增长量(km ³)	年均增长率(%)
-6~0	0.034	2.16	0.017	0.93
0以上	0.010	7.29	0.028	11.42

3 结果与讨论

3.1 DEM 精度

九段沙湿地数字高程模型的精度主要取决于长江口海图水深数据和遥感水陆边界点高程数据的精度。长江口海图水深数据的精度取决于海测部门的实地测量精度。从遥感影像中提取的高程数据的精度取决于水陆边界点判识精度和插值算法的有效性两个方面。长江口九段沙湿地在涨潮过程中的遥感影像的水陆边界点是较易识别的,而在退潮过程中,由于刚露出水面的滩涂部分仍非常潮湿,甚至会留下许多分散的积水坑,而且出露了更多更小型的潮沟,这些都给水陆边界点的判识带来困难。对 Landsat 遥感影像进行数字图像处理之后,可以将水域和露出水面的湿地分辨出来。对于遥感影像上难以识别的小面积积水坑和小型潮沟,在对遥感影像进行数字化以获取水陆边界点的过程中,可以忽略不计。九段沙湿地周围邻水,属于心滩地形,并且四周较均匀地分布了 4 个潮位观测站,因此依据九段沙湿地周围的 4 个潮位观测站的潮位观测值,采用距离倒数权重算法进行计算每一个水陆边界点的高程,是

具有一定参考价值的。例如,对 2004 年 7 月 15 日九段沙湿地 Landsat 遥感影像提取水陆边界点,经计算其高程的变化范围是 2.15~2.31 m,基本反映了九段沙湿地周围海岸线的起伏程度。

不同的研究者构建九段沙湿地同一年份的 DEM 时,可能采用不同的数据源:从遥感影像上提取的水陆边界点的总数可能相差较多,可能只依据周围最近的 3 个潮位站的观测值来计算水陆边界点的高程,选择遥感影像的时相和个数也可能不同,这样会导致不同的研究者构建同一年份的 DEM 会稍有不同,从而造成统计面积等参数的不稳定现象。为了弄清这种不稳定的程度,对 2004 年九段沙湿地的 DEM 构建进行了以下 4 个实验,并且构建了相应的 DEM:第一,从遥感影像提取水陆边界点的总数,在海岸线整体轮廓基本不变的前提下减少一半;第二,只依据离九段沙最近的中浚、井筒、北槽中 3 个潮位站的潮位计算每一个遥感影像水陆边界点的高程;第三,仅采用表 1 中的第 5、6 号遥感影像获取九段沙湿地的陆面高程;第四,仅采用表 1 中的第 6、7 号遥感影像获取九段沙湿地的陆面高程。对这些 DEM 进行不同等高线的面积统计,结果如表 5 所示。

表 5 2004 年九段沙湿地据不同 DEM 统计的面积

Tab. 5 2D areas of Jiuduansha wetland based on the different DEMs in 2004

等高线高程(m)	不同等高线所围的二维面积(km ²)				
	表 2 的结果	边界点数减半	据 3 个潮位计算高程	仅采用表 1 中第 5、6 号影像	仅采用表 1 中第 6、7 号影像
-6	514.48	514.48	514.48	514.48	514.48
-4	361.22	361.19	361.21	361.22	358.83
-2	252.14	252.09	252.11	252.14	245.82
0	161.86	161.12	161.63	161.87	139.25
1.629 7	78.32	78.63	76.67	75.29	76.69
3	42.96	42.72	42.60	45.98	43.00

从表 5 可以看出水陆边界点的总数不同,或只由 3 个潮位来计算水陆边界点的高程对 DEM 的影响较小。如果以表 2 中 2004 年的面积为参考,则最大相对偏差仅为 2%。但采用遥感影像不同时相或个数对 DEM 的影响较大。例如,表 5 中仅采用表 1 中的第 6、7 号遥感影像获取九段沙湿地的陆面高程,对构建的 DEM 统计不同等高线所围的二维面积,其最大相对偏差的面积是 0 m 线所围二维面积,相对偏差达 14%,主要是因为表 1 中的第 7 号遥感影像的水陆边界点的高程都在 2.1 m 以上,在与 0 m 线之间缺少高程数据。因此,在构建九段沙湿地 DEM 过程中,合理选择遥感影像的时相和个数是非常重要的。例如,在构建九段沙湿地 2004 年 DEM 过程中,考虑当年九段沙湿地的最大高程约 4 m,则最少应选择 3 个时相的 Landsat 遥感影像,并且应该分别能基本反映 1、2 和 3 m 潮位状态的遥感影像。如果采用更高分辨率的遥感影像,则可以考虑选择更多时相的遥感影像。

3.2 动态变化规律的主要原因

九段沙湿地动态变化趋势的转变是由长江输沙量和九段沙水、沙、生物环境的变化决定的。自从 20 世纪 80 年代以来,九段沙湿地渐渐露出水面,给各种植物、动物提供了良好的生存环境,九段沙湿地的生物活动越来越频繁^[12],因此,0 m 线以上湿地部位的淤积速度大大高于 0 m 线及以下部位。20 世纪 90 年代末以后,由于长江中、上游大坝工程等的影响,长江输沙量逐年减少,导致九段沙湿地 0 m 线以下部位的淤积速度大大减小,甚至在 -6 m 线部位出现了蚀退现象;另一方面,由于九段沙湿地越来越受到人们的重视,进行了人工种青促淤^[13]、自然资源保护^[14,15]、北槽深水航道工程^[11] 等方面的人为干涉,使得九段沙湿地 0 m 线及以上部位的淤积速度并没有随着长江输沙量的减少而变缓,相反,仍有所加快。

4 结论

从九段沙遥感影像中可以提取水陆边界点,依据九段沙湿地周围的潮位通过距离倒数权重法,可以计算水陆边界点的高程。只要适当选择若干不同时相的遥感影像,就可以获得若干组的高程数据,从而大大提高高程数据采集的效率。

由于长江输沙量的逐年减少,九段沙湿地 0 m 等高线以下部位的淤积速度显著降低,甚至在 -6 m 等高线部位出现了蚀退现象;另一方面,因种种有利于促淤的人类活动干涉,九段沙湿地 0 m 等高线及以上湿地部位的淤积速度,暂时并未随着长江输沙量的减少而降低,相反,仍有所加快。

为了保证九段沙湿地的可持续开发利用,一方面应考虑因长江输沙量减少而带来的潮滩冲蚀威胁;另一方面,应保持有效的促淤工程,加强水、沙、生物等自然资源的保护。

参考文献:

- [1] Costanza R, Darge R, Groot R D, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [2] 张志锋, 宫辉力, 赵文吉, 等. 基于 GIS、RS 的野鸭湖及周边湿地资源动态变化分形研究 [J]. *国土资源遥感*, 2004, 3(61): 42-45.
- [3] 徐双全. 3S 技术在上海滩涂管理中的应用 [J]. *海洋测绘*, 2005, 25(5): 61-64.
- [4] 张洪岩, 龙恩, 程维明. 向海湿地动态变化及其影响因素分析 [J]. *自然资源学报*, 2005, 20(4): 613-620.
- [5] 潘辉, 罗彩莲, 谭芳林. 3S 技术在湿地研究中的应用 [J]. *湿地科学*, 2006, 4(1): 75-80.
- [6] Sophie M, Thuy L. Biomass quantification of Andean wetland forages using ERS satellite SAR data for optimizing livestock management [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 84(4): 477-492.
- [7] 杨世伦, 贺松林, 谢文辉. 长江口九段沙的形成演变及

- 其与南北槽发育的关系 [J]. 海洋工程, 1998, 16(4): 55-65.
- [8] 薛理勇. “九段沙”应为“九团沙” [J]. 浦东开发, 2001, 5: 53.
- [9] 杨世伦, 朱俊, 李鹏. 长江口前沿潮滩对来沙锐减和海面上升的响应 [J]. 海洋科学进展, 2005, 23(2): 152-158.
- [10] 李明, 杨世伦, 李鹏, 等. 长江来沙锐减与海岸滩涂资源的危机 [J]. 地理学报, 2006, 161(3): 282-288.
- [11] 杜景龙, 杨世伦, 张文祥, 等. 长江口北槽深水航道工程对九段沙冲淤影响研究 [J]. 海洋工程, 2005, 23(3): 78-82.
- [12] 袁兴中, 何文珊, 孙平跃, 等. 长江口九段沙湿地生物资源及其变化趋势研究 [J]. 环境与开发, 1999, 14(2): 1-4.
- [13] 陈吉余, 李道季, 金文华. 浦东国际机场东移与九段沙生态工程 [J]. 中国工程科学, 2001, 3(4): 1-8.
- [14] 唐承佳, 陆健健. 长江口九段沙湿地原生植被的保护及开发利用 [J]. 上海环境科学, 2002, 21(4): 210-212.
- [15] 唐文乔, 诸廷俊, 陈家宽. 长江口九段沙湿地的鱼类资源及其保护价值 [J]. 上海水产大学学报, 2003, 12(3): 193-200.

DEM construction and dynamic change analysis of Jiuduansha wetland based on remote sensing

HE Mao-bing, WU Jian-ping

(Key Laboratory of Geographic Information Science, Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Received: Nov. 15, 2006

Key words: Digital Elevation Model (DEM); Jiuduansha wetland; remote sensing image; tide level

Abstract: Jiuduansha wetland is a typical island surrounded by water region in the Yangtze estuary, and it is one of important land resources of Shanghai, so its evolvement has attracted much attention. The multi-group instantaneous border points between water and land of Jiuduansha wetland have been identified from multi-temporal Landsat images, and their elevations have been computed by inverse distance weighted interpolation algorithm according to the tide levels of the four surrounding tide stations. And combining with the depth data of the Yangtze estuary chart, three DEMs of Jiuduansha wetland have been created. Statistic data suggest that Jiuduansha wetland has a quite different tendency on dynamic change in the two periods. And the transition depends on the changes of the Yangtze riverine sediment supply and the water/sand/biology environment. After emerging gradually from water surface since 1980s, Jiuduansha wetland provides a wider and more suitable habitat for many animals and vegetations, and has more and more biological activities. So, the sedimentation speed of above 0 meter of Jiuduansha wetland is much higher than the lower's in the period from 1987 to 2001. After the end of 1990s, because of the influence of the Three Gorges dam and other water conservancy projects, the Yangtze riverine sediment supply decreases remarkably, as a result that the sedimentation speeds of under 0 meter slow down significantly, even the sedimentation speed of the -6 meter contour becomes negative in the period from 2001 to 2004. On the other hand, because of the artificial interferes on Jiuduansha wetland, such as manual planting, nature reserve management, deep-water channel project at north passage, and so on, the sedimentation speeds of 0 meter and the above do not slow down with the decreasing of riverine sediment supply, by contraries, still keep accelerating. So, for the sake of the sustainable development and utilization of Jiuduansha wetland, we must concern the erosion threat resulting from the remarkable decline of riverine sediment supply, and maintain the effectively promoting sedimentation projects, strengthen the protection of nature resources, such as sediments, animals, vegetations and so on.

(本文编辑: 谭雪静)