

滦河三角洲及其周边海岸土地利用/覆被变化的遥感研究

郜 昂^{1,2,3}, 黄海军¹, 樊 辉^{1,2}

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039; 3. 华东师范大学 河口海岸国家重点实验室, 上海 200062)

摘要: 基于 1987 年和 2000 年 LandSat 卫星影像的分类结果, 结合常规调查资料, 得到了滦河三角洲及其邻近海岸地带近 13 年来土地利用/土地覆被变化的动态信息。通过对地类变化的细致分析, 得出本区研究时段内自然与人类活动情况的地面指示。

关键词: 土地利用/覆被变化; 遥感; 滦河三角洲
 中图分类号: P282.3; P285.23; P737.121 文献标识码: A
 文章编号: 1000-3096(2007) 01-0043-06

土地利用/覆被变化 (Land Use /Cover Change, LUCC) 对环境、资源和气候的变化都有着良好的信息反馈, 人类活动对环境的改造以及可能的影响直接折射在土地利用/覆被的变化上。应用遥感技术进行土地利用/覆被类型的信息提取和分类是一种新兴且高效的研究方法, 也是遥感应用较早、研究较多的一项基础性工作^[1-5]。海岸带土地利用/覆被变化作为一个独立的研究单元依其独特的影响因素而发生变化。一方面除继承内陆地区的土地利用/覆被特征外, 还具有其独特的地物类型和空间分布特征, 如潟湖、沙坝、盐田、虾池、近海养殖等; 另一方面, 海岸带地区较内陆地区土地利用/覆被变化更频繁, 影响因素更多, 人为活动对其影响更为剧烈, 一些自然灾害如风暴潮、海侵等对海岸带影响巨大, 都是内陆地区所没有的。

近年来, 不少学者借助卫星影像对滦河三角洲的发育及邻近地区海岸带的资源和土地覆被类别信息等方面进行了一系列研究^[6-9]。作者利用 Landsat TM(ETM+) 卫星影像结合历史资料和实地调查对滦河口及周边海岸进行了土地利用/覆被分类, 对各类进行面积统计, 分析该地区 13 年来各地类的变化。

1 区域概况

滦河三角洲位于渤海湾西北部, 河北省乐亭县、昌黎县境内 (图 1)。

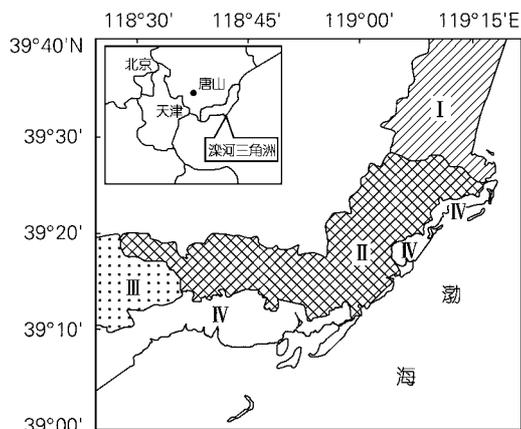


图 1 地理位置与子区分布

Fig.1 Location of the studying area and landscape units

研究区大体地理位置为 118°00' ~ 119°30' E, 39°00' ~ 39°40' N。流经本区的主要河流为滦河及其支流小滦河、大小清河等。滦河是渤海湾除黄河以外的

收稿日期: 2004-02-20; 修回日期: 2004-04-25

基金项目: 国家 863 计划资助项目(AA630301-05)

作者简介: 郜昂(1979-), 男, 河南长垣人, 硕士研究生, 现从事 GIS 应用研究, 电话: 021-62233115, E-mail: gaoang@China.com.cn; 黄海军, 通讯作者, E-mail: hjhuang@ms.qdio.ac.cn

第二条多沙性河流^[10]，多年径流量均值为 44.53 亿 m³，占渤海流入总量的 5.6%。河口区位于华北暖温带半湿润气候区，以大陆气候为主，年平均气温 10.1。平均最低气温为-11.9，平均最高气温 24.8。陆域年降水量 550~800 mm，其中夏季降水占全年的 73%~75%。本区在中国植被分区上属于暖温带北部栎林亚地带中的黄、海河平原栽培植被区。植被类型以人工植被、地带性典型草甸植被和盐生草甸植被为主^[11]。人工植被为耕地、园地、林地等，自然植被以滨海草地为主。本区主要为平原地貌，地势十分平缓，由岸向海依次由冲积—冲积海积—海积平原接替过渡，河口地区发育三角洲平原，部分地区夹有风成沙

地。地貌类型与土地覆被类型高度相关是本区的一大特点^[6]。本区潮间带地貌以海滩为主，一般由中细砂组成；次一级地貌为沿岸沙堤、潟湖，是本地段重要的地貌类型，它们与离岸沙坝构成潟湖沙坝体系。

2 数据概况和研究方法

2.1 数据概况

所用影像数据为 1987 年和 2000 年两个时段的 Landsat 影像（空间分辨率 30 m，行列号 121-33），其中 1987 年影像未进行几何校正，2000 年 Landsat7 影像是经过几何校正和大气校正的二级数据产品。数据及资料明细如表 1。

表 1 利用的数据与资料

Tab.1 Images, historical data and maps used in this paper

数据名称	获取时间 (年-月-日)	比例尺	备注
Landsat5 TM	1987-05-07	1:50000	全部 7 波段数据
Landsat7 ETM+	2000-02-28	1:50000	1, 2, 3, 4, 5, 7 波段
中国海岸带和海涂资源综合调查图集	1985	1:200000	各类专题图共 14 幅
滦河口地区地形图	1998	1:50000	1/50000 标准分幅 16 幅
河北沿海土地利用图	2001-11	1:50000	工作区 4 县共 4 幅
河北海洋功能区划报告	1997		

2.2 数据处理

2.2.1 影像几何校正

采用影像对影像校正方法，基于 2000 年 ETM+ 影像对 1987 年 TM 影像进行了校正：在 3042 像素×3367 像素范围内均匀选择 30 个控制点对 1987 年影像进行几何校正，选用 3 次多项式法进行重采样，校正精度令均方根误差 (RMS) 小于 0.5 像素。

2.2.2 研究区海岸带的界定

由于整景影像覆盖区域超出海岸带研究的范围，因而对原影像进行了不规则面积的截取。目前，国内外对海岸带范围划定差异较大，中国对于海岸带的定义为：陆上为平均高潮线以上 10 km，水下为 15 m 等深线以内。为便于参考对比过去的地形图资料并考虑研究区行政区划的完整性，实际的界限划定主要采用了 1985 年海岸调查的制图范围：平均高潮线上 10~15 km 到水下 20 m 等深线以内。照此范围分别对影像进行了裁切。裁切后影像为 2 781 像素×3 240 像

素，总面积 8 109.4 km²。

2.2.3 岸线提取与分类单元的划定

为提高分类精度和分类效率，最大限度地减小同谱异物现象的影响，结合目视解译和地貌、土壤分布情况将研究区划分为 4 个亚单元——子区（图 1），然后采用不同方法对各子区进行影像分类。除 号子区以外各子区的边界均涉及水陆交界线，即海岸线的提取。本次研究通过如下步骤对海岸线进行了提取：(1) 将两景影像水陆边界明显的第 5 波段数据经过 2% 线性拉伸以增强对比；(2) 通过高通滤波获得清晰的地物边界信息；(3) 经过计算机对岸线进行自动矢量化，并由此得到与影像数据同一空间参照的子区多边形。

由于 1987 年到 2000 年之间的岸线变动，实际用于覆被变化研究的区域面积有略微的变化，分别为 2 121.4 km² 和 2 118.7 km²。变化率为 0.13%。

2.3 分类系统

中国目前采用的土地利用规划分类系统为 8 个一

级类, 46 个二级类。依据该地区的土地利用/覆被变化特点以及历史分类习惯, 并基于如下原因, 将该地区划分成 9 个一级分类 12 个二级分类 (表 2): (1) 综合考虑 TM(ETM+) 影像 30 m 空间分辨率的可辨识性; (2) 考虑本区果园分布面积较小 (约 0.3%) 且大都与农田混交, 因此归入农业用地; (3) 由于研究区部分地物类型在空间上呈线状分布, 如交通用地、堤坝等, 在工作区覆盖面积较小, 因而并未列在分类体系之内; (4) 考虑到养殖区 (包含养殖水域及其间堤岸) 为海岸带地区主要土地利用类型, 因此将其单列为一个一级类。

3 分类结果与精度分析

3.1 分类结果

对本区遥感影像进行增强、变换与分类, 得出滦河口地区 1987 年和 2000 年土地利用/覆被变化及其变化信息 (表 3)。

3.2 土地利用/覆被变化分析

为了细致了解研究区内的土地利用/覆被变化的规律和趋势, 使用变化检测统计 (Change Detection Statistics, CDS) 是一个直观有效的方式。通过对初始图像 (1987 年) 和最终结果 (2000 年) 逐类、逐像

表 2 分类体系

Tab.2 Land cover classification system of the Luanhe Estuary

一级分类 名称	二级分类 名称	描述
耕地	水田	包含已收割和未收割的同种耕地以及果园
	水浇地	
	旱地	
林地		含防护林、用材林、其他林地
草地	滨海草地	以芦苇为主
滩涂地		包括海滩涂、河滩涂、滩涂沼泽地
水域		包括河流、坑塘、水库
城乡工矿地	居民点	包括城市、港口、村镇、盐场
	盐场	
	工业区	
特殊用地	裸地	包括未利用地和废弃工矿用地
养殖区		海水、淡水养殖

表 3 滦河口地区影像土地利用/覆被变化分类结果统计

Tab.3 The statistical results of the LUCC classification on the images of the Luanhe Estuary

土地类型	面积 (km ²)		占总面积的百分比 (%)		增减面积 (km ²)
	1987年	2000年	1987年	2000年	
滨海草地	94.412	37.131	4.450	1.753	- 57.282
林地	39.267	34.203	1.851	1.614	- 5.064
工业用地	6.438	9.558	0.303	0.451	+3.119
旱地	301.873	250.475	14.230	16.542	+48.603
居民点	116.225	120.185	5.479	5.673	+3.961
裸地	39.163	36.003	1.846	1.699	- 3.159
水浇地	195.258	178.672	9.204	8.433	- 16.585
水体	51.772	50.576	2.440	2.387	- 1.196
水田	568.115	586.334	26.780	27.675	+18.218
滩涂地	37.434	23.733	1.765	1.120	- 13.701
盐田	272.714	268.947	12.855	12.694	- 3.767
养殖区	398.738	422.847	18.796	19.958	+24.109
总和	2 121.410	2 118.666	100	100	- 2.744

注: +表示增加; -表示减少

元对比得出初始图像各类别向最终结果转化的精确信息, 生成转化矩阵并同时产生变化图以标明变化发

生的空间位置。

考虑到如下几个方面的因素,作者对实际划分的类别进行了进一步的处理:(1)由于两幅分类图像陆域分类面积上的差异以及 CDS 统计的要求,将分类影像扩展成矩形区域,引入新的类别——未分类区,分类影像上赋给灰度值为 0;(2)考虑到所分类别过于细致,不便给出研究区土地利用/覆被变化总体趋势上的描述;(3)讨论时只针对地区一级分类,实际分类过程按二级分类进行划分,因此相应进行了类间合并。

通过以上修正,得到变化统计表(表 4),各分类中首行为实际类间转化面积,单位 km^2 ,次行为分类变化的面积占 1987 年各类总面积的百分数,单位为%。

表 4 中,各横行代表 2000 年某土地类型分别由 1987 年各土地类型转化而成的面积数值,末尾为 2000 年各土地类型的总面积;纵列代表 1987 年至 2000 年间各土地类型向其他类型转化的数量,括号中为转化的数量占 1987 年某土地类型的百分数。

表 4 1987~2000 年滦河口地区土地利用/覆被分类转化统计矩阵

Tab.4 Change detection statistics of LUCC on two images derived from 1987 to 2000

2000 年土地利用/覆被类型	1987 年土地利用/覆被类型面积(km^2) (占 1987 年某土地类型总面积的百分比 %)									2000 年总面积(km^2)
	滨海草地	林地	城镇工矿	裸地	水体	农业用地	滩涂地	养殖区	未分类	
未分类	0.07 (0.08)	0.27 (0.68)	0.61 (0.15)	0.47 (1.21)	1.76 (3.4)	0.24 (0.02)	4.22 (11.29)	3.03 (0.76)	4821.63 (99.84)	4832.3
滨海草地	15.93 (16.87)	1.08 (2.75)	3.92 (0.99)	1.21 (3.09)	1.14 (2.19)	12.7 (1.19)	0.07 (0.18)	1.07 (0.27)	0.02 (0)	37.14
林地	0.3 (0.32)	20.6 (52.46)	0.08 (0.02)	1.79 (4.57)	0.09 (0.17)	10.53 (0.99)	0.45 (1.21)	0.32 (0.08)	0.03 (0)	34.19
城镇 工矿	6.8 (7.2)	0.56 (1.42)	352.33 (89.11)	1.24 (3.18)	1.92 (3.71)	30.62 (2.87)	0.23 (0.62)	4.94 (1.24)	0.05 (0)	398.69
裸地	0.19 (0.2)	1.25 (3.18)	0.8 (0.2)	10.95 (27.97)	1.5 (2.9)	15.3 (1.44)	2.79 (7.45)	2.14 (0.54)	1.08 (0.02)	36
水体	0.42 (0.45)	0.25 (0.63)	1.06 (0.27)	2.19 (5.58)	33.73 (65.16)	6.71 (0.63)	3.51 (9.36)	2.47 (0.62)	0.25 (0.01)	50.59
农业用地	61.16 (64.78)	13.52 (34.43)	31.36 (7.93)	17.52 (44.73)	6.87 (13.27)	967.35 (90.81)	2.79 (7.44)	14.51 (3.64)	0.41 (0.01)	1 115.48
滩涂地	0.06 (0.06)	0.2 (0.51)	0.41 (0.1)	1.36 (3.46)	2.31 (4.45)	1.66 (0.16)	15.69 (41.91)	1.73 (0.43)	0.33 (0.01)	23.73
养殖区	9.48 (10.04)	1.55 (3.95)	4.8 (1.22)	2.44 (6.22)	2.46 (4.75)	20.14 (1.89)	7.69 (20.54)	368.54 (92.43)	5.76 (0.12)	422.85
1987 年总面积(km^2)	94.41 (100)	39.27 (100)	395.38 (100)	39.16 (100)	51.77 (100)	1065.25 (100)	37.43 (100)	398.74 (100)	4829.56 (100)	

3.2 精度分析

影响分类精度的因素是多方面的,对分类结果精度的评估通常由地面真实感兴趣区 (Region of Interest, ROI) 产生混淆矩阵计算得到。地面 ROI 均选自覆被类型单一,破碎程度较低,且无认识上的冲突的地区。评价分类精度的重要指标是 kappa 系数:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})} \quad (1)$$

式中: r 是错误矩阵中总列数 (总类别数); x_{ii}

是错误矩阵中第 i 行第 i 列的像元数量 (正确分类的数目); x_{i+} 和 x_{+i} 分别是第 i 行和第 i 列的总像元数量; N 是总的用于精度评估的像元数量^[12]。根据公式(1),按图 1 所示的子区分别计算 K 值 (表 5)。其中 greenness 为通过 K-T 变换产生的绿度波段。按子区面积加权后 $K_{87}=0.849$ 。其加权精度 $K_{00}=0.823$ 。2000 年影像获取时间为早春季节,本区植被波谱反映较弱,土壤信息对分类影响较强烈。由于土地利用的多宜性,土壤信息并不能完全地反映植被类型的情况,因而分类精度较 1987 年略低。

表 5 遥感影像分类 K 值表

Tab.5 Description of classification methods and their accuracy as well K values

时间 (年-月-日)	分类子区	面积 (km^2)	分类方法	使用波段	K
1987-05-07	I	423.4	SAM	4, 3, 2	0.82
	II	798.9	SAM		0.86
	III	328.5	ML	7, Greenness, 1	0.84
	IV	570.6	ML	7, 5, 4	0.86
2000-02-28	I	421.0	SAM	1, 2, 3, 4, 5, 7	0.81
	II	807.0	SAM	1, 2, 3, 4, 5, 7	0.82
	III	331.5	ML	1, 2, 3, 4, 5, 7	0.82
	IV	559.2	ML	1, 2, 3, 4, 5, 7	0.84

注: SAM: Spectral Angle Mapper(波普角分类);ML: Maximum Likelihood(最大相似性分类)

4 讨论

通过表 3、表 4 可知:研究区 13 年间陆域总面积减少了 2.744 km^2 。受土地多宜性和限制性两方面的影响,本区土地利用/覆被变化并不强烈。2000 年较 1987 年,农业用地增加 4.7%,养殖区增加 5%,城镇工矿地增加 0.8%,其他各类均发生程度不同的面积减少:草地减少 60.3%,滩涂减少 36.6%,林地减少 12.9%,其他各类基本保持不变。人工利用地类面积的增加与自然覆被地类面积减少与研究区的开发紧密相关的,其中滨海草地转向农业和养殖用地是本区最为主要的覆被变化现象。由于岸线蚀退和人工开发逐渐向海推进,滩涂资源逐渐减少,对滩涂的利用亦日趋饱和。

农业用地分为旱地、水田、水浇地、果园 4 类。

水田与水浇地转向旱地是其类间转化的主要趋势,气候及水资源的变化是该转化的主要驱动因子,果园基本保持未变。

本区未来可能发生的变化是农业用地转为城镇工矿用地,由于经济收益和空间格局的多重影响,本区养殖用地的数量基本达到饱和,未来增加的可能性不大。

作者所用遥感影像的空间分辨率为 30 m,用于 1:10 万土地利用/覆被变化研究和一级分类的覆被变化分析,精度是完全可以接受的^[11]。因而,本文的分析结果对研究地区的土地利用/覆被变化的进一步研究具有指导意义。然而,由于 TM/ETM+影像空间分辨率的限制,至少有 8%~15%的二级土地利用/覆被类型难以解译出,进一步的研究需利用更高分辨率的图象。

参考文献：

- [1] Anderson J R, Hardy E E, Roach J T, *et al.* A land use and land cover classification system for use with remote sensor data[M]. Washington D C:U S Government Printing Office, 1976.3-41.
- [2] Rembold, Carnicelli F, Nori S, *et al.* Use of aerial photographs, Landsat TM imagery and multidisciplinary field survey for land-cover change analysis in the lakes region (Ethiopia)[J]. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 2000,2(4): 181-189.
- [3] Keri M K, Paul C S, Michael C. Evaluating scale dependence of ecosystem service valuation:a comparison of NOAA-AVHRR and Landsat TM datasets[J]. **Ecological Economics**, 2002 , 41: 491-507.
- [4] Louisa J M J, Antonio D G. Parametric land cover and land-use classifications as tools for environmental change detection[J]. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 2002 , 91: 89-100.
- [5] Jonathan H S, Stephen V S, James D W. Effects of landscape characteristics on land-cover class accuracy[J]. **Remote Sensing of Environment**, 2003 , 84: 342-349.
- [6] 刘宝银. 滦河口及其附近土地覆盖类别的信息解译[J].黄渤海海洋, 1990,8(4):23-28.
- [7] 刘宝银. 环渤海西岸海岸带资源与港址、锚地、航道自然条件特征信息的解译[J]. 黄渤海海洋, 1990,8(4):29-42.
- [8] 国家海洋局第一海洋研究所遥感应用课题组.应用彩红外遥感信息对现代滦河三角洲发育若干特征及其在开发上的研究[J]. 黄渤海海洋, 1990,8(4):43-46.
- [9] 刘宝银. 现代滦河三角洲滨岸变迁的遥感信息解译[J].黄渤海海洋, 1990,8(4):47-51.
- [10] 大庆油田地理研究所,海洋石油勘探局研究院,同济大学海洋地质研究所.滦河冲积扇——三角洲沉积体系[M].北京:地质出版社, 1985.2-6.
- [11] 梦令尧,许清海,岳良儒,等.滦河下游不同沉积相,不同地貌单元植被特征研究[J]. 河北省科学院学报, 1995,2:20-26.
- [12] 赵英时.遥感应用分析原理与方法[M].北京:科学出版社, 2003.207-208.

A research on Land Use/Cover Change in Luanhe estuary and its ambient coast, using remotely sensed data

GAO Ang^{1,2,3}, HUANG Hai-jun¹, FAN Hui^{1,2}

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences Beijing 100039, China ; 3 State Key Laboratory of Estuarine & Coastal Research , East China Normal University , Shanghai 200062, China)

Received: Feb., 20, 2004

Key words: Land Use/Cover Change(LUCC); remote sensing; Luanhe estuary

Abstract: Based on the refined classification results of two Landsat TM/ETM+ images, which were from 1987 and 2000 respectively), in situ data and some historical statistics, the dynamic information on the Land Use/Cover Change of the Luanhe estuary and its nearby coast was derived in this paper. By means of analyzing the changing data in 13 years, the consequences on environmental change and human activities versus the Land Use/Cover Change were given in the studied area. Also, this paper gave a nowadays land cover statistics and a probable presumption on how this area would be changed in the foreseeable future. It was quite valuable to the further research tasks if only using some more advanced data sources.

(本文编辑：刘珊珊)