

基于 RS 和 GIS 的黄河口湿地景观变化研究

——以垦利县为例

田素娟¹, 陈为峰¹, 田素锋², 胡金叶³, 张志华¹, 侯月英²

(1. 山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 2. 山东省垦利县国土资源局, 山东 东营 257500;

3. 山东省垦利县环境保护局, 山东 东营 257500)

摘要: 研究以垦利县为例, 在遥感和地理信息系统的技术支持下, 将马尔柯夫模型引入湿地景观格局分析和预测中, 利用 1987 年和 2004 年 2 个时期的卫星影像研究黄河口湿地景观格局的动态变化。研究表明, 至 2010 年, 湿地总面积不断减少, 尤其是天然湿地, 其中河流水面、苇地、滩涂和滩地, 较 1987 年分别减少了 2 724.7、19 629.1、23 737.2 和 3 269.1 hm²。人工湿地总面积也有所减少, 但水库水面面积却增加了 10 213.8 hm²。在现有的人类作用强度的情况下, 黄河口湿地景观格局可达到一个相对稳定的状态, 天然湿地面积仅占研究区总面积的 6.8%, 而人工湿地的面积是研究区总面积的 19.17%。

关键词: RS; GIS; 黄河口湿地; 景观变化; 马尔柯夫模型

中图分类号: Q149; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2010)04-0057-07

* 1 景观空间格局与动态演变分析是景观生态学研究的核心之一^[1-3]。研究景观格局的动态变化有助于从无序的景观中发现潜在的有序规律, 揭示景观格局与生态过程相互作用的机理, 进而对景观变化的方向、过程和效应进行模拟、预测和调控, 为资源和环境的合理有效利用提供重要的参考^[4]。自然过程、人类活动一直在影响着湿地景观格局的变化发展, 尤其在人口与经济结构频繁调整变化发展的当今社会, 人们对湿地景观不同的作用方式更是强烈得影响甚至改变湿地景观格局的分布^[5-7]。

马尔柯夫过程较多地用于模拟和预测自然植被以及土地利用格局的变化, 湿地景观格局的动态变化与土地利用格局的变化十分相似, 因此将马尔柯夫过程引入到湿地景观格局分析预测中, 旨在更准确地分析黄河口湿地景观变化的未来发展趋势。研究利用 1987 年和 2004 年 2 个时期的卫星影像分析了黄河口湿地景观类型的面积变化, 以期为国家级黄河三角洲新生湿地自然保护区的科学管理与保护提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况 垦利县隶属于山东省东营市, 位于 37°21'38"9"N, 118°24'119"10'E, 处于黄

河下游入海口的黄泛平原上, 黄河口新生湿地生态系统就位于该县区域内。湿地总面积是 153 000 hm², 是中国暖温带最年轻、最广阔、保存最完整、面积最大的新生湿地生态系统, 拥有典型的河口和滨海湿地生态系统以及丰富的生物资源, 并以具有保护珍稀濒危鸟类的功能而引起国内外研究学者的高度关注。该区地处温带半湿润季风气候区, 四季温差明显, 春季干旱多风, 夏季炎热湿润, 秋季天高气爽, 冬季干旱地冻, 年平均气温 11.9℃, 平均日较差 10.7℃, 平均降水量 592.2 mm, 年平均蒸发量 1 908.2 mm, 蒸降比为 3.22。土壤是在黄河冲积物上发育而成的潮土和轻重不同的盐化潮土, 表层土壤质地为中、重壤, 现存排灌条件一般, 潜水埋深浅, 潜水矿化度高, 地貌为浅平洼地与微斜平地。全县辖 5 个镇、2 个乡和 2 个办事处, 332 个村, 21.24 万人, 总面积 2 204.00 km²。

1.2 研究方法 研究所采用的数据为黄河口湿

。收稿日期: 2009-12-29

基金项目: 山东省中青年科学家奖励基金(2007BSB08007); 山东农业大学博士基金项目资助

作者简介: 田素娟(1982-), 女, 山东济宁人, 在读硕士生, 主要从事于土壤生态环境方面研究。

E-mail: sujiantian@126.com

通信作者: 陈为峰 E-mail: chwfw@sdau.edu.cn

地(东营市垦利县)1987年5月7日和2004年11月2日获取的分辨率为30 m的渤海湾幅TM遥感数字图像,并收集了1987年和2004年的土地利用现状图以及地形图、土壤图、地貌图等,以辅助遥感土地利用分类。分类方法采用ISODATA(Iterative Self-Organizing Data Algorithm)——人工交互合并与修正法。该方法首先进行非监督分类,然后在此基础上对属于同一类别的地物像元进行合并,对错分的像元进行修正。研究过程中,使用的主要专业软件有ERDAS Imagine 8.0、ArcView GIS 3.2和MapGIS 6.5,以上遥感影像及地形图均利用ERDAS中IMPORT模块导入计算机,然后对其进行进一步的处理(时像与波段的选择、几何校正、影像增强——去噪声和条纹、图像的配准等)。本文主要通过分析2个时期黄河口湿地类型景观的转化情况,确定相应的湿地类型之间的初始转移概率,然后利用马尔柯夫过程模拟研究区域的景观动态演变过程和预测未来的变化趋势。

2 湿地景观格局分析

2.1 湿地景观类型变化的幅度 区域土地利用变化的幅度主要指土地利用面积变化的幅度,

首先反映在不同土地利用类型的总量变化上,通过分析其总量变化,可了解研究区土地利用变化总的态势和区域土地利用结构的变化^[6]。利用以上资料,对黄河口湿地景观类型分别进行统计计算,见表1。从表1中可以看出:滩涂和苇地是垦利县最主要的天然湿地类型。17年来该项目区坑塘水面、水库水面、河流水面、旱地和建设用地面积都大幅度增加,其中旱地面积增加显著,由1987年的104 817.60 hm²增加到2004年的117 765.40 hm²,17年增加了12 947.80 hm²;坑塘水面、水库水面和河流水面分别增加了2 400.80、2 823.30和1 546.11 hm²;其他几种类型面积都减少,其中苇地和滩涂面积分别减少3 819.90和3 894.80 hm²。

2.2 湿地景观类型变化的速率 土地利用的动态度可定量描述区域土地利用变化的速度,它对比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化的趋势都具有积极的作用^[7-8]。湿地动态变化度用以反映某类型湿地数量(面积)的减少或增加、湿地类型之间转化速度的快慢等。其数学表达式为:

表1 1987年和2004年垦利县湿地类型及面积

湿地类型	1987年		2004年		1987—2004年变化		
	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)	
天然湿地	河流水面	7 120.30	3.23	8 666.41	3.93	1 546.11	0.70
	苇地	20 559.60	9.33	16 739.70	7.60	-3 819.90	-1.73
	滩涂	31 069.20	14.10	27 174.40	12.33	-3 894.80	-1.77
	滩地	3 500.50	1.59	686.00	0.31	-2 814.50	-1.28
人工湿地	灌溉水田	6 628.00	3.01	5 096.40	2.31	-1 531.60	-0.69
	坑塘水面	897.20	0.41	3 298.00	1.50	2 400.80	1.09
	养殖水面	16 551.60	7.51	16 896.30	7.67	344.70	0.16
	人工沟渠	5 169.00	2.35	3 614.80	1.64	-1 554.20	-0.71
	水库水面	2 662.40	1.21	5 485.70	2.49	2 823.30	1.28
	盐田	174.00	0.08	518.74	0.24	344.74	0.16
	旱地	104 817.60	47.56	117 765.40	53.43	12 947.80	5.87
非湿地	建设用地	3 315.30	1.50	4 877.30	2.21	1 562.00	0.71
	其他	17 935.47	8.14	9 580.84	4.35	-8 354.63	-3.79
合计	220 400.00	100.00	220 400.00	100.00	0.00	0.00	

$$S_1 = \frac{U_b - U_a}{U_a \times T} \times 100\%$$

式中, S_1 为 T 时段内某种湿地类型变化的动态度; U_b 为研究末期某湿地类型的数量; U_a 为研究初期某湿地类型的数量。

而湿地变化率也可与湿地动态变化度一样表示某类湿地面积的增减变化和湿地类型间的转换。其数学表达式为:

$$S_2 = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times 100\%$$

对于研究同一区域相同两期数据的变化而言, T 值可以忽略, 在忽略 T 值的情况下得出的结论是相同的。湿地面积的增(减)和湿地类型间的转换可以用湿地动态变化率来表示, S_2 的值越大, 说明湿地面积的增(减)数量越大, 湿地类型间转化的速度越快。

1987—2004 年的 17 年间, 垦利县天然湿地共减少了 8 983.09 hm^2 。变化最大的是滩涂和苇地, 分别减少了 3 894.80 和 3 819.90 hm^2 , 变化率为 12.54% 和 18.58%; 滩地减少了 2 814.50 hm^2 , 变化率为 80.4%。另外河流水面减少了 1 546.11 hm^2 , 变化率为 21.71%; 而与天然湿地锐减成鲜明对比的是人工湿地、旱地和建设用地

等的增加。盐田由最初的 174 hm^2 , 到 2004 年的 518.7 hm^2 , 变化率高达 198%; 坑塘水面更是由最初的 897.2 hm^2 , 增加到 2004 年的 3 298 hm^2 , 变化率高达 267.8%; 水库水面也由最初的 2 662.4 hm^2 增加到 5 485.7 hm^2 , 变化率高达 106%。人工湿地剧增的原因是大面积盐田的开发和坑塘水库水面的增加。

2.3 湿地景观类型转移 转移矩阵不仅可以定量说明土地利用类型之间的相互转化情况, 而且可以揭示不同土地利用类型之间的转移概率, 能够很好地分析土地利用空间格局的时空变化^[6]。本文在 Mapgis6.5 的空间分析模块中, 将 1987 年和 2004 年两期湿地景观分布图进行叠加, 在属性管理模块中, 通过属性输出功能, 在景观叠加图和 Excel 文件之间建立连接, 将叠加分析的结果输出到 Excel 表中, 利用 Excel 的统计功能得出 1987—2004 年 17 年间, 垦利湿地景观新增斑块的分布状况及景观间的转移矩阵。

由表 2 可以看出, 在 1987—2004 年 17 年间, 非湿地向湿地转化的主要是旱地、建设用地, 转化总面积为 17 920.9 hm^2 。其中旱地转化为滩涂为 2 664.6 hm^2 , 而转化为人工湿地面积共 13 005.1

表 2 1987—2004 年垦利县湿地转移矩阵

hm^2

类型	河流水面	苇地	滩涂	滩地	灌溉水田	坑塘水面	养殖水面	人工沟渠	水库水面	盐田	旱地	建设用地	其他
河流水面	—	1 135.9	1 391.1	369.4	0.0	0.0	147.9	10.1	0.0	0.0	1 794.0	1.1	13.6
苇地	615.5	—	11 028.0	17.5	0.0	0.0	84.7	3.6	0.0	0.0	1 946.5	0.0	665.6
滩涂	266.1	263.3	—	0.0	455.2	386.6	6 620.5	471.3	551.1	0.0	8 492.1	16.9	1 651.8
滩地	772.2	0.0	103.3	—	0.0	17.1	0.0	33.3	0.0	0.0	2 582.1	18.6	0.0
灌溉水田	1.0	27.0	1.0	0.0	—	161.4	0.0	109.4	11.1	0.0	5 677.4	7.5	0.0
坑塘水面	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	—	0.0	7.0	64.2	0.0	544.4	18.0	0.0
养殖水面	44.4	12.4	181.8	1.1	51.5	65.6	—	69.7	1 103.6	564.5	7 106.6	37.7	33.9
人工沟渠	32.6	5.2	11.1	0.0	3.9	385.2	271.6	—	20.4	0.0	3 123.7	71.3	135.3
水库水面	0.0	7.1	0.0	0.0	71.1	166.6	11.5	34.2	—	0.0	869.8	10.2	0.0
盐田	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	166.6	0.0	4.9	—	4.2	0.0	0.0
旱地	535.6	0.0	2 664.6	128	2 897.1	2 003.2	3 739.3	1 740.7	2 624.8	0.0	—	3 433.3	0.0
建设用地	0.0	0.0	0.0	0.0	17.7	10.1	0.0	86.9	103.8	0.0	1 158.5	—	263.1
其他	60.2	36.1	67.9	2.81	183.2	4.8	0.3	10.8	3.0	0.0	8 993.8	3.9	—

注:步长为 17 年。

hm²。其他用途地类转化为灌溉水田为 1 183.2 hm²。湿地总面积有较大幅度减少,其中以天然湿地为主,减少 8 983.09 hm²,而人工湿地面积有所增加。天然湿地转化为人工湿地的总面积为 878.29 hm²。其中滩涂减少最多,共 3 894.80 hm²,占初始面积的 27.31%。

3 湿地景观格局预测分析

3.1 马尔柯夫模型

马尔柯夫过程是一种特殊的随机运动过程,一个运动系统在 $T+1$ 时刻的状态和 T 时刻的状态有关,而和以前的状态无关,这一点用于湿地景观格局变化的预测是适合的,成功地应用马氏模型的关键在于转移概率的确定^[9-15]。

本研究以年为单位,把湿地的类型变化分解成一系列离散过程,根据各类型的年均转化率来确定单元转移概率,把河流水面转移为其他类型地类的转移概率作为第 1 行,把苇地转化为其他

类型地类的转移概率作为第 2 行,以此类推,建立一个湿地地类转移概率矩阵,其数学表达式为:

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nm} \end{bmatrix}$$

式中, P_{ij} 表示景观类型 i 转化为景观类型 j 的转移概率。其中, $P_{ij} \geq 0$ 且 $\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 (i=1,2,3,\dots,n)$ 。因为湿地景观类型的变化和其周围土地类型变化有着密切联系,所以在进行湿地景观类型变化研究时,将有关土地类型包括在内,例如旱地、建设用地、其他用地等非湿地类型。

3.2 湿地景观变化趋势预测

通过 1987—2004 年湿地景观类型转移矩阵,求出各地类型面积平均转化情况,再由平均转化情况算出湿地初始状态各景观类型的转移概率矩阵(步长 1 年)(表 3)。

表 3 垦利县湿地初始状态地类转移概率矩阵

%

类型	河流水面	苇地	滩涂	滩地	灌溉水田	坑塘水面	养殖水面	人工沟渠	水库水面	盐田	旱地	建设用地	其他
河流水面	30.90	16.10	19.80	5.20	0.00	0.00	2.10	0.20	0.00	0.00	25.50	0.00	0.20
苇地	3.10	27.50	55.70	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.80	0.00	3.40
滩涂	0.90	0.80	38.20	0.00	1.50	1.20	21.40	1.50	1.80	0.00	27.40	0.10	5.30
滩地	21.30	0.00	2.80	2.80	0.00	0.50	0.00	0.90	0.00	0.00	71.10	0.50	0.00
灌溉水田	0.00	0.40	0.00	0.00	9.80	2.40	0.00	1.60	0.20	0.00	85.60	0.10	0.00
坑塘水面	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	28.60	0.00	0.80	7.10	0.00	60.60	2.00	0.00
养殖水面	0.30	0.10	1.10	0.00	0.30	0.40	44.20	0.40	6.60	3.40	42.70	0.20	0.20
人工沟渠	0.60	0.10	0.20	0.00	0.10	7.40	5.20	21.70	0.40	0.00	60.10	1.40	2.60
水库水面	0.00	0.30	0.00	0.00	2.70	6.20	0.40	1.30	56.20	0.00	32.50	0.40	0.00
盐田	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	94.80	0.00	2.80	0.00	2.40	0.00	0.00
旱地	0.50	0.00	2.50	0.10	2.70	1.90	3.50	1.70	2.50	0.00	81.20	3.30	0.00
建设用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.30	0.00	2.60	3.10	0.00	34.60	50.90	7.90
其他	0.30	0.20	0.40	0.00	6.60	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	49.80	0.00	42.60

注:步长为 1 年。

根据马尔柯夫随机过程的理论,其第 n 期的转移概率为:

$$P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=1}^d P_{ki}^{n-1} P_{kj}^{n-1}$$

式中, d 表示所得转移概率矩阵行列数,而第 n 期的转移概率矩阵等于初始状态的转移概率矩阵的

n 次方,依次相推可计算出第 2 期、第 3 期、…、第 n 期的转移概率矩阵 $P^{(1)}$ 、 $P^{(2)}$ 、…、 $P^{(n)}$ 。根据初始状态面积矩阵 $A(0)$ 和第 1 期的转移概率 P ,即:

$$A(1) = A(0) \times P^{(1)}$$

同理,第 n 期末的面积矩阵公式为:

$$A(n) = A(n-1) \times P^{(1)} = A(0) \times P^{(n)} \quad (1)$$

现从1987年经过23年来预测2010年垦利县湿地各地类面积。首先通过初始状态矩阵算出

1987—2010年的地类转移概率矩阵(表4),然后利用公式(1)得出2010年的垦利县湿地内各景观类型的面积。

表4 1987—2010年垦利县湿地转移概率矩阵

类型	河流水面	苇地	滩涂	滩地	灌溉水田	坑塘水面	养殖水面	人工沟渠	水库水面	盐田	旱地	建设用地	其他
河流水面	0.632	0.229	3.320	0.105	2.448	2.731	6.193	1.929	5.830	0.211	68.675	4.875	1.104
苇地	0.630	0.228	3.308	0.104	2.440	2.721	6.171	1.922	5.809	0.210	68.435	4.858	1.100
滩涂	0.633	0.229	3.325	0.105	2.452	2.735	6.202	1.932	5.839	0.211	68.781	4.883	1.105
滩地	0.631	0.229	3.315	0.105	2.445	2.727	6.184	1.926	5.821	0.210	68.579	4.868	1.102
灌溉水田	0.632	0.229	3.321	0.105	2.449	2.732	6.195	1.930	5.832	0.211	68.703	4.877	1.104
坑塘水面	0.633	0.229	3.323	0.105	2.451	2.734	6.199	1.931	5.836	0.211	68.751	4.881	1.105
养殖水面	0.631	0.229	3.314	0.105	2.444	2.726	6.183	1.926	5.820	0.210	68.565	4.867	1.102
人工沟渠	0.630	0.228	3.310	0.104	2.441	2.723	6.175	1.924	5.813	0.210	68.481	4.861	1.101
水库水面	0.632	0.229	3.322	0.105	2.450	2.732	6.196	1.930	5.833	0.211	68.718	4.878	1.104
盐田	0.631	0.229	3.317	0.105	2.446	2.728	6.188	1.928	5.825	0.211	68.623	4.871	1.103
旱地	0.631	0.229	3.314	0.105	2.444	2.726	6.183	1.926	5.820	0.210	68.565	4.867	1.102
建设用地	0.631	0.229	3.314	0.105	2.444	2.726	6.182	1.926	5.820	0.210	68.559	4.867	1.102
其他	0.632	0.229	3.320	0.105	2.448	2.731	6.193	1.929	5.830	0.211	68.675	4.875	1.104

注:步长为23年。

$$A(23) = \begin{bmatrix} \text{河流水面} \\ \text{苇地} \\ \text{滩涂} \\ \text{滩地} \\ \text{灌溉水田} \\ \text{坑塘水面} \\ \text{养殖水面} \\ \text{人工沟渠} \\ \text{水库水面} \\ \text{盐田} \\ \text{旱地} \\ \text{建设用地} \\ \text{其他} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4\ 935.6 \\ 930.5 \\ 7\ 332.0 \\ 231.4 \\ 5\ 407.6 \\ 6\ 031.2 \\ 13\ 677.8 \\ 4\ 260.7 \\ 12\ 876.2 \\ 465.4 \\ 151\ 586.0 \\ 10\ 767.8 \\ 2\ 347.8 \end{bmatrix}$$

湿地的各种地类景观在人类的长期作用下,最终会达到各种景观所占的比例与它们的初始状态无关,即转移概率达到相对稳定状态。

$\lim P_{ij}^{(n)} = a_j$, 其中 a_j 的值可以通过解马尔柯夫过程稳定方程组获取^[16-18]:

$$\begin{cases} a_j = \sum_{i=1}^n a_i P_{ij} \\ 1 = \sum_{j=0}^{n-1} a_j \end{cases}$$

表5为各种地类景观在达到稳定状态时所占的面积比例。

表5 湿地达到稳定状态时各地类景观的面积及所占比例

景观类型	景观面积 (hm ²)	占研究区域面积比例 (%)
河流水面	5 380.58	2.44
苇地	2 167.04	0.98
滩涂	7 252.92	3.29
滩地	228.93	0.10
灌溉水田	5 349.29	2.43
坑塘水面	5 966.10	2.71
养殖水面	13530.26	6.14
人工沟渠	4214.68	1.91
水库水面	12737.20	5.78
盐田	460.39	0.21
旱地	150 049.50	68.08
建设用地	10 651.66	4.83
其他	2 411.45	1.09

3.3 湿地景观格局变化分析 计算结果表明,至2010年,湿地总面积仍在减少,尤其是天然湿地,其中河流水面、苇地、滩涂和滩地,较1987年分别减少2 739.72,17 392.56,23 816.28和3 271.57 hm²。人工湿地总面积也有所减少,但水库水面面积却增加10 074.80 hm²。相比湿地,非湿地面积都有大幅度增加,其中建设用地23年来增加7 336.36 hm²,而旱地面积更是增加了45 231.90 hm²。利用马氏过程模型,可以得到黄河口湿地2010年以后的湿地景观变化趋势:1)河

流水面、苇地、滩涂和滩地减少;2)水库水面、非湿地面积、建设用地和旱地都明显增加。当达到稳定状态时(表5),天然湿地面积仅存15 029.47 hm²,只占研究区总面积的6.8%;而人工湿地的面积为42 257.9 hm²,其面积将占研究区总面积的19.17%。图1显示了黄河口湿地中的13种不同类型的景观格局在1987年、2010年以及土地利用格局达到相对稳定时期的面积变化发展趋势。

图1 黄河口湿地不同时期湿地景观类型面积比例

4 结论与讨论

1) 遥感影像数据和GIS技术结合,可以有效地计算湿地类型之间相互转化的概率信息,结合应用空间马尔柯夫概率模型,可较为准确地预测一定时期内湿地的变化格局。

2) 应用马尔柯夫模型预测结果表明,2010年以后,黄河口区域湿地的景观变化趋势为河流水面、苇地、滩涂和滩地减少,水库水面、非湿地面积、建设用地和旱地都明显增加;人工湿地正逐渐取代天然湿地而成为湿地内的优势景观,湿地的人工化程度严重,天然湿地正在遭到破坏,应采取措施加强湿地保护。

3) 由于所得的资料有限,本文只对1987—2004年一个时段的湿地景观类型变化进行了动态分析,如有可能,应对几个时段同时进行对比分析,通过GIS技术绘制出湿地景观类型变化信息图谱。

参考文献

- [1] 肖笃宁,布仁仓,李秀珍.生态空间理论与景观异质性[J].生态学报,1997,17(5):453-461.
- [2] 张建春,张学通,陈全功.基于RS和GIS的天祝县草原景观空间格局分析[J].草业科学,2009,26(8):34-39.
- [3] 王安琪,刘桂香,李小娟.基于TM影像的内蒙古达茂旗草地景观格局动态分析[J].中国草地学报,2009,31(5):30-36.
- [4] 刘惠明,尹爱国,苏志尧,等.3S技术及其在生态学中的应用[J].生态科学,2002,21(1):82-85.
- [5] 孙丹峰,李红,张凤荣.基于动态统计规则和景观格局特征的土地利用覆被空间模拟预测[J].农业工程学报,2005,21(3):121-125.
- [6] 李新举,赵庚星,李宪文,等.泰安市土地利用可持续评价[J].中国土地科学,2004,18(3):27-34.
- [7] 李文龙,王晶,郭述茂,等.玛曲沼泽湿地景观格局变化研究及驱动力分析[J].草业科学,2009,26(8):57-62.
- [8] 傅伯杰,陈利顶,刘国华.中国生态区划的目的任务

- 及特点[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 591-595.
- [9] 贾松伟, 韦方强, 崔鹏. 小江流域土地利用变化及其趋势分析[J]. 水土保持学报, 2006, 20(5): 154-157.
- [10] 王学雷, 吴宜进. 马尔柯夫模型在四湖地区湿地景观变化研究中的应用[J]. 华中农业大学学报, 2002, 21(3): 288-292.
- [11] 边延辉, 张光辉, 包洪福, 等. 马尔柯夫模型在洪河湿地景观变化研究中的应用[J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(3): 53-57.
- [12] 潘开文, 杨冬生, 江心. 用马尔柯夫模型预测马尾松低效林改造恢复过程[J]. 应用与环境生物学学报, 1995, 2(1): 29-35.
- [13] 李宇, 董锁成. 基于 GIS 的定西地区黄土高原土地利用变化研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 248-252.
- [14] Acevedo M F, Urban D L, Ablan M. Transition and gap models of forest dynamics[J]. Ecological Applications, 1995, 5(4): 1040-1055.
- [15] Lopez E, Bocco G, Mendoza M, *et al.* Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe: a case in Morelia city, Mexico[J]. Landscape and Urban Planning, 2001, 55(4): 271-285.
- [16] 李东, 苏小红, 马双玉. 基于新灰色马尔科夫模型的股价预测方法[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2003, 35(2): 244-249.
- [17] 严伟, 钱育渝. 马尔科夫预测在房地产市场营销中的应用研究[J]. 重庆建筑大学学报, 2004(4): 112-115.
- [18] Brown D G, Pijanowski B C, Duh J D. Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA[J]. Journal of Environmental Management, 2000, 59(4): 247-263.

Study on the landscape variation of the wetland around estuary of the Yellow River based on RS and GIS

—A case study in Kenli County

TIAN Su-juan¹, CHEN Wei-feng¹, TIAN Su-feng², HU Jin-ye³,
ZHANG Zhi-hua¹, HOU Yue-ying²

(1. College of Resource and Environment, Shandong Agricultural University,
Shandong Taian 271018, China;

2. Land and Resources Bureau of Kenli County, Shandong Dongying 257500, China;

3. Environmental Protection Bureau of Kenli County, Shandong Dongying 257500, China)

Abstract: Based on RS and GIS technologies, the Landsat-TM image in 1987 and 2004 were used as data resource to study the dynamic changes of the wetland landscape around the estuary of the Yellow River with Markov model. The results showed that the area of the wetland reduced, especially the natural wetland, reeds, seashore and bottomland by the end of 2010. Compared to that in 1987, the corresponding area decreased by 2 724. 7, 19 629. 1, 23 737. 2 and 3 269. 1 hm². The wetland landscape structure will reach a relatively stable status in the future, i. e. , the natural wetland area will only account for 6. 8% of total land area and it will be 19. 17% for the artificial wetland area.

Key words: RS; GIS; Yellow River estuary wetland; landscape change; Markov model