

## 鸭绿江口滨海湿地景观格局动态演变分析\*

何桐<sup>1</sup>, 谢健<sup>2</sup>, 徐映雪<sup>3</sup>, 王卫东<sup>4</sup>

- (1. 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510275;
2. 国家海洋局南海海洋工程勘察与环境研究院, 广东 广州 510300;
3. 中国地质大学水资源与环境学院, 北京 100083;
4. 辽宁省地质矿产勘查局, 辽宁 沈阳 110032)

**摘要:** 在遥感和地理信息系统的支持下, 对1989和2000年两个时期的卫星影像进行分析, 得到鸭绿江口湿地类型的转化数据, 运用马尔科夫过程模拟湿地景观格局的动态演变情况, 定量分析演变特点。结果表明, 1989-2000年研究区内湿地中的芦苇和水田分别减少2 241.54 hm<sup>2</sup>和1 136.07 hm<sup>2</sup>, 而水库坑塘和虾田分别增加225.99 hm<sup>2</sup>和1 425.15 hm<sup>2</sup>。此外, 建设用地的面积增加了2 806.38 hm<sup>2</sup>。受城市扩张影响和经济利益驱动, 芦苇和水田被大量开发成了建设用地和虾田。预测结果显示, 湿地类型中的浅海、河流、芦苇、水田面积逐年减少, 而滩涂、虾田、水库坑塘面积逐年增加; 非湿地中除了建设用地面积逐年增加外, 其它类型的面积都在逐年减少。到2050年浅海将达到2.49%, 滩涂15.06%, 河流1.39%, 芦苇1.21%, 水库坑塘1.15%, 虾田11.68%, 水田36.44%, 林地2.57%, 建设用地15.59%, 其它非湿地12.42%。这预示着人为干扰是鸭绿江口湿地景观变化的主导因素。

**关键词:** 湿地景观格局; 马尔科夫模型; 驱动因素; 鸭绿江口

**中图分类号:** Q149 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579(2009)02-0113-06

## Dynamic Evolvement of Seaside Wetland Landscape Pattern around the Yalujiang River Delta

HE Tong<sup>1</sup>, XIE Jian<sup>2</sup>, XU Yingxue<sup>3</sup>, WANG Weidong<sup>4</sup>

- (1. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
2. South China Sea Marine Engineering and Environment Institute, Guangzhou 510300, China;
3. School of Water Resources and Environment, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
4. Bureau Geology and Mineral Resources Exploration Liaoning Province, Shenyang 110032, China)

**Abstract:** Based on the technology of RS and GIS, the remote sensing images for 1989 and 2000 are used to quantitatively analyze the dynamic evolvement of wetland landscape pattern around the Yalujiang River Delta. The transition probability matrices at two primary states are established. Then, the dynamic evolvement of wetland landscape patterns are simulated with Markov process. The study results show that from 1989 to 2000, the reed and paddy field among the wetland types decreased by 2 241.54 hm<sup>2</sup> and 1 136.07 hm<sup>2</sup>, respectively, but the reservoir pond and shrimp field increases by 225.99 hm<sup>2</sup> and 1 425.15 hm<sup>2</sup>, respectively. In addition, the construction land increases by 2 806.38 hm<sup>2</sup>. Under the influence of urban expansion and economic interest driven, a large number of the reed and paddy field have been developed into the construction and shrimp field. The forecasting result shows that the shallow sea, rivers, reed and paddy field among the wetland types are decreasing while tidal-flat area, shrimp field

\* 收稿日期: 2008-06-02

基金项目: 国家科技攻关计划资助项目(2001BA610A-01-02A)

作者简介: 何桐(1979年生), 女, 博士研究生; 通讯作者: 谢健; E-mail: ht101512@163.com

and reservoir pond are increasing year after year. On the unwetted land, all the others are decreasing except the construction land. The shallow sea will reach 2.49%, tidal-flat area 15.06%, and rivers 1.39%, reed 1.21%, reservoir pond 1.15%, shrimp field 11.68%, paddy field 36.44%, woodland 2.57%, construction land 15.59%, and unwetted land 12.42% by 2050, which indicates that the dominant factor is the human disturbance in Yalujiang River Delta.

**Key words:** wetland landscape pattern; Markov process; driving factor; Yalujiang River Delta

湿地处于地球表层水陆交错的过渡地带,在调节气候、净化环境、保护生物多样性等方面起着重要的作用,被誉为“自然之肾”、“生物基因库”和“人类摇篮”<sup>[1]</sup>。近年来,随着人口增长和经济利益的驱动,滨海湿地被大面积过渡开垦和破坏,面积急剧减少;同时,由于工农业废水和生活污水排入该区域的数量不断增加,湿地的功能受到不同程度的破坏,导致了湿地生态环境的退化,生物多样性减少,严重削弱了湿地资源的潜力和功能的发挥,引发了一系列的生态环境问题。鸭绿江口滨海湿地是中国最北端的滨海湿地,该地区城市化速度较快,湿地景观格局变化迅速,其自然、经济、社会特性在我国滨海地区具有代表性,目前关于该地区湿地景观格局的定量研究少见报道。因此,本文选择鸭绿江口滨海湿地作为研究对象,运用马尔科夫模型对其景观进行动态模拟和预测,定量分析演变特点,对于鸭绿江口湿地生态系统的保护具有十分重要的意义。

## 1 研究区概况

鸭绿江口滨海湿地国家级自然保护区地处辽东半岛东端,东起鸭绿江口文安滩岛,西至东港市与

庄河市交界处,北起鹤大公路,南临黄海<sup>[2]</sup>。全区总面积约为 14.43 万  $\text{hm}^2$ ,研究区内的湿地可分为:天然湿地和人工湿地,其中天然湿地又分为浅海、滩涂、河流和芦苇;人工湿地分为水库坑塘、虾田、盐田、水田和人工沟渠,同时为了反映林地的变化以及城市化过程对湿地的影响,将林地和建设用地各单独作为一类,其它非湿地如旱地、特殊用地、未利用土地等合并为一大类。

## 2 研究方法

### 2.1 数据源及处理方法

研究中使用的数据源有:鸭绿江口滨海湿地 Landsat TM 影像 2 景,成像时间为 1989 年 9 月 12 日和 2000 年 7 月 24 日,分辨率为 30 m,轨道号为 118/32;比例尺为 1:5 万的地形图。

对两个时期的 TM 遥感数据运用 ENVI 软件解译出相应的湿地类型分布图(图 1、图 2),再运用 ArcGIS 软件中的 ArcMap 模块,对其进行空间叠置分析,获得这一时段的湿地类型变化图,最后用 ArcCatalog 模块提取数据,得到湿地类型动态演变的数据矩阵(表 1)。

表 1 各景观类型转化情况 1989-2000

Table 1 Transition of landscape types around Yalujiang River delta during 1989-2000

1989 年	2000 年									
	浅海	滩涂	河流	芦苇	水库坑塘	虾田	水田	林地	建设用地	其它
浅海	6244.47	1373.49	0	0	0	0	0	0	0.63	0
滩涂	216.45	19357.29	9.99	0	0	380.43	0	0	51.03	0
河流	0	26.55	2153.61	78.30	2.70	1.98	22.68	6.30	3.78	19.44
芦苇	0	15.30	80.64	5477.85	50.67	799.20	1012.95	0.09	106.29	286.74
水库坑塘	0	0	0	0	851.22	5.04	147.69	0.18	9.99	36.99
虾田	0	15.75	11.97	26.55	0	11292.93	206.46	0	78.48	0
水田	0	0	22.59	5.04	341.82	576.45	56467.98	11.79	1318.05	1201.32
林地	0	0	3.96	0	0.54	0	155.79	5288.04	76.77	383.85
建设用地	0	0	0.27	0	2.61	0.09	43.29	2.88	8994.60	47.70
其它	0	0	4.95	0.45	27.54	1.17	752.13	78.66	1077.75	16936.56

注:横行代表 1989 年原有景观类型,纵列代表 2000 年转变后的景观类型;盐田和人工沟渠未发生转化,故将其分别归并入虾田和河流

2.2 马尔科夫模型

马尔科夫模型在湿地景观类型动态变化上成功应用，关键在于转移概率矩阵  $p$  的确定<sup>[3]</sup>，其数学表达式为：

$$p = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \cdots & p_{2n} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & \cdots & p_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & p_{m3} & \cdots & p_{mn} \end{bmatrix}$$

式中， $p_{ij}$  为初始湿地景观类型  $i$  转化为末期景观类型  $j$  的转移概率。转移概率矩阵每一项元素需满足以下条件：①  $0 \leq p_{ij} \leq 1$ ，即各元素为非负值；②  $\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1$ ，即每行元素之和为 1。

根据马尔科夫随机过程理论，可以利用初始状态概率矩阵模拟出初始年后若干年的各湿地景观类

型所占的面积比例，即湿地景观格局。根据马尔科夫过程性质和条件概率的定义，运用马尔科夫过程的基本方程为<sup>[4-7]</sup>：

$$p(n) = p(n-1)p_d \text{ 或 } p(n) = p(0)p^n$$

式中， $p(n)$  为经过  $n-1$  次状态转移到达  $n$  次转移后的状态概率向量， $p(n-1)$  为经过  $n-2$  次状态转移到达  $n-1$  次转移后的状态概率向量， $p$  为转移概率矩阵， $p(0)$  为它的初始状态概率向量。

由于马尔科夫模型对空间数据存在依赖性，所以它不仅探讨湿地景观类型的数量变化，而且可理解湿地景观类型变化的空间转移特征。然而，马尔科夫模型也有其缺陷，就是自身无法进行检验，但经许多学者研究表明<sup>[8-11]</sup>，其模拟结果与实际情况基本吻合，这说明该方法对于湿地景观类型变化的模拟是一种较为实用的方法。



图 1 鸭绿江口滨海湿地类型分布图 (1989)

Fig. 1 The distribution of seaside wetland around the Yalujiang River Delta in 1989



图 2 鸭绿江口滨海湿地类型分布图 (2000)

Fig. 2 The distribution of seaside wetland around the Yalujiang River Delta in 2000

### 3 湿地景观格局的动态演变

#### 3.1 初始状态矩阵与初始转移矩阵的确定

把每种湿地景观类型的面积在全部湿地景观类型面积的百分比作为各状态的初始概率, 而各状态的初始概率就构成了初始状态矩阵。设初始状态矩阵为  $A^0$ , 以 1989 年鸭绿江口各湿地景观类型所占的面积百分比表示。  $A_0 = [ \text{浅海, 滩涂, 河流, 芦苇, 水库坑塘, 虾田, 水田, 林地, 建设用地, 其它} ] = [ A^0, 5.28, 13.87, 1.60, 5.43, 0.73, 8.06, 41.55, 4.10, 6.30, 13.08 ]$ 。

#### 3.2 湿地景观格局的动态模拟与预测

应用马尔科夫链模型的关键是转移概率的确定。转移概率矩阵的计算方法是将湿地景观类型的动态变化分成一系列离散的过程, 求出各过程中湿地景观类型面积的转移矩阵, 再以年为基本时间单位, 求出各时间段内某类湿地景观类型的年平均转移概率<sup>[12]</sup>, 如 1989 年到 2000 年的各湿地转化面积除以年代间隔 11 a 得到平均每年的转化面积占原有该类型湿地面积的百分比, 即为各湿地景观类型的年平均转移概率 (表 2), 借助于马尔科夫模型的具体运算程序预测, 每隔一定时期的预测结果见表 3。

### 4 结果与讨论

#### 4.1 湿地景观格局的动态变化分析

由湿地类型动态演变的数据矩阵 (表 1) 可得

出 1989 - 2000 年各类型面积的增减情况 (表 4)。从表 4 可知, 研究区内天然湿地的面积减少了 2 653.38  $\text{hm}^2$ , 而人工湿地的面积增加了 515.07  $\text{hm}^2$ 。其中, 天然湿地中的芦苇面积减少得最多, 多达 2 241.54  $\text{hm}^2$ , 比 1989 年净减少 28.63%; 人工湿地中的水库坑塘和虾田面积分别增加 225.99  $\text{hm}^2$  和 1 425.15  $\text{hm}^2$ , 比 1989 年净增加 21.50% 和 12.25%, 而水田是人工湿地中唯一的减少的类型, 多达 1 136.07  $\text{hm}^2$ , 比 1989 年净减少 1.90%。此外, 建设用地的面积增加了 2 806.38  $\text{hm}^2$ , 比 1989 年净增加 28.88%。林地的面积减少了 521.01  $\text{hm}^2$ , 比 1989 年净减少 8.82%。随着城乡人口的增长和经济的快速发展, 人们对湿地的开发利用程度逐渐加剧, 而城市建设速度的加快导致了更多湿地的丧失。由于东港市区和大东港的扩建, 鸭绿江口的芦苇面积急剧减少, 依据东港市城市总体规划 (2002 - 2020), 到 2020 年该区域的芦苇将基本全部消失, 变成城市市区和大东港港区用地<sup>[13]</sup>。

从湿地景观各类型相互转化来看 (表 1), 芦苇的减少主要是被水田、虾田、其它非湿地和建设用地所占用, 其中水田占用最多, 达 1 012.95  $\text{hm}^2$ , 占芦苇减少总量的 45.19%, 其次为虾田, 占芦苇减少总量的 35.65%, 这表明这段时期芦苇减少以水田和虾田占用为主。尽管大面积的芦苇被开垦为水田, 但这也不足以弥补水田面积的减少量。水田的减少主要是被建设用地、其它非湿地、虾田和水库坑塘所占用, 其中建设用地占用最多,

表 2 各湿地景观类型的转移概率矩阵 (1989 - 2000)

Table 2 Transition probability matrix of wetland landscape types around Yalujiang river delta during 1989 - 2000

类型	浅海	滩涂	河流	芦苇	水库坑塘	虾田	水田	林地	建设用地	其它
浅海	0.983603	0.016389	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000008	0.000000
滩涂	0.000983	0.997012	0.000045	0.000000	0.000000	0.001728	0.000000	0.000000	0.000232	0.000000
河流	0.000000	0.001042	0.993650	0.003074	0.000106	0.000078	0.000891	0.000247	0.000148	0.000763
芦苇	0.000000	0.000178	0.000936	0.972693	0.000588	0.009279	0.011761	0.000001	0.001234	0.003329
水库坑塘	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.982712	0.000436	0.012774	0.000016	0.000864	0.003199
虾田	0.000000	0.000123	0.000094	0.000208	0.000000	0.997349	0.001614	0.000000	0.000613	0.000000
水田	0.000000	0.000000	0.000034	0.000008	0.000518	0.000874	0.994727	0.000018	0.001999	0.001822
林地	0.000000	0.000000	0.000061	0.000000	0.000008	0.000000	0.002397	0.990447	0.001181	0.005906
建设用地	0.000000	0.000000	0.000003	0.000000	0.000026	0.000001	0.000433	0.000029	0.999032	0.000477
其它	0.000000	0.000000	0.000024	0.000002	0.000133	0.000006	0.003622	0.000379	0.005190	0.990646

表 3 各湿地景观类型变化的 Markov 预测值

年份	类型									
	浅海	滩涂	河流	芦苇	水库坑塘	虾田	水田	林地	建设用地	其它
1989	7619	20015	2315	7830	1051	11632	59945	5909	9091	18879
2000	6461	20788	2288	5588	1277	13057	58809	5388	11717	18913
2010	5743	21124	2236	4545	1385	13953	57570	5007	13967	18757
2020	5064	21427	2179	3535	1486	14818	56330	4632	16203	18613
2030	4487	21614	2121	2770	1573	15583	55074	4300	18353	18411
2040	3997	21715	2063	2193	1616	16261	53819	3997	20445	18180
2050	3593	21730	2006	1746	1659	16853	52578	3708	22494	17920

表 4 各湿地景观类型面积的增减情况 (1989 - 2000)

类型	浅海	滩涂	河流	芦苇	水库坑塘	虾田	水田	林地	建设用地	其它
1989 年	7618.59	20015.19	2315.34	7829.73	1051.11	11632.14	59945.04	5908.95	9091.44	18879.21
2000 年	6460.92	20788.38	2287.98	5588.19	1277.10	13057.29	58808.97	5387.94	11717.37	18912.60
增减	-1157.67	+773.19	-27.36	-2241.54	+225.99	+1425.15	-1136.07	-521.01	+2625.93	+33.39
占初期面积/%	15.20	3.86	1.18	28.63	21.50	12.25	1.90	8.82	28.88	0.18

达 1 318.05 hm<sup>2</sup>, 其次为其它非湿地, 达 1 201.32 hm<sup>2</sup>, 再次为虾田为 576.45 hm<sup>2</sup>, 这使本来人多耕地少的矛盾更加尖锐。虾田和水库坑塘是人工湿地中面积增加的类型。水库坑塘的增加主要是占用水田和芦苇, 而虾田的增加主要是占用芦苇、水田和滩涂。两者面积的增加主要是受商品经济、市场经济及比较经济利益的影响, 近几年在东港市海岸带地区逐步扩大了水产养殖业的规模, 经济效益大大提高<sup>[14]</sup>。

#### 4.2 湿地景观格局的动态模拟预测分析

由表 3 可知, 研究区湿地景观格局的未来变化情况, 若继续保持 1989 - 2000 年的变化速度, 未来 50 年内, 天然湿地和人工湿地都在减少。其中芦苇面积减少较大, 达 68.75%; 人工湿地中的虾田和水库坑塘面积有所增加, 虾田面积增长较大, 增加了 29.07%, 而水田面积却减少较大, 达 10.60%。非湿地中, 建设用地的面积增长最快, 达 91.98%; 林地的面积减少较大, 达 31.18%; 而其它非湿地的面积减少较小, 基本维持了自身的动态平衡。芦苇和水田的减少主要是被建设用地所占用。我们采用土地利用城镇化指标 E 来表述土地利用的城镇化水平<sup>[15]</sup>:  $E = \text{建设用地} / (\text{芦苇} + \text{水田})$ 。经计算, 研究区 1989 年、2000 年、2010

年、2020 年、2030 年、2040 年和 2050 年的 E 值分别为 0.13、0.18、0.22、0.27、0.32、0.37 和 0.41, 其值随时间而增大, 这表明土地利用的城镇化是以芦苇和水田的丧失为代价的。

## 5 结 论

1989 - 2000 年研究区内天然湿地中的芦苇面积减少 2 241.54 hm<sup>2</sup>, 人工湿地中的水田面积减少 1 136.07 hm<sup>2</sup>, 林地面积减少了 521.01 hm<sup>2</sup>; 而人工湿地中的水库坑塘和虾田面积分别净增加 225.99 hm<sup>2</sup> 和 1 425.15 hm<sup>2</sup>。此外, 建设用地的面积增加了 2 806.38 hm<sup>2</sup>, 比 1989 年净增加 28.88%。受城市扩张影响和经济利益驱动, 芦苇和水田被大量开发成了建设用地和虾田。

马尔科夫模型预测结果表明研究区内未来景观类型变化的趋势和速度, 湿地中的浅海、河流、芦苇、水田面积逐年减少, 而滩涂、虾田、水库坑塘面积逐年增加; 非湿地中除了建设用地面积逐年增加外, 其它类型的面积都在逐年减少。到 2050 年浅海将达到 2.49%, 滩涂 15.06%, 河流 1.39%, 芦苇 1.21%, 水库坑塘 1.15%, 虾田 11.68%, 水田 36.44%, 林地 2.57%, 建设用地 15.59%, 其它非湿地 12.42%。这预示着人为干扰是鸭绿江口

湿地景观变化的主导因素。因此,今后应加强该地区湿地的保护,尤其是芦苇的保护,加大造林力度。

#### 参考文献:

- [1] 孙广友. 中国湿地科学的进展与展望[J]. 地球科学进展, 2000, 15(6): 666 - 672.  
SUN Guangyou. Development and prospect of wetland science in China[J]. Advance in Earth Sciences, 2000, 15(6): 666 - 672.
- [2] 许敬文. 东沟县志[M]. 沈阳: 辽宁人民出版社, 1996.
- [3] 王宪礼, 胡远满, 布仁仓, 等. 辽河三角洲湿地的景观变化分析[J]. 地理科学, 1996, 16(3): 260 - 265.  
WANG Xianli, HU Yuanman, BU Rencang, et al. Analysis of wetland landscape changes in Liaohe delta[J]. Scientia Geographica Sinica, 1996, 16(3): 260 - 265.
- [4] 王良健, 包浩生, 彭补拙. 基于遥感和 GIS 的区域土地利用变化的动态监测与预测研究[J]. 经济地理, 2000, 20(2): 47 - 51.  
WANG Liangjian, BAO Haosheng, PENG Buzhuo. The dynamic monitoring and prediction of the regional land use change based on RS and GIS[J]. Economic Geography, 2000, 20(2): 47 - 51.
- [5] 徐岚, 赵羿. 利用马尔柯夫过程预测东陵区土地利用格局的变化[J]. 应用生态学报, 1993, 4(3): 272 - 277.  
XU Lan, ZHAO Yi. Forecast of land use pattern change in Dongling District of Shenyang: an application of Markov process[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1993, 4(3): 272 - 277.
- [6] 赵庚星, 李强, 李玉环, 等. GIS 支持下的马尔柯夫链模型模拟垦利县土地利用空间格局变化[J]. 山东农业大学学报, 1999, 30(4): 345 - 349.  
ZHAO Gengxing, LI Qiang, LI Yuhuan, et al. GIS supported simulation on changes of land use spatial structure of Kenli county using Markov Chain Models[J]. Journal of Shandong Agricultural University, 1999, 30(4): 345 - 349.
- [7] 张新长, 梁金成. 城市土地利用动态变化及预测模型研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2004, 43(2): 121 - 125.  
ZHANG Xinchang, LIANG Jincheng. Study on change of urban land-use and forecasting model[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2004, 43(2): 121 - 125.
- [8] 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 - 291.  
WANG Xuelei, WUYIjin. The application of the Markov Model on the dynamic change of wetland landscape pattern in Four - Lake area[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2002, 21(3): 288 - 291.
- [9] 宁龙梅, 王学雷, 胡望斌. 利用马尔科夫过程模拟和预测武汉市湿地景观的动态演变[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2004, 38(2): 255 - 258.  
NING Longmei, WANG Xuelei, HU Wangbin. Simulation and forecast of wetland landscapes development with Markov process in Wuhan city[J]. Journal of Central China Normal University (Nat Sci), 2004, 38(2): 255 - 258.
- [10] 崔丽娟, 陈文波, 赵小汎, 等. 鄱阳湖湿地区土地利用变化分析与预测[J]. 福建林学院学报, 2006, 26(3): 240 - 246.  
CUI Lijuan, CHEN Wenbo, ZHAO Xiaofan, et al. Analyses and prediction of land use change in Poyang Lake wetland area[J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2006, 26(3): 240 - 246.
- [11] 郭笃发. 利用马尔科夫过程预测黄河三角洲新生湿地土地利用/覆被格局的变化[J]. 土壤, 2006, 38(1): 42 - 47.  
GUO Dufa. Prediction of land use and land cover patterns in recent Yellow River delta using Markov Chain Model[J]. Soils, 2006, 38(1): 42 - 47.
- [12] HULST R. On the dynamics of vegetation: Markov chains as models of succession. Vegetation, 1979, 40: 3 - 14.
- [13] 徐映雪, 邵景力, 杨文丰, 等. 基于 RS 和 GIS 的鸭绿江口滨海湿地分类及变化[J]. 现代地质, 2006, 20(3): 500 - 504.  
XU Yingxue, SHAO Jingli, YANG Wenfeng, et al. Research on classification and change of seaside wetland around Yalujiang River Estuary based on RS and GIS[J]. GeoScience, 2006, 20(3): 500 - 504.
- [14] 董婷婷, 王秋兵. 东港市湿地的景观格局变化及驱动力分析[J]. 中国农学通报, 2006, 22(2): 257 - 261.  
DONG Tingting, WANG Qiubing. Landscape pattern changes of wetlands in Donggang City and its driving force[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(2): 257 - 261.
- [15] 王良健, 包浩生, 彭补拙. 基于遥感与 GIS 的区域土地利用变化的动态监测与预测研究[J]. 经济地理, 2000, 20(2): 47 - 51.  
WANG Liangjian, BAO Haosheng, PENG Buzhuo. The dynamic monitoring and prediction of the regional land use change based on RS and GIS[J]. Economic Geography, 2000, 20(2): 47 - 51.