江苏省盐城海岸湿地景观时空演变特征研究

张华兵[1,2]，刘红玉[2]，郝敬锋[2]

（1.江苏省滩涂生物资源与环境保护重点建设实验室，盐城师范学院 城市与资源环境学院，江苏 盐城 224051；2.南京师范大学 地理科学学院，江苏 南京 210046）

摘　要：以盐城海岸湿地为研究对象，根据1987，1997，2007年3个时相的景观资料，运用RS和GIS技术，选取景观转移概率、质心两大指标，对两个时段海岸湿地景观时空演变特征进行了分析。结果表明：(1) 景观结构变化。1987—2007年，自然湿地比重不断下降，由42.45%降至21.44%；人工湿地比重不断上升，由18.19%上升到58.88%。景观转移主要由自然湿地向人工湿地和非湿地转移：1987—1997年自然湿地向人工湿地和非湿地转移了45.40%；1997—2007年自然湿地向人工湿地和非湿地转移了37.91%。景观异质性呈现先升后降的特征。(2) 景观质心变化。1987—1997年人工湿地向东南偏移了58.17 km，自然湿地向东南偏移了6.15 km；1997—2007年人工湿地向东南偏移了12.67 km，自然湿地向东南偏移了7.15 km。

关键词：景观格局；景观转移矩阵；质心；盐城海岸湿地

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2012)06-0226-04　　**中图分类号**：F301.24，P94

Landscape Spatial and Temporal Evolutions of Yancheng Coastal Wetlands in Jiangsu Province

ZHANG Hua-bing[1,2], LIU Hong-yu[2], HAO Jing-feng[2]

(1. *Jiangsu Provincial Key Laboratory of Coastal Wetland Bioresources and Environmental Protection, College of Urban and Resource Environment, Yancheng Teachers University, Yancheng, Jiangsu* 224051, *China*; 2. *College of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu* 210046, *China*)

Abstract: Taking Yancheng coastal wetlands as an example, we analyzed the spatial and temporal evolution characteristics of coastal wetlands landscape about two periods based on the years of 1987, 1997 and 2007 landscape images. We used two landscape ecology indicators: transition probability and centroid, with the technologies of RS and GIS. The results indicated that both the landscape structure and centroid changed from 1987 to 2007. Firstly, the percentage of natural wetland dropped from 42.45% to 21.44%, but the artificial wetland rose from 18.19% to 58.88%. During the former decade, 45.40% of the natural wetlands were transferred to the artificial wetlands or the non-wetland; while in the later decade, additional 37.91% of the natural wetlands were transformed, leading to an increased and then decreased landscape heterogeneity over the time. Secondly, both the natural and the artificial Landscape centroid shifted to the southeast from 1987 to 2007. From 1987 to 1997, the artificial wetland centroid moved 58.17 km and the natural wetland centroid did 6.15 km, while from 1997 to 2007, they shifted additional 12.67 and 7.15 km, respectively.

Keywords: landscape pattern; landscape transition matrix; centroid; Yancheng coastal wetland

景观生态学作为一门迅速发展的交叉学科，其突出格局—过程—尺度—等级的理念已广泛应用于湿地研究。具有大范围、多时相动态检测功能的遥感技术和具有强大空间信息处理功能的GIS技术，为应用景观生态学方法揭示湿地景观格局演变、空间变化提供了技术支持[1-3]。海岸湿地位于陆地生态系统和海洋生态系统的过渡地带，是脆弱的生态敏感区，也是重要的环境资源[4]，具有重要的生态功能和巨大的公益价值[5]。盐城海岸湿地拥有盐城自然保护区、大丰麋鹿自然保护区两个国家级保护区，在人类活动日

收稿日期：2011-09-30　　修回日期：2012-01-04

资助项目：江苏省滩涂生物资源与环境保护重点建设实验室开放基金项目“盐城海滨湿地景观格局变化及生态环境效应研究”(JLCBE10007)；国家自然科学基金项目(41071119)；江苏省高校自然科学研究重大项目(10KJA170029)

作者简介：张华兵(1979—)，男(汉族)，江苏省响水县人，博士研究生，研究方向为湿地景观及遥感/GIS应用。E-mail：jszhbing@163.com。

通信作者：刘红玉(1963—)，女(汉族)，辽宁省辽阳市人，教授，博士生导师，主要从事湿地景观生态研究。E-mail：liuhongyu@njnu.edu.cn。

益加剧的今天，一些岸段基本保持了天然的生态结构和功能，成为我国乃至世界为数不多的典型原始海岸湿地之一[6]。目前，对盐城海岸湿地研究已成为热点，遥感技术与实地调查相结合的方法已广泛应用于盐城国家自然保护区景观变化监测[7]，在经济快速发展和人口增加的压力下，海岸湿地景观变得破碎化，并对丹顶鹤的生境产生重要影响[8]，自然保护区生物多样性出现严重损失[9]。目前对盐城海岸湿地景观演变多从时间演变的角度探讨其景观指数变化[10-14]，对从景观空间角度探讨湿地景观演变特征与趋势的研究比较缺乏。本研究选择盐城海岸湿地为研究区域，从时间和空间的视角，运用转移矩阵和质心变化方法，揭示海岸湿地景观变化特征与规律，研究结果可为海岸湿地的开发与合理利用、维护海岸湿地景观持续健康发展提供科学依据。

1　研究区概况

盐城海岸湿地，地处江苏中部沿海，位于北纬 32°20′—34°37′，东经 119°29′—121°16′，面积为 4.53×10^5 hm^2，拥有大陆海岸线 582 km，占该省总面积的 60%，是我国最大的海岸湿地。该区位于亚热带向暖温带的过渡地带，季风气候显著，受南北气流和海洋、大陆双重气候的影响，年平均气温介于 13.7～14.8 ℃之间，年降水量为 900～1 100 mm，雨量丰沛，南部多于北部。盐城海岸既有快速淤长岸段，又有强烈侵蚀岸段，基本以射阳河口为界，以北为侵蚀型岸段，以南为淤长型岸段。海岸湿地景观分为自然湿地和人工湿地两大类，其中自然湿地包括芦苇湿地、碱蓬湿地、米草湿地、光滩、河流湿地等 5 种类型；人工湿地主要为养殖池、盐田、水田、人工沟渠；非湿地主要为旱地、林地和其他用地，其他用地包括居民地、工矿建设用地、港口、田埂等。

2　研究方法

2.1　数据来源与处理

数据主要来源，包括 1987 年江苏海岸带 1∶20 万植被调查图，1∶20 万土地利用调查图，1∶20 万地貌调查图，1∶20 万土壤调查图；1997 年 5—6 月和 1998 年 2 月的 TM 影像；2006 年 11 月至 2007 年 2 月日本 ALOS 遥感影像数据。具体方法为：将 1987 年图件通过扫描仪输入计算机，以 1∶5 万盐城基础图为参考，在 ArcGIS 9.3 软件支持下进行配准，对景观要素进行矢量化，建立 1987 年盐城海岸湿地景观类型图。对 1997 和 2007 年的遥感影像进行合成、配准，然后采取人工目视解译结合野外调查校正，制作 1997 和 2007 年盐城海岸湿地景观类型图(图 1)。

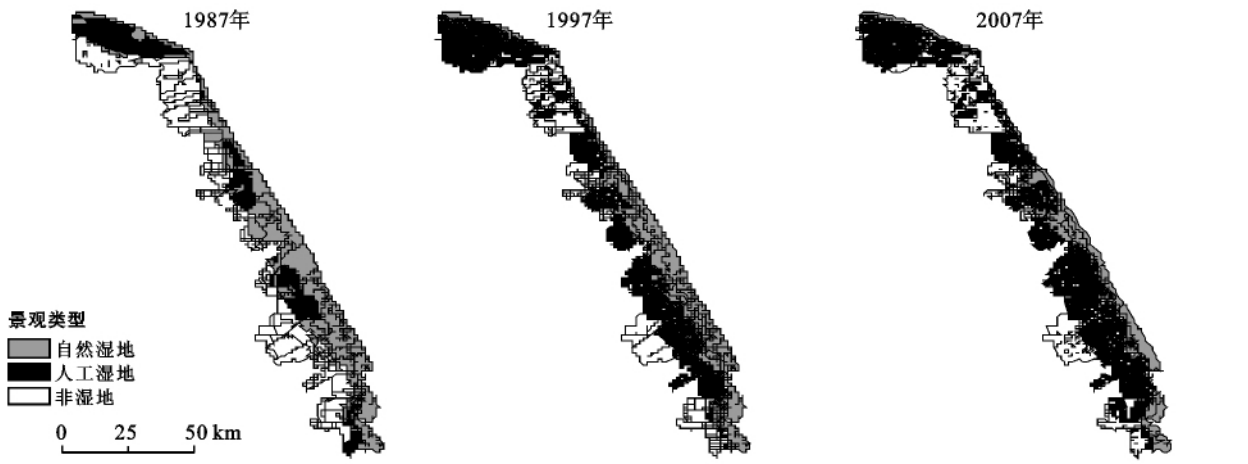


图 1　1987－2007 年盐城海岸湿地景观

2.2　景观转移矩阵

转移矩阵模型来源于系统分析中对系统状态与形态转移的定量描述，能全面、具体地描述景观的结构特征及与景观类型之间的变化量与方向。公式为[15]：

$$\boldsymbol{P}_{ij}=\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{mn} \end{bmatrix} \tag{1}$$

$$a=(\sum_{j}^{n}P_{ij}-\sum_{i}^{n}P_{ij})\times100/\sum_{j}^{n}P_{ij} \tag{2}$$

式中：P——景观类型的面积；n——湿地景观类型数；i，j——研究初期与末期的湿地景观类型；P_{ij}——由 i 类型景观转变为 j 类型景观面积。公式(2)中用 a 来表示 $k+1$ 时期各种土地利用类型相对于 k 时期的变化程度。

2.3　空间质心计算

通过空间质心偏移变化，能够揭示不同湿地景观

在空间上的变化规律和趋势。公式为：

$$X_c=(\sum_{i=1}^{n}C_iX_i)/(\sum_{i=1}^{n}C_i);\ Y_c=(\sum_{i=1}^{n}C_iY_i)/(\sum_{i=1}^{n}C_i) \quad (3)$$

式中：X_c，Y_c——按面积加权的湿地质心坐标；X_i，Y_i——某一湿地类型第 i 个斑块的质心坐标；C_i——某一类型湿地第 i 个斑块的面积；n——某一湿地类型的斑块总数目[1]。

3 结果分析

3.1 湿地景观结构变化

盐城海岸湿地，1987 年景观构成中，自然湿地、人工湿地、非湿地的比重分别为 42.45%，18.19%，39.36%；自然湿地以光滩、芦苇湿地为主，分别占自然湿地面积的 59.95%和 29.97%；人工湿地为养殖池和盐田，分别占人工湿地面积的 57.69%和 42.31%；非湿地以旱地为主，占非湿地面积的 96.40%。1997 年自然湿地、人工湿地、非湿地的比重分别为 31.17%，42.36%，26.47%；自然湿地中芦苇湿地、碱蓬湿地、米草湿地和光滩的比重为 17.65∶15.74∶7.64∶50.28；人工湿地主要为养殖池、水田和盐田，分别占人工湿地面积的 23.30%，58.88%，17.82%；非湿地主要为旱地，占非湿地总面积的 86.05%。2007 年自然湿地、人工湿地、非湿地的比重变为 21.44%，50.51%，28.05%；自然湿地中芦苇湿地、米草湿地和光滩分例为 20.37∶18.82∶46.21；人工湿地以养殖池和水田为主，分别占 34.83%和 58.19%。从斑块数量与密度看，湿地斑块数量增加，平均斑块面积减小，景观破碎化趋势明显。1987—2007 年，盐城海岸湿地平均斑块密度由 0.132 6 个/hm^2 增加到 0.803 4 个/hm^2；景观斑块平均面积，由 753.91 hm^2 降为 124.47 hm^2（表 1）。

表 1 1987－1997 年盐城海岸湿地景观面积转移矩阵 hm^2

景观类型	人工湿地	自然湿地	非湿地
人工湿地	57 937.846	6 654.423	15 327.355
自然湿地	86 862.406	82 492.668	15 637.895
非湿地	74 596.085	4 325.375	92 052.856

注：行数据表示 1987 年某景观类型转变为 1997 年各景观类型面积。下同。

3.2 湿地景观转移分析

通过景观转移矩阵分析可以得出（表 1—2），盐城海岸湿地演变主要表现为自然湿地向人工湿地和非湿地转变。1987—1997 年自然湿地向人工湿地转移面积为 6.68×10^4 hm^2，占自然湿地面积的46.95%，向非湿地转移 1.56×10^4 hm^2，占自然湿地面积的 8.45%。1997—2007 年，自然湿地向人工湿地转移了 32.40%，面积为 4.44×10 hm^2，向非湿地转移了 5.51%，面积为 7.50×10^3 hm^2。

表 2 1997－2007 年盐城海岸湿地景观面积转移矩阵 hm^2

景观类型	人工湿地	自然湿地	非湿地
人工湿地	162 767.194	5 345.720	18 011.306
自然湿地	44 362.822	85 043.530	7 541.680
非湿地	14 839.364	3 460.300	98 308.014

3.3 湿地景观多样性变化趋势

从表 3 可以看出，盐城海岸湿地景观多样性指数在 1987—1997 年有显著上升，主要由于大量自然湿地受人类生产活动的影响，转变为非湿地和人工湿地。打破了一种或几种海岸景观的垄断优势，致使景观均匀度指数（SHEI）上升，优势度指数（D）下降，多样性指数（SHDI）上升。而 1997—2007 年，景观多样性指数又出现了下降趋势，因为人类生产活动导致了自然湿地继续减少，而人工湿地、非湿地比重进一步上升，在海岸景观构成中形成了新的垄断优势，致使景观均匀度指数下降，优势度指数上升。分形指数来看，盐城海岸湿地平均分形维数越来越趋近于 1，1987—2007 年的分形指数由 1.036 2 降至 1.027 0，形状趋于规则。

表 3 盐城海岸湿地景观异质性变化

景观指数	1987 年	1997 年	2007 年
均匀度	1.649 3	2.037 2	1.956 3
优势度	0.653 3	0.527 7	0.528 6
多样性	0.716 3	0.819 8	0.787 3

3.4 湿地景观质心空间变化趋势

运用 ArcGIS 9.3 中的空间分析工具生成每一个斑块的质心，并得到各个斑块的平面坐标（UTM 投影），然后运用公式（3）分别计算出自然湿地、人工湿地的质心，由表 4 可以看出，海岸湿地景观质心发生了不同程度的偏移变化。由于大丰、东台两市海岸湿地中人工湿地明显的向海岸方向增加，所以就导致了人工湿地的质心向东南方向偏移。人工湿地，1987—1997 年，向东南偏移了 58.17 km；1997—2007 年，向东南偏移了 12.67 km。由于盐城海岸“北蚀南淤”、“蚀进淤退”的自然特征以及人类活动的影响，使得自然湿地在海岸湿地景观构成中，从 1987—2007 年，比重是越来越小，到 2007 年仅占海岸湿地景观的 21.44%；景观质心向东南偏移。自然湿地的质心从 1987 年到 1997 年，向东南偏移了 6.15 km；1997—2007 年，向东南偏移了 7.15 km。其中，1987—1997

年，由于人工恢复芦苇湿地，至 1997 年，在射阳河口以南的芦苇湿地形成明显的带状，所以芦苇湿地的质心向东南偏移了 5.60 km；1997—2007 年，一方面由于保护区核心区芦苇湿地恢复与保护，另一方面，大丰、东台两市的芦苇湿地基本都被开发为人工湿地，所以导致这一阶段芦苇湿地向西北偏移了 23.72 km。在米草引进之前，碱蓬湿地作为海岸湿地的先锋群落，至 1997 年碱蓬湿地在射阳河口以南发育成明显的带状，所以碱蓬湿地的质心在 1987—1997 年，向东南偏移了 13.37 km；1997—2007 年，由于米草扩张和人类活动的影响，碱蓬湿地仅存在保护区核心区，所以其质心向西北偏移了 12.33 km。米草湿地的质心 1987—1997 年，向东南偏移了 28.14 km，1997—2007 年向西北偏移了 2.59 km。尽管在研究过程中，对研究区向海部分是以 1997 年的 TM 影像为基准，未考虑光滩的侵蚀、淤长关系，但是由于米草的扩张，还是导致了光滩的质心在 1987—1997 年向东南偏移了 95.37 km；1997—2007 年向东南偏移了 10.25 km。

表 4　海岸湿地景观质心变化

景观类型	1987—1997 年		1997—2007 年	
	偏移距离/km	方向	偏移距离/km	方向
自然湿地	6.15	东南	7.15	东南
人工湿地	58.17	东南	12.67	东南
芦苇湿地	5.60	东南	23.79	西北
碱蓬湿地	13.37	东南	12.33	西北
米草湿地	28.14	东南	2.59	西北
光 滩	95.37	东南	10.25	东南

4　结 论

（1）盐城海岸湿地景观演变的主要是自然湿地比重不断下降，由 1987 年的 42.45% 降至 1997 年的 31.17%，至 2007 年只有 21.44%；人工湿地比重不断上升，由 1987 年的 18.19%，上升到 1997 年的 42.36%，到 2007 年为 58.88%。景观转移主要由自然湿地向人工湿地和非湿地转移：1987—1997 年自然湿地向人工湿地和非湿地转移了 8.24×10^4 hm^2；1997—2007 年向人工湿地和非湿地转移了 5.19×10^4 hm^2。盐城海岸湿地平均分形维数越来越趋近于 1，人类活动对海岸湿地的影响在增大，盐城海岸湿地景观规则化、破碎化趋势明显。盐城海岸湿地景观异质性指数，呈现先上升后下降趋势。景观空间演变主要通过质心变化来反映，人工湿地与自然湿地都表现出向东南偏移的趋势，1987—1997 年分别向东南偏移了 58.17 和 6.15 km；1997—2007 年偏移了 12.67 和 7.15 km。

（2）盐城海岸湿地景观演变受到自然和人为的双重驱动。尤其是在人口压力、经济利益驱动、政策导向作用下，耕地、养殖池、建设用地等非自然湿地迅速增加。所以在人地矛盾日益加剧的形势下，如何在满足社会经济发展的同时，维护盐城海岸湿地景观健康持续的发展，已成为一个亟待解决的课题。

[参 考 文 献]

[1] 宫兆宁，张翼然，宫辉力，等. 北京湿地景观格局演变特征与驱动机制分析[J]. 地理学报，2011，66(1)：77-88.

[2] 汪爱华. RS 和 GIS 支持下的三江平原沼泽湿地动态变化研究[J]. 地理科学，2002，22(5)：636-640.

[3] Chopra R，Verma V K，Sharma P K. Mapping，monitoring and conservation of Harike wetland ecosystem，Punjab，India，through remote sensing[J]. International Journal of Remote Sensing，2001，22(1)：89-98.

[4] 张晓龙，李培英，李萍，等. 中国岸海湿地研究现状与展望[J]. 海洋科学进展，2005，23(1)：87-95.

[5] 刘红玉，李玉凤，曹晓，等. 我国湿地景观研究现状、存在的问题与发展方向[J]. 地理学报，2009，64(11)：1394-1401.

[6] 刘青松，李杨帆，朱晓东. 江苏盐城自然保护区岸海湿地生态系统的特征与健康设计[J]. 海洋学报，2003，25(3)：143-148.

[7] Liu Chunyue，Jiang Hongxing，Hou Yunqiu，et al. Habitat changes for breeding waterbirds in Yancheng National Nature Reserve，China：A remote sensing study[J]. Wetlands，2010，30(5)：879-888.

[8] Ke Changqing，Zhang Dong，Wang Fuqiang，et al. Analyzing coastal wetland change in the Yancheng National Nature Reserve，China [J]. Regional Environmental Change，2011，11(1)：161-173.

[9] Zhu Hongguang，Qin Pei，Wang Hui. Functional group classification and target species selection for Yancheng Nature Reserve China[J]. Biodiversity and Conservation，2004，13(7)：1335-1353.

[10] 丁晶晶，王磊，季永华，等. 江苏省盐城海岸带湿地景观格局变化研究[J]. 湿地科学，2009，7(3)：202-207.

[11] 刘春悦，张树清，江红星，等. 江苏盐城岸海湿地外来种互花米草的时空动态及景观格局[J]. 应用生态学报，2009，20(4)：901-908.

[12] 张怀清，唐晓旭，刘锐，等. 盐城湿地类型演化预测分析[J]. 地理研究，2009，28(6)：1713-1720.

[13] 姚成，万树文，孙东林，等. 盐城自然保护区海岸湿地植被演替的生态机制[J]. 生态学报，2009，29(5)：2203-2210.

[14] Zhang Daizhen，Ding Ge，Zhang Huabin，et al. Isolation and characterization of 10 microsatellite makers in helice tientsinensis[J]. Conservation Genet Resource，2009，1(1)：321-323.

[15] 刘红玉. 湿地景观变化与环境效应[M]. 北京：科学出版社，2005：115-116.