

DOI: 10.5846/stxb201502100329

谢冬明, 金国花. 鄱阳湖湖岸带景观变化. 生态学报, 2016, 36(17): - .

Xie D M, Jin G H. Riparian landscape change in Poyang Lake. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(17): - .

鄱阳湖湖岸带景观变化

谢冬明^{1,*}, 金国花²

1 江西科技师范大学, 南昌 330046

2 江西省气象信息中心, 南昌 330046

摘要:湖岸带是水陆生态系统过渡带, 是人类活动最集中的区域之一, 也是生态系统较为脆弱的区域。湖岸带具有重要的生态功能, 湖岸带研究对于湖泊湿地生态系统保护具有重要意义。本文利用 1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年四个时期的同水位条件下鄱阳湖湿地湖岸带遥感影像, 对鄱阳湖湖岸带的景观进行了研究, 结果表明, 鄱阳湖湖岸带各种景观类型的面积变化显著, 2010 时期的水体面积较 1995 年、2000 年和 2005 年时期减少近 100km², 绿地面积 2010 年较 1995 年减少近 500km², 建设用地和裸地面积 2010 年较 1995 年增加 700km² 以上。景观指数变化明显, 景观斑块数量逐年上升, 最大斑块面积逐年减小, 周长面积分形指数逐年加大, 辛普森和香浓景观多样性指数逐年增大, 表明湖岸带景观破碎化程度逐年加强。通过遥感影像解译结果综合分析, 鄱阳湖湖岸带建设用地和裸地增加主要表现在沙化土地面积、交通建设用地面积和居民建筑建设用地的增加有关。

关键词:湖岸带; 景观; 人类活动; 干扰; 鄱阳湖

Riparian landscape change in Poyang Lake

XIE Dongming^{1,*}, JIN Guohua²

1 Jiangxi science and technology normal university, Nanchang 330031, China

2 Jiangxi meteorology bureau, Nanchang 330046, China

Abstract: Riparian Lake is an ecotone between aquatic ecosystem and terrestrial ecosystem, and it is one of the most concentrated areas of human activity, consequently, the ecosystem of riparian lake is very fragile. Riparian Lake is one of the most serious degenerative ecosystems because of the disturbance of human activity with the rapid development of economy and society. Poyang Lake is the largest freshwater lake in China and one of the world's important wetland recognized in the Ramsar Convention on Wetlands. There is rich in biodiversity, supporting numerous species of invertebrates, fish, birds and mammals including the White Crane (*Grus leucogeranus*), Cygnet (*Cygnus columbianus*), Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*), and Cowfish (*neophocaena phocaenoides*). The wetlands provide an important range of ecosystem services; and their protection is an important concern both domestically and abroad. In order to compare changes in the riparian lake landscape, this paper analyzed riparian lake landscape with RS images in four different periods under the same condition of similar water level in 1995, 2000, 2005 and 2010. Changes in landscape spatial pattern were analyzed. Changes in landscape index, area of landscape types, and landscape types were very distinct in the riparian lake, the area of water body decreased more than 100km² in 2010 than in 1995, and the area of vegetation decreased more than 500km² in 2010 than 1995; however, the artificial and bare land increased almost 700km² in 2010 than in 1995. The total Landscape Patches increased, the Largest Patch Area decreased, the Perimeter-Area Fractal Dimension lessened, and

基金项目:国家自然科学基金项目(31360120); 江西省科技厅项目(20132BAB203030, 20151BBG70014); 江西省教育厅项目(GJJ13561, GL1318)

收稿日期:2015-02-10; **网络出版日期:**2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xdm0791@126.com

Diversity Index of Shannon's and Simpson's increased from 1995 to 2010. Changes of landscape index explained fragmentation level of riparian lake landscape strengthened. Furthermore, the driving force was analyzed according to the historic materials and RS images, the loss of area in water body and vegetation because of the increase of artificial and bare land, mainly sandy soil and urbanization land.

Key Words: riparian lake; landscape; human activity; disturbance; Poyang Lake

湖岸带是湖泊水体与陆地的交错地带,历来是人类活动最集中的场所,也是地球上最脆弱的湿地生态系统之一^[1-2]。湖岸带以其特有的地形地貌及水力条件,成为湖泊中大型水生生物生长的基底、鸟类和鱼类的繁殖场所及栖息地,是湖泊的最后一道保护屏障,可有效净化入湖水中携带的部分有机污染物、营养盐及病原体,在湖泊保护中的重要地位已越来越被环境工作者所认识、被湖周居民所认同^[3-4]。然而,随着社会经济发展和人类干扰活动的增强,湖岸带常常被破坏,湖岸带生态系统严重退化已成为世界范围内的普遍现象^[5]。在过去的 200 年里,北美和欧洲超过 80% 的水岸廊道区已经消失^[6]。湖岸带退化的实质是交错带结构、生态过程受到干扰、破坏和生态功能下降,而外在表现则是生物多样性下降以及自然景观的退化^[7-8]。从湖岸带退化的机理而言,主要有物理、生物和化学等三方面,包括自然变化和人类作用的影响。它们的具体表现形式如下:围垦湖岸湿地或滩地用于农业、旅游、交通、村镇用地;筑堤、建坝(如水电站)改变了湖岸湿地的水文过程和浅滩环境;过度开发湖岸带内的生物资源;废弃物堆积和污染物排放造成的水质和土壤污染等^[9-10]。由此可见,湖岸带退化的主要原因是人类干扰活动引起的逆向演替。退化湖岸带往往造成植被破坏,生物多样性下降^[11],湖岸遭受侵蚀,水质恶化,景观美学价值降低,洪涝灾害频繁,使其完全丧失了固有的阻截、消纳污染物的环境及生态功能^[12],许多湖岸带生态系统遭到极大破坏,造成大量湖岸带湿地资源丧失或退化,严重影响了湖泊流域生态、经济和社会的可持续发展,影响人民的身体健康和生命财产安全^[13]。近半个世纪以来,为了防洪和开发利用湖岸的需要,我国许多湖泊周围均修建了大量石砌水泥堤防,如太湖^[14]、滇池^[15]、巢湖^[16]等。这种单一的水泥堤防工程,破坏了湖岸带的小气候,改变了湖岸带的土地覆盖方式,湖岸带生境退化,生物多样性减少,生态系统功能丧失^[17-18]。因此,湖岸带保护显得迫切需要。湖岸带景观研究是揭示湖岸带生态系统演替规律及人类活动干扰强度有利途径之一,也是保护和恢复湖岸带生态系统的科学基础。

鄱阳湖是我国最大的淡水湖泊,正常水位时,湖泊水域面积达 3000 多 km²,有着 1200km 的湖岸线,岸线资源丰富^[19]。近几十年来,由于防洪和社会经济发展的需要,鄱阳湖区建造的水泥砂石围堤超过 1100km,大量的人工堤坝建设,完全改变了鄱阳湖湖岸带的土地覆盖方式,使湖岸带生境破坏,物种多样性锐减,湖岸带生态结构与功能退化。本文在开展鄱阳湖湖岸带的现状调查研究基础上,通过界定湖岸带的地理空间范围,研究湖岸带的景观变化及其驱动力,为鄱阳湖湿地保护提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

鄱阳湖位于北纬 28°22' 至 29°45', 东经 115°47' 至 116°45'。地处江西省的北部,长江中下游南岸^[20-21](图 1)。鄱阳湖及其流域属亚热带湿润季风型气候,受西伯利亚寒流和副热带高压影响,鄱阳湖及其流域冬春寒、夏多雨、秋旱特征,年降水量超过 1640mm,主要集中在 4—6 月^[22]。鄱阳湖是鄱阳湖流域的聚水区,流域面积 16.22×10^4 km²,占江西省面积 97%,流域内的赣江、抚河、信江、饶河(上游由昌江和乐安河组成,在鄱

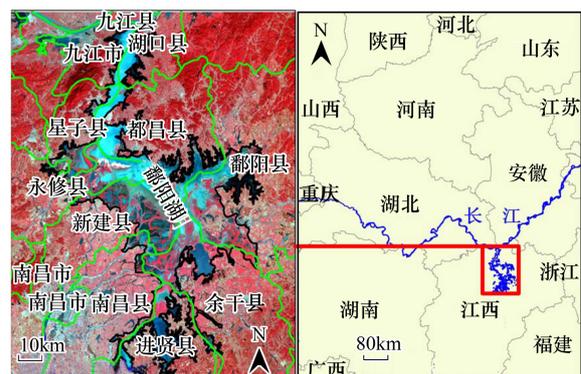


图 1 鄱阳湖湿地位置

Fig.1 The location of Poyang Lake

阳县姚公渡处汇入饶河)、修河五大河流经鄱阳湖,然后进入长江,鄱阳湖历史上最大水域面积超过 5000km²[23]。鄱阳湖是一个季节性湖泊,鄱阳湖水位变化非常显著,年内变幅超过 10m,年际间最大变幅达 16.69m[24]。根据有关研究,近年来,鄱阳湖湿地面积基本稳定在 3886 km²[25]。

1.2 研究方法

根据谢冬明等研究结果,近 30 年鄱阳湖湿地范围基本稳定(图 2),水位变化会引起湿地域内的景观类型改变,如高水位水体景观面积增大,其他洲滩、岛屿景观面积减少;低水位则反之。湿地区域边界基本稳定在人工建筑的围堤和自然山体包围的区域内,只有在极端水位下(如水位超过 22m 以上,星子水位,吴淞高程,下同),围堤被淹,鄱阳湖湿地面积将超过 5000km²。基于此,本文利用 Arcgis 软件,以岸线做 1km 缓冲带,缓冲带生成区域即为鄱阳湖湿地湖岸带区域,区域面积约为 1995km²[26](见图 3)。

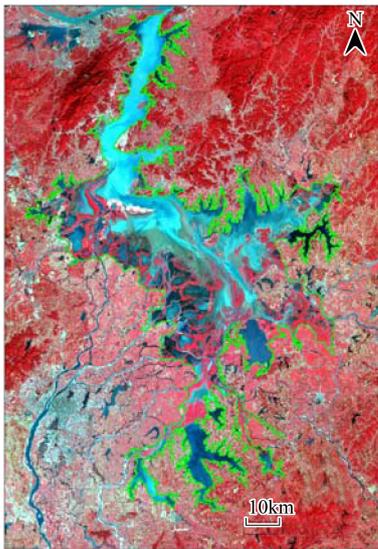


图 2 鄱阳湖湿地(绿线区域内)
Fig.2 Poyang Lake wetlands

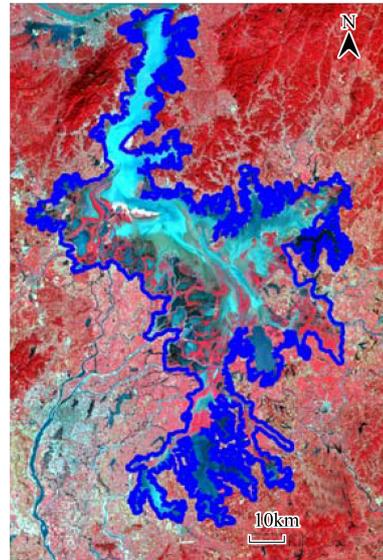


图 3 鄱阳湖湖岸带(蓝色区域)
Fig.3 Riparian of Poyang Lake

1.3 数据来源及说明

根据本研究的目的和监测范围,同时考虑到监测的精度要求和经济适用性,选择美国 Landsat TM/ETM 卫星遥感数据进行湿地景观变化分析,本文主要选取 1995,2000,2005 和 2010 四个年份的遥感影像进行分析,其中 2005 年和 2010 年数据经过中国科学院计算机网络信息中心的 Landsat ETM SLC-off 条带修复模型修正,修正结果达到数据分析要求。影像数据特征及信息(见表 1)。由于湖岸带景观不受湿地水位变化的影响,因此影像选取的满足条件是成像时间大致相同,在此基础上,成像时的鄱阳湖湿地水位大致相同。根据影像精度和湖岸带主要景观类型构成,本研究主要将湖岸带景观划分为 3 种类型,三种景观类型及含义见表 2。

1.4 数据处理方法

本研究主要应用了 ENVI5.0、Arcgis10.0 和 Fragstate4.0 软件。首先在 Arcgis10.0 软件中,利用已经生成的缓冲区域做掩膜(图 2 和图 3),对不同时期遥感影像进行切割,获得不同时期湖岸带遥感影像图,再对遥感影像进行分析处理和计算,遥感影像分析处理和计算流程见图 4。

2 结果与分析

2.1 湖岸带景观变化

2.1.1 湖岸带景观类型及面积

基于四期遥感影像数据,利用 ENVI 遥感解译软件和 Arcgis 地理信息系统软件,对 1995 年以来鄱阳湖湖

岸带景观特征进行了信息提取,三类景观信息提取结果见表 3,遥感影像解译结果见图 5。从景观类型的面积看,水体面积 1995 年、2000 年和 2005 年的数据大致相同,2010 年水体面积减少较为明显,减少近 100 km²。绿地面积四个时期变化趋减,绿地面积 2010 年比 1995 年减少近 500km²,建设用地和裸地面积逐年增加,2010 年比 1995 年增加近 700 km²。

表 1 遥感影像信息

Table 1 Information for RS image

日期 Date	1995.9.2	2000.9.15	2005.9.21	2010.9.19	水位极差 Range of Water Level
鄱阳湖湿地水位 water level in Poyang Lake	16.67m	16.93m	16.82m	16.85m	0.26m

水位为星子站水位(吴淞高程,冻结基面以上,m)

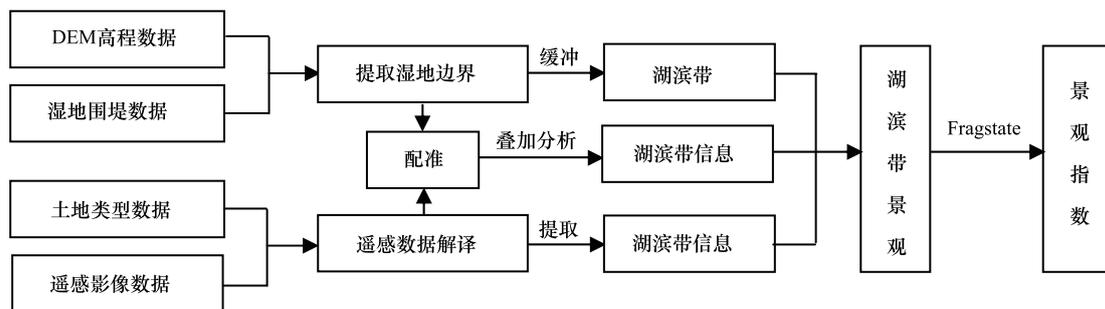


图 4 遥感影像处理流程

Fig.4 Workflow of image analysis

表 2 鄱阳湖湖岸带景观类型及说明

Table 2 Landscape types and description

序号 Code	类型 Type	说明 Note
1	水体	湖泊、河流、水库、池塘等天然或人工水域,影像一般为蓝色、深蓝色、浅蓝色
2	绿地	林地(森林和灌丛)、草地(洲滩和草甸)、庄稼地等均有植被覆盖的区域,影像一般为红色、绿色、深绿色
3	建设用地和裸地	道路、广场、堤坝、城镇、乡村、厂房等人造景观以及沙滩、岩石等无植被覆盖的自然景观,影像一般为灰色、红色、红褐色

表 3 鄱阳湖湖岸带景观类型分类结果(单位:km²)

Table 3 Result of landscape types of riparian in Poyang Lake

景观类型 Landscape type/年份 Year	1995	2000	2005	2010
水体 Water	406	402	400	304
绿地 Vegetation	1451	1243	1002	980
建设用地和裸地 Artificial and bare land	138	350	593	711

2.1.2 湖岸带景观转移矩阵

基于四个时期遥感影像数据解译分类结果,利用 ENVI 软件对四个时期的景观矩阵进行了计算,计算结果见表 4。景观转移矩阵表明,四个时期景观类型的转变主要是 1995 年、2000 年的绿地转变为建设用地和裸地,2005 年水体、绿地转变为建设用地和裸地。从用地类型转变速度来看,2005 年至 2010 年的景观转变面积最小,2000 年至 2005 年的景观转变面积较大。1995 年至 2000 年,有 246.95km²的绿地面积转变为建设用地和裸地面积,有 29.52km²的水体面积转变为建设用地和裸地面积;2000 年至 2005 年,有 293.48km²的绿地面积转变为建设用地和裸地面积,有 26.21km²的水体面积转变为建设用地和裸地面积;2005 年至 2010 年,有

188.52 km²绿地转变为建设用地和裸地面积,有 74.42km²绿地转变为建设用地和裸地面积。而由建设用地和裸地转变为水体和绿地的景观面积相对较小。因此,1990 年、2000 年、2005 年和 2010 年四个时期的景观转变主要是绿地景观和景观转变为建设用地和裸地为主,表明鄱阳湖湖岸带绿地景观和景观在逐步萎缩。

表 4 1995—2010 景观转移矩阵(km²)

Table 4 Changes of landscape from 1995 to 2010

时间 Time/ 类型 Type/ 变化 Change	1995			2000			2005		
	水体 Water	绿地 Vegetation	建设用地 和裸地 Artificial and bare land	水体 Water	绿地 Vegetation	建设用地 和裸地 Artificial and bare land	水体 Water	绿地 Vegetation	建设用地 和裸地 Artificial and bare land
2000 水体	322.55	34.42	45.12						
2000 绿地	53.49	1169.87	19.97						
2000 建设用地和裸地	29.52	246.95	73.15						
2000 变化值	-4	-208	212						
2005 水体	268.67	87.14	44.2	307.99	71.13	21.27			
2005 绿地	81.52	903.31	17.53	67.44	878.58	56.08			
2005 建设用地和裸地	55.31	462.11	75.84	26.21	293.48	273.22			
2005 变化值	-6	-449	455	-2	-241	243			
2010 水体	243.15	28.5	32.68	286.1	28.08	6.33	281.61	16.25	6.06
2010 绿地	66.69	891.52	21.6	33.13	832.81	66.95	43.98	797	139.07
2010 建设用地和裸地	95.76	532.58	83.22	80.9	380.3	281.3	74.42	188.52	447.72
2010 变化值	-102	-471	573	-98	-263	361	-96	-22	118

变化值是指行的年份对比列的年份的各类景观面积变化量,正值表明该类型景观面积增加,负值表明该类型景观面积减少,如 2000 年中变化值-4,说明 2000 年对比 1995 年的水体面积减少了 4km²,变化值-208,说明 2000 年对比 1995 年的绿地面积减少了 208km²,变化值 212,2000 年对比 1995 年的建设用地和裸地面积增加了 212km²

2.1.3 湖岸带景观指数

本文选取了景观指数中的斑块总数、最大斑块面积、最大斑块指数、周长面积分形指数、景观类型最大斑块指数、多样性指数和均匀度指数等,这些指数主要说明景观的完整性和破碎化程度,从而反映景观受干扰的强度。从表 5 可以看出,景观指数中的景观斑块数量,水体和绿地景观数量明显上升,表明水体和绿地被干扰的强度越来越大,建设用地和裸地景观逐年上升,表明湖岸带用地强度不断增强的变化过程。各类景观的最大斑块指数都逐年减少,表明各类景观完整性越来越差。景观多样性指数逐步上升,表明湖岸带景观异质性越来越明显。景观指数变化充分说明,鄱阳湖湖岸带景观破碎化程度逐年加大。

表 5 景观指数

Table 5 Landscape indicators

年份 Time 指数 Indicators	1995	2000	2005	2010
斑块总数 Total Patches	6232	6538	8063	8180
最大斑块面积(km ²) Largest Patch Area (km ²)	144.5	139	61.3	52.4
最大斑块指数 Largest Patch Index	7.2397	6.9646	3.0741	2.6632
周长面积分形指数 Perimeter-Area Fractal Dimension	1.3844	1.4179	1.4304	1.434
水体最大斑块指数 Largest Patch Index in Water	0.7749	0.5354	0.5105	0.3449
绿地最大斑块指数 Largest Patch Index in Vegetation	7.2397	6.9646	3.0741	2.4871
建设用地和裸地最大斑块指数 Largest Patch Index in Artificial and Bare Land	0.4337	0.4618	1.3145	2.6632
香浓多样性指数 Shannon's Diversity Index	0.7422	0.8924	1.0035	1.0287
辛普森多样性指数 Simpson's Diversity Index	0.4236	0.5179	0.6084	0.6192
香浓均匀度指数 Shannon's Evenness Index	0.6756	0.8123	0.9134	0.9364
辛普森均匀度指数 Simpson's Evenness Index	0.6355	0.7769	0.9126	0.9288

2.2 湖岸带景观变化的驱动力分析

通过分析表明,2010年,湖岸带水体面积比上两个时期面积有大幅度的减少,而建设用地和裸地面积则有大面积的上升,表明人为改变湿地的强度在增加。结合 Google earth 数据分析表明,建设用地和裸地增加的因素包括湖岸带沙化面积增加明显,居民建筑建设用地和道路交通用地面积增加显著(见图6和图7)。

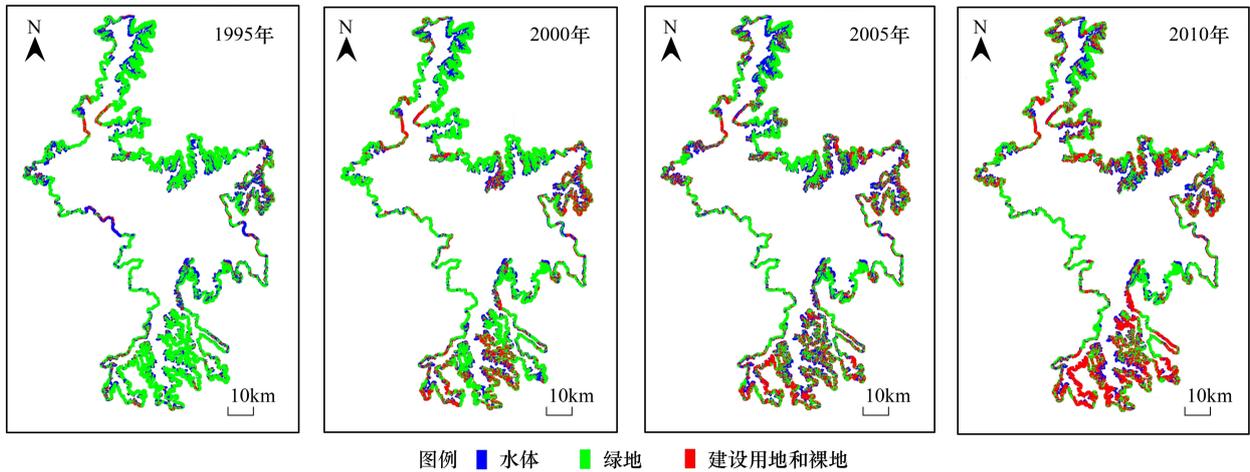
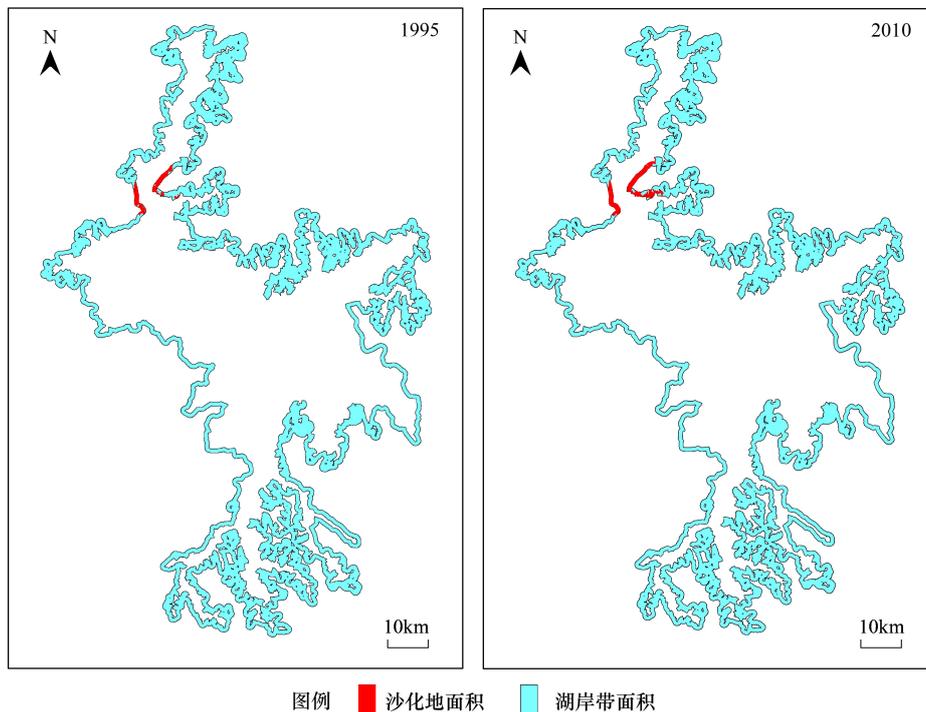


图5 湖岸带遥感影像景观解译结果

Fig.5 Analyzed result of landscape types in Poyang Lake



图例 ■ 沙化地面积 ■ 湖岸带面积

图6 湖岸带沙化地景观变化(a.1995,b.2010)

Fig.6 Change of sandy land (a.1995, b.2010)

3 结论

由于受到遥感影像精度的限制,本文仅对鄱阳湖湖岸带景观划分了三种类型,目的是确保分类的准确性。绿地景观,包括了林地、湿地草洲和耕地农作物。建设用地和裸地景观,包括了沙化地、圩堤、道路和城镇居民

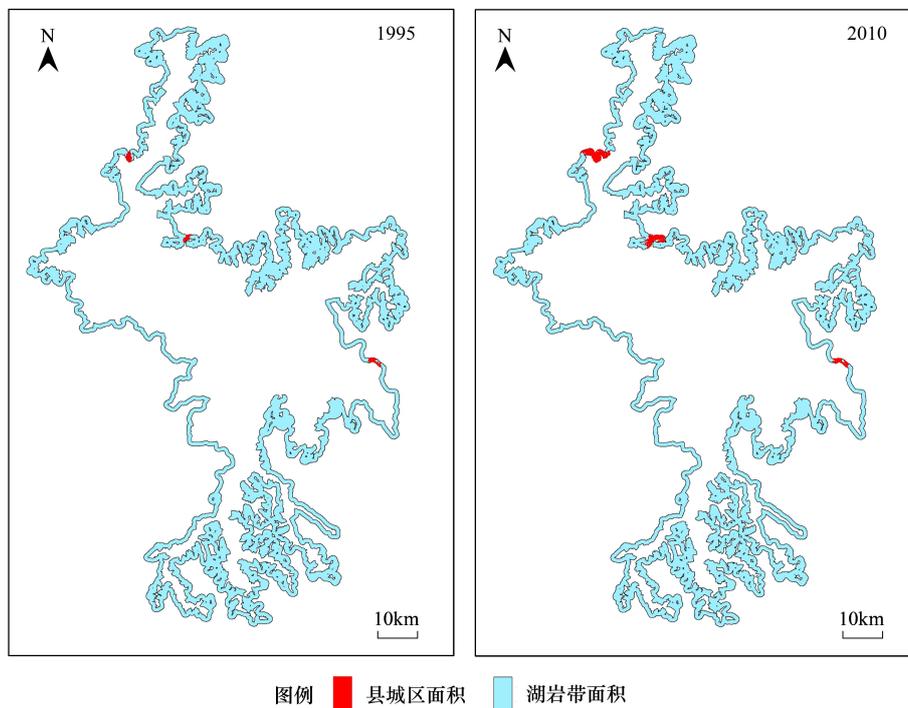


图7 湖岸带城镇用地景观变化 (a.1995, b.2010)

Fig.7 Change of counties land (a.1995, b.2010)

建筑等建设用地。在景观转换矩阵分析过程中,水体转换为建设用地和裸地及绿地容易辨别,建设用地和裸地及绿地转换为水体亦是如此。然而,对于绿地之间的转换,例如,洲滩草地转换为耕地,我们很难从当前的遥感影像中提取出来,洲滩草地转化为耕地,也是人类活动干扰过程的方式之一,但是转换面积有多大,强度有多大,现有的研究不能得出明确的结论。对于这些景观类型的变化,特别是景观类型面积及构成变化,能够更深入地反映湖岸带景观演替的规律,从而对于揭示人类活动如何影响湖岸带景观以及响应策略具有重要意义,这需要进一步利用高分辨率遥感影像和实地调查综合分析才能得出准确的科学结论。

近年来,鄱阳湖湖岸带景观变化比较明显,水体面积减少明显,有 100km^2 的水体面积被其他景观类型所替代,绿地面积减少显著,有近 500km^2 的绿地面积被其他景观类型所替代。而具有人类活动干扰特征的建设用地和裸地面积增加较大,增加面积超过 700km^2 ,表明人类活动对鄱阳湖湖岸带景观具有明显的重塑作用。湖岸带景观类型的改变,特别是由自然景观改变为人类塑造的人工设施景观,对于湖岸带所承担的水陆生态系统交错带的功能将会受到影响,比如湖岸带具有的生物多样性栖息地功能、生态廊道功能、污染物的阻控和过滤功能等,将会退化甚至丧失。因此,加强湖岸带的保护和资源利用规划,对于鄱阳湖湿地保护具有重要意义,本文提出以下几点建议。

(1) 建立鄱阳湖湖岸生态控制带。在现有湖岸带基础上,向外延伸 1km ,建成湖岸生态控制带,在控制带内,禁止建设工厂、矿山和具有污染性质的服务业基础设施。

(2) 实行生态修复工程。对受到一定破坏和干扰的湖岸带景观,采取生物工程和物理工程措施,进行湖岸带生态修复,尽可能将现有景观恢复到自然生态景观水平。

(3) 开展湖岸带保护性开发。在湖岸带生态保护完善的基础上,开展具有宣传教育和科普功能性的湖岸带开发,加强民众对鄱阳湖湿地保护的认知和理解。

参考文献 (References):

- [1] Landman G B, Kolka R K, Sharit R R. Soil seed bank analysis of planted and naturally revegetating thermally-disturbed riparian wetland forests.

- Wetlands, 2007, 27(2): 211-223.
- [2] Kent C, Wong J. An index of littoral zone complexity and its measurement. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1982, 39(6): 847-853.
- [3] Mandelbrot B. How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension. *Science*, 1967, 156(3775): 636-638.
- [4] Naiman R J, Decamps H, Pollock M. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications*, 1993, 3(2): 209-212.
- [5] Narumalani S, Zhou Y C, Jensen J R. Application of remote sensing and geographic information systems to the delineation and analysis of riparian buffer zones. *Aquatic Botany*, 1997, 58(3-4): 393-409.
- [6] Philips J D. Spatial analysis of shoreline erosion, Delaware Bay, New Jersey. *Annals of the Association of American Geographers*, 1986, 76(1): 50-62.
- [7] Al-Chokhachy R, Ray A M, Roper B B, Archer E. Exotic plant colonization and occupancy within riparian areas of the interior Columbia river and upper Missouri river basins, USA. *Wetlands*, 2013, 33(3): 409-420.
- [8] Vogt J, Puumalainen J, Kennedy P, Folving S. Integrating information on river networks, catchments and major forest types: towards the characterisation and analysis of European landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 2004, 67(1-4): 27-41.
- [9] 邓红兵, 王青春, 于庆礼. 河岸植被缓冲带与河岸带管理. *应用生态学报*. 2001, 12(6): 951-954.
- [10] 王红娟, 姜加虎, 李新国. 岱海湖泊岸线形态变化研究. *长江流域资源与环境*, 2006, 15(5): 674-677.
- [11] 岳隽, 王仰麟. 国内外河岸带研究的进展与展望. *地理科学进展*, 2005, 24(5): 33-40.
- [12] 杨克文, 庞军刚, 李文厚. 坳陷湖盆湖岸线的确定方法-以志丹地区延长组为例. *兰州大学学报(自然科学版)*, 2009, 45(3): 13-17.
- [13] 陈海雁, 杨长明, 李建华. 不同河岸带植物根际丁草胺降解特性差异及其微生物学机制. *生态环境*, 2008, 17(6): 2201-2206.
- [14] 薛建辉, 阮宏华, 刘金根, 周炎, 王邵军. 太湖流域水岸生态防护林体系建设技术与对策. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2008, 32(5): 13-18.
- [15] 李文朝, 潘继征, 陈开宁, 胡耀辉, 刘正文. 滇池东北部沿岸带生态修复技术研究及工程示范--生态修复目标的确定及其可行性分析. *湖泊科学*, 2005, 17(4): 317-321.
- [16] 冯玲. 安徽巢湖南岸滨水景观规划设计. *安徽建筑*, 2012, 4: 39-42.
- [17] Matheson F E, Nguyen M L, Cooper A B, Burt T P. Short-term nitrogen transformation rates in riparian wetland soil determined with nitrogen-15. *Biology and Fertility of Soils*, 2003, 38(3): 129-136.
- [18] Ranalli A J, Macalady D L. The importance of the riparian zone and in-stream processes in nitrate attenuation in undisturbed and agricultural watersheds-A review of the scientific literature. *Journal of Hydrology*, 2010, 389(3-4): 406-415.
- [19] 李春华, 李明辉, 易卫华, 黄淑芳. 鄱阳湖岸线资源的特征及其开发利用. *人民长江*, 2009, 40(6): 1-2, 7.
- [20] 鄱阳湖研究编委会. 鄱阳湖研究. 上海: 上海科学技术出版社, 1988.
- [21] 江西省水文局. 江西水文. 武汉: 长江出版社, 2007, pp90-91.
- [22] 刘兴中, 叶居新. 江西湿地. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [23] 王晓鸿, 鄢帮有, 吴国琛. 山江湖工程. 北京: 科学出版社, 2006.
- [24] Xie D M, Jin G H, Zhou Y M, Jiao G Y, Huang L G, Yan Y P, Dai X Z. Ecological function zoning of Poyang Lake wetland: a RAMSAR site in China. *Water Policy*, 2013, 15(6): 922-935.
- [25] 谢冬明, 郑鹏, 邓红兵, 赵景柱, 樊哲文, 方豫. 鄱阳湖湿地水位变化的景观响应. *生态学报*, 2011, 31(5): 1269-1276.
- [26] 荣冰凌, 孙宇飞, 邓红兵, 吴钢. 流域水环境管理保护线与控制线及其规划方法. *生态学报*, 2009, 29(2): 924-930.