

# 太湖流域土地利用与景观格局演变研究\*

万荣荣<sup>1,2\*\*</sup> 杨桂山<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; <sup>2</sup> 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**【摘要】** 基于遥感、GIS技术和景观生态学方法,以太湖流域为研究区域,在1985年、1995年和2000年的土地利用图基础上,分析了土地利用与景观格局演变。结果表明,15年间,太湖流域农田呈减少趋势,建设用地、林地、草地、水体呈增加趋势,其中农田的减少占土地利用总减少量的89.64%,建设用地的增加占土地利用总增加量的79.21%;由于人类活动的干预,太湖流域景观结构与景观异质性发生了较大变化。从景观尺度上看,斑块密度、多样性指数和均匀度指数呈降低趋势,边界密度、优势度指数、景观形状指数呈增加趋势;从斑块尺度上看,各景观组分的异质性指数及其变化过程有较大的差异,体现了景观生态系统的复杂性。人口增长、经济、政策等因素是太湖流域近15年景观格局动态变化的主要驱动力。太湖流域土地利用变化产生了景观碎化、边缘效应、生境退化等景观生态效应。可通过调整景观尺度上的土地利用方式,使太湖流域生态建设及水土资源实现可持续发展。

**关键词** 土地利用 景观格局 演变 太湖流域

**文章编号** 1001-9332(2005)03-0475-06 **中图分类号** Q149 **文献标识码** A

**Changes of land use and landscape pattern in Taihu Lake Basin.** WAN Rongrong<sup>1,2</sup>, YANG Guishan<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup> Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;  
<sup>2</sup> Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2005, 16(3):475~480.

Based on three sets of land use data (1985, 1995 and 2000), and by means of the techniques of remote sensing, geographical information system (GIS), and landscape ecology, this paper studied the changes of land use and landscape pattern from 1985 to 2000 in Taihu Lake Basin located at Yangtze River Delta. The results showed that in past 15 years, the farmland in this Basin decreased, while the built up areas, woodland, grassland and water body increased. The decrease of the farmland occupied 89.64% of total decrement, while the increase of the built-up areas accounted for 79.21% of total increment. Under the disturbance of human activities, the landscape structure and landscape heterogeneity in Taihu Lake Basin changed greatly. The patches density decreased from 0.996 to 0.930, diversity indices decreased from 1.127 to 1.113, evenness indices decreased from 62.891% to 62.109%; while the edge density increased from 4.408 to 4.459, dominance indices increased from 0.665 to 0.679, and shape indices increased from 1.540 to 2.796. The landscape heterogeneity varied with different kinds of landscape, indicating the complexity of landscape ecosystem. In all kinds of landscapes, farmland and grassland had the highest values of diversity indices. The diversity indices of water bodies decreased firstly and then increased, while those of built-up areas were in adverse. The evenness index was decreased in the order of woodland > farmland > grassland > water body > built-up areas. Population, economy and policies were the driving forces of the dynamic changes of landscape pattern in Lake Taihu Basin during past 15 years, and land use change in the Basin caused distinct landscape effects, such as landscape fragmenting, edge effects intensification, and environmental quality declining. The mode of land use should be adjusted in landscape scale to rehabilitate and reconstruct the landscape ecosystems in Taihu Lake Basin.

**Key words** Land use, Landscape pattern, Change, Taihu Lake Basin.

## 1 引言

土地是人类赖以生存和发展的最基本的自然资源,是人类生存和发展的物质基础<sup>[13]</sup>。IGBP(国际地圈生物圈计划)和IHDP(人与环境计划)于1995年制定并开始执行的“土地利用/土地覆被变化科学研究计划(LUCC)”已成为当今全球变化研究的八大核心领域之一<sup>[10]</sup>。景观生态学是一门研究景观

空间格局、过程及其与人类社会之间相互作用,进而探讨景观优化利用的原理和途径的交叉性学科。景观生态学非常重视空间结构与生态过程的相互作用,强调时空的异质性,景观格局研究是其基础性核心研究领域之一<sup>[3]</sup>。以景观几何特征为基础的景观

\* 中国科学院知识创新工程重要方向资助项目(KZCX3-SW-331).  
\*\* 通讯联系人。  
2004-05-02 收稿, 2004-10-04 接受。

格局分析可以有效地反映LUCC的空间格局<sup>[5]</sup>。目前景观格局的研究成果主要集中于两个方面<sup>[12,15~17]</sup>:一是静态的格局分析,主要探讨景观的空间异质性问题<sup>[11,23]</sup>;二是在相对稳定的地域空间上,探讨景观格局随时间的变化情况,即时间异质性问题<sup>[4,20,25,26]</sup>。

流域是一个完整的地理单元,流域内景观格局是自然和人类活动叠加作用的结果。同时,流域景观格局的演变直接影响着流域内的物理、化学、生物等自然过程的发生发展,维系着流域的生态安全<sup>[7,21,22]</sup>。基于景观生态学和流域生态学的思想,以流域为研究尺度,分析流域内景观格局的动态变化,以便制定出合理的景观调控对策,是进行流域综合治理的关键之举<sup>[18]</sup>。太湖流域是中国传统的人口密集区和土地高度集约化利用地区,伴随20世纪80年代以来的经济高速增长,工业化、城市化带来的土地利用变化引起的人地关系演变在全国具有极好的典型性和代表性<sup>[24]</sup>。本文通过景观格局的定量分析,探讨太湖流域景观结构的特点和演变规律,分析该区LUCC过程及其机理,以揭示近15年来该流域景观格局与自然生态过程和社会经济活动之间的关系。

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 研究地区概况

太湖流域位于长江三角洲地区,北抵长江,东临东海,南滨钱塘江,西倚天目山、茅山等,面积 $3.69 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,约占全国国土总面积的0.40%。该区属亚热带季风气候区,年平均气温 $15 \sim 17^\circ\text{C}$ ,多年平均降雨量为 $1180 \text{ mm}$ 。太湖流域地势呈西部高东部低、四周高中间低,东部为太湖平原,西侧为山地丘陵。太湖流域是我国经济最发达、投资增长和社会发展最具活力的地区之一。全流域2000年单位土地面积完成的全社会固定资产投资总额平均为 $918.4 \text{ 万元} \cdot \text{km}^{-2}$ ,为全国平均强度的26倍。2000年流域总人口 $4313 \text{ 万人}$ ,人口密度超过全国平均值的6倍,人均耕地面积仅 $0.04 \text{ hm}^2$ ,只及全国平均水平的40%。

### 2.2 研究方法

**2.2.1 数据来源及处理** 采用的数据资料有1985年、1995年和2000年Landsat TM(或ETM<sup>+</sup>)多光谱遥感影像,1:100000地形图及行政区划图,1985~2000年苏沪浙皖地区相关统计资料。运用RS和GIS相结合的技术进行遥感影像预处理、辐射纠正和几何纠正、图像配准。参照全国土地利用分类方法,将景观类型分为农田、林地、草地、水体、建设用地(城乡工矿居民用地)和裸地。在人机交换方式下目视解译,建立土地利用空间数据库和属性数据库,得到1985年、1995年、2000年3期土地利用现状矢量图。经同期土地利用详查

资料和典型区野外实地抽样调查验证,建设用地、水体、水田、林地解译精度在92%以上,裸地、旱地、草地解译精度在85%左右,表明分类结果可信。利用地理信息系统软件ARC/INFO对景观结构动态变化进行数据处理。

**2.2.2 分析方法** 根据地图代数原理,采用地图代数法<sup>[9]</sup>求得由 $k$ 时期到 $k+1$ 时期的土地利用变化图。据此进一步求得反映土地利用类型相互转移定量关系的转移矩阵。在景观空间分析方面,近年来已提出不少指标<sup>[1,2,14,19]</sup>。本文选择斑块面积、斑块密度、边界密度、多样性指数、优势度指数、均匀度指数等景观指数(计算公式见文献<sup>[7,8]</sup>)进行景观格局演变分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用变化

根据原始转移矩阵求出两个时期不同土地利用类型间的相互转化率,得到土地利用转移矩阵(表1)。由表1可知,15年间的土地利用类型变化中,农田被大幅度占用(其中水田减少量最多,占土地利用减少总量的72.83%,旱地占16.81%),然后是建设用地、水体和林地。本区域内土地利用与熟化程度非常高,后备资源很少,裸地的可利用率很低,对区域土地利用贡献率仅占0.21%。15年来建设用地增加了 $1300 \text{ km}^2$ ,约占土地利用总增加量的79.21%;其次是水体增加,占7.72%。从农田的变化来看,主要流向是建设用地、水体与林地。从建设用地占地情况来看,主要来源于水田与旱地,其次是林地与草地。因此,随着经济的发展与人口的增多,工业化与城市化的发展、交通建设用地增加与农业产业结构的调整是农田减少的主要原因。

### 3.2 景观结构演变

由表2可见,在1985~2000年的3个年度内,居优势地位的斑块类型均是农田(60%以上)。根据Forman和Godron<sup>[6]</sup>的景观斑块体-基质-廊道模式与基质判别标准,农田为太湖流域的景观基质,景观格局指数的所有变化均是在此基础上发生的演变。景观斑块数量从总体上表现为1985~1995年迅速减少、1995~2000年快速增加,景观破碎程度呈由降低到增加的趋势。各种景观类型的景观结构指数变化存在明显的差异:农田面积比重逐渐减少,建设用地面积比重逐渐增加。两者的斑块数量先减后增,平均斑块面积持续增加,表现为空间集中化趋势。林地、草地和裸地的平均斑块面积都是1985~1995年增加、1995~2000年减少。水体的面积比重、斑块数量逐渐增加,而平均斑块面积却逐渐降低,表现为破碎化的特征。

表1 太湖流域 1985~2000 年土地利用转移矩阵<sup>\*</sup>Table 1 Land use change matrix from 1985 to 2000 in Lake Taihu Basin (km<sup>2</sup>)

		2000								
		水田 Paddy field	旱地 Dry land	林地 Woodland	草地 Grassland	水体 Water body	建设用地 Built-up area	裸地 Bare land	合计 Total	变化率 Change rate (%)
1985 水田 Paddy field	A <sub>ij</sub>	0	5.83	4.95	0	113.86	1070.68	0	1195.32	72.83
	B <sub>ij</sub>	0	0.49	0.41	0	9.53	89.57	0		
	C <sub>ij</sub>	0	50.74	8.16	0	89.81	82.36	0		
旱地 Dry land	A <sub>ij</sub>	13.31	0	45.16	0.18	2.82	214.36	0.13	275.96	16.81
	B <sub>ij</sub>	4.82	0	16.36	0.07	1.02	77.68	0.05		
	C <sub>ij</sub>	11.87	0	74.47	0.62	2.22	16.49	11.40		
林地 Woodland	A <sub>ij</sub>	0.94	1.64	0	28.84	0.97	9.19	0.50	42.08	2.56
	B <sub>ij</sub>	2.23	3.90	0	68.54	2.31	21.84	1.19		
	C <sub>ij</sub>	0.84	14.27	0	99.35	0.77	0.71	43.86		
草地 Grassland	A <sub>ij</sub>	0	0.19	4.64	0	4.34	3.42	0.12	12.71	0.77
	B <sub>ij</sub>	0	1.49	36.51	0	34.15	26.91	0.94		
	C <sub>ij</sub>	0	1.65	7.65	0	3.42	0.26	10.53		
水体 Water body	A <sub>ij</sub>	44.18	0.67	0.72	0.01	0	2.26	0.39	48.23	2.94
	B <sub>ij</sub>	91.60	1.39	1.49	0.02	0	4.69	0.81		
	C <sub>ij</sub>	39.40	5.83	1.19	0.03	0	0.17	34.21		
建设用地 Built-up area	A <sub>ij</sub>	53.55	3.16	1.98	0	4.79	0	0	63.48	3.87
	B <sub>ij</sub>	84.36	4.98	3.12	0	7.55	0	0		
	C <sub>ij</sub>	47.75	27.50	3.27	0	3.78	0	0		
裸地 Bare land	A <sub>ij</sub>	0.16	0	3.19	0	0	0.09	0	3.44	0.21
	B <sub>ij</sub>	4.65	0	92.73	0	0	2.62	0		
	C <sub>ij</sub>	0.14	0	5.26	0	0	0.01	0		
合计 Total		112.14	11.49	60.64	29.03	126.78	1300	1.14	1641.22	100
变化率 Change rate (%)		6.83	0.70	3.69	1.77	7.72	79.21	0.07	100	

\* 行表示  $k$  时期的  $i$  种土地利用类型 Data in rows denote land use type "i" in time  $k$ , 列表示  $k+1$  时期的  $j$  种土地利用类型 Data in lines denote land use type "j" in time  $k+1$ .  $A_{ij}$ :  $k$  时期的土地利用类型转变为  $k+1$  时期各种类型的面积 The areas that land use in time  $k$  convert to land use in time  $k+1$ ,  $i. e.$ , the original land use change matrix (km<sup>2</sup>);  $B_{ij}$ :  $k$  时期  $i$  种土地利用类型转变为  $k+1$  时期  $j$  种土地利用类型的比例 The percentage that land use type "i" in time  $k$  convert to land use type "j" in time  $k+1$  (%);  $C_{ij}$ :  $k+1$  时期的  $j$  种土地利用中由  $k$  时期的  $i$  种土地利用类型转化的比例 The percentage that land use type "j" in time  $k+1$  convert from land use type "i" in time  $k$  (%). 行、列的合计分别表示  $k$  时期和  $k+1$  时期各种土地利用类型的面积及其占总土地面积的比例 Total in row and line mean the area and percentage of all kinds of land use in time  $k$  and  $k+1$  separately. 变化率表示  $k+1$  时期各种土地利用类型相对于  $k$  时期的变化程度 Change rate means the change degree of land use in time  $k+1$  compared to that in time  $k$ .

表2 太湖流域 1985 年~2000 年景观结构指数

Table 2 Landscape structure indices from 1985 to 2000 in Lake Taihu Basin

年份 Year	结构指数 Landscape structure indices	农田 Farmland	林地 Woodland	草地 Grassland	水体 Water body	建设用地 Built-up area	裸地 Bare land	合计 Total
1985	A	63.82	13.19	0.45	12.80	9.70	0.04	100.00
	B	5338	3122	575	4779	22886	73	36773
	C	441.58	156.08	28.99	98.91	15.66	19.85	100.44
1995	A	60.71	13.26	0.49	12.92	12.59	0.04	100.00
	B	3921	2787	580	4951	20988	58	33285
	C	571.87	175.67	31.08	96.39	22.16	24.37	110.97
2000	A	60.17	13.24	0.50	13.01	13.05	0.03	100.00
	B	3970	2911	594	5122	21715	57	34369
	C	559.79	168.03	30.81	93.82	22.20	21.39	107.47

A: 面积比重 Area percent (%); B: 斑块数量 Patches number; C: 平均斑块面积 Average patch area (hm<sup>2</sup>).

### 3.3 景观异质性变化

图 1 为太湖流域 1985~2000 年景观异质性指数变化. 从整体上看, 斑块密度、多样性指数、均匀度指数呈降低趋势, 边界密度、优势度指数、景观形状指数呈增加趋势, 但各景观组分的异质性指数及其变化过程有较大的差异.

3 个时期的斑块密度分别为 0.996、0.901 和 0.930 个  $\cdot\text{km}^{-2}$ , 从总体上反映了斑块破碎化趋势 (图 1a). 农田、林地、建设用地的变化趋势与总体上

相同, 但草地和裸地的变化不明显, 水体的斑块密度呈增加趋势. 包括居民点、工矿用地和交通用地在内的各类建设用地分布较为分散, 虽然斑块面积小, 但因其数量多, 斑块密度在各时期均最高, 分别为 0.620、0.568 和 0.588 个  $\cdot\text{km}^{-2}$ . 各类农田的面积比重大, 分布相对集中连片, 斑块数量少, 因而斑块密度低于建设用地.

与斑块密度相比, 边界密度的变化较为复杂 (图 1b). 从整体上看, 边界密度在 3 个时期经历了先减

少后增加的过程,且变化幅度不大,分别为 4.408、4.320 和 4.459  $\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$ 。农田与水体的边界密度持续上升,主要原因是部分农田被其它用地(主要是建设用地,表 1)嵌入式的占用,增大了农田斑块边界长度,体现了破碎化特征。由于农业结构的调整,许多地方提水养殖,变水田为养殖鱼塘,以及为防洪、灌溉各类水利设施(水库、导流渠、灌溉渠等)的修建等原因增大了水体的面积,水体斑块的边界密度随之增加。林地、草地、建设用地和裸地的边界密度先减少后增加,但增加的幅度小于减少的幅度。

流域景观多样性指数呈持续下降趋势。由图 1c 可见,除了景观组成比重最小的草地和裸地与总体变化一致外,其它景观组分的多样性指数变化趋势各具特点:景观多样性指数较大的农田与草地呈持续增加趋势,水体为先增加后减少,而建设用地则先减少再增加,表明景观生态系统内部多样化而整体上同化的发展趋势。

由图 1c,d 可以看出,流域景观优势度指数与多样性指数的变化趋势相反。从总体上优势度持续增加,说明在流域景观尺度上,景观越来越受控于少数几个景观类型。在斑块尺度上表现为草地与裸地优

势度增加,农田和林地优势度减小,水体和建设用地的优势度最大。3 个时期水体的优势度分别为 0.940、0.933 和 0.943,建设用地的优势度分别为 0.761、0.892 和 0.887,表明两类景观内部斑块面积差异最为显著。工业化与城市化的快速发展使得建设用地面积在原有的基础上不断扩大,从而增大了建设用地内部斑块面积的差异。

流域内各景观类型的均匀度指数与多样性指数变化趋势具有良好的一致性。各景观类型间的均匀度指数存在很大差异,主要表现为林地 > 农田 > 草地 > 水体 > 建设用地。林地与农田的均匀度指数均在 80% 以上,草地在 70% 以上,而建设用地在 20% ~ 30% (图 1d),充分体现了太湖流域城乡的差异。

景观形状指数的变化对景观生态系统的结构与功能有着重要影响。由图 1e 可以看出,各景观组分的形状指数差别不大。除裸地之外,其它景观类型的形状指数均呈持续增加趋势,说明由于人类活动的影响,部分裸地被林地等其它景观类型代替,其形状变得规则,其它景观类型由于相互转化而使其形状愈加复杂化。

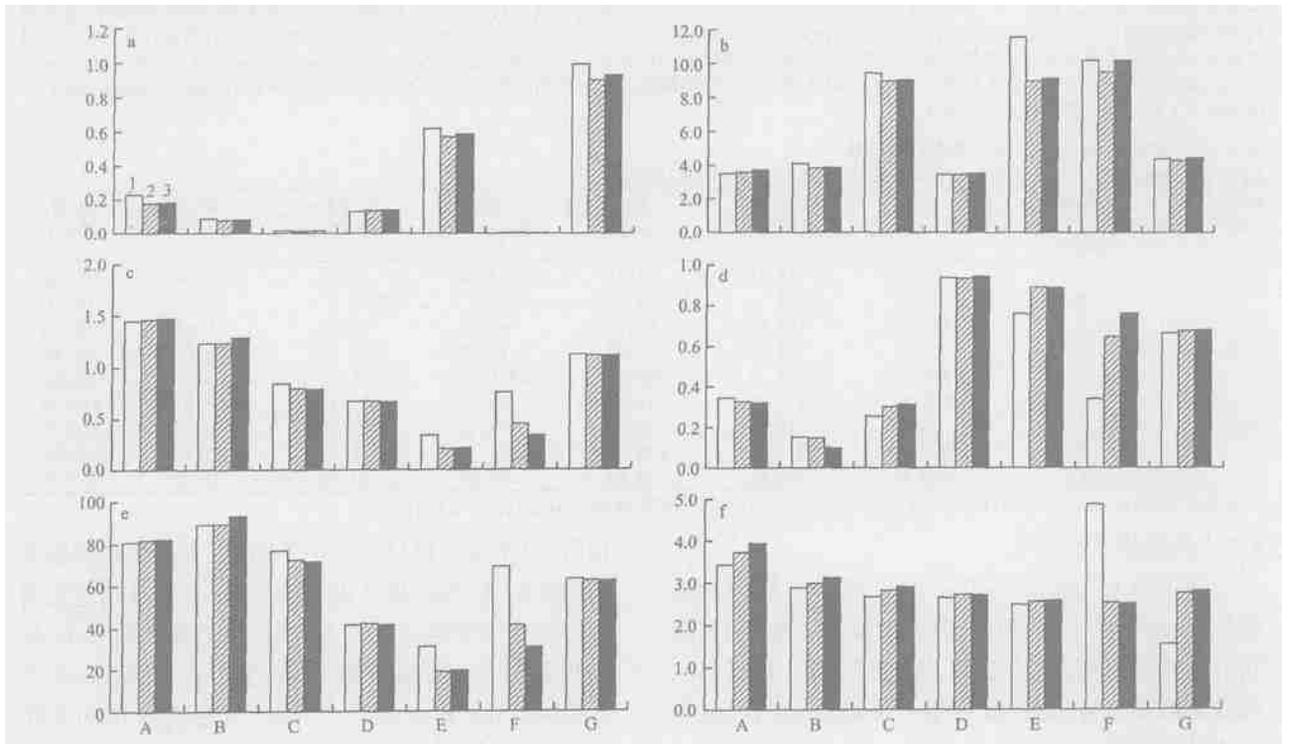


图 1 太湖流域 1985 年~2000 年景观异质性指数变化

Fig. 1 Landscape heterogeneity indices from 1985 to 2000 in Lake Taihu Basin.

1) 1985; 2) 1995; 3) 2000. a) 斑块密度 Patches density ( $\text{ind} \cdot \text{km}^{-2}$ ); b) 边界密度 Edge density; c) 多样性指数 Diversity indices; d) 优势度指数 Dominance indices; e) 均匀度指数 Evenness indices (%); f) 形状指数 Shape indices. A: 农田 Farmland; B: 林地 Woodland; C: 草地 Grassland; D: 水体 Water body; E: 建设用地 Built-up area; F: 裸地 Bare land.

### 3.4 景观格局动态变化驱动机制

**3.4.1 人口增长驱动** 流域人口已由 1985 年的 3 281 万人增加到 2000 年的 4 313 万人. 人口的增长直接导致居民地、交通等各类建设用地斑块面积增加,同时也拉动了农产品的消费需求. 由于太湖流域后备土地资源有限,调整与优化农业结构是提高农产品产量的主要途径. 营造大量人工用材林和经济林、提水养殖、发展农牧渔结合的生态农业等措施,显著改变了林地景观多样性和优势度,水体景观的斑块密度与形状指数,草地景观的斑块面积、多样性和优势度.

**3.4.2 经济发展驱动** 耕地的大量流失是经济快速发展地区面临的一个普遍问题,表明经济是耕地数量变化的最主要驱动力之一<sup>[24]</sup>. 太湖流域景观格局所有变化均是在农田景观基质的基础上发生,农田的退缩是太湖流域景观格局变化最主要的表现. 交通、水利等各类线状基础设施的建设对农田景观的切割,增大了农田景观的边界密度,降低了景观的连通性. 处于工业化过程中的太湖流域,经济发展水平虽位居全国前列,但远未达到经济集约型增长阶段,工矿用地的扩展在农田流失中占绝对比例. 以苏州市为例,15 年间经济持续快速增长的同时,耕地数量随之快速减少,通过 1985~2000 年历年 GDP 与耕地数量变化的相关拟合计算,发现两者存在极显著的对数型负相关关系:

$$Y = -24.374 \ln x + 710.31.$$

式中,  $Y$  为耕地面积 ( $\text{hm}^2$ ),  $x$  为 GDP (万元). 两者相关系数  $R^2 = 0.91$ .

**3.4.3 政策驱动** 近 15 年来,太湖流域以耕地减少为主的土地利用与景观格局变化深受国家宏观政策的影响. 1984 年,国家开放沿海城市的战略和房地产改革方面的政策带动了太湖流域经济的快速增长,乡镇企业发展迅速. 1992 年,国家沿江发展战略的实施,引起太湖流域前所未有的开发区建设热潮. 快速的城市开发和建设改变着太湖流域的土地利用与景观格局,各种经济开发区和房地产开发占用了大量的农田,农田景观面积迅速减少,景观破碎度增大,建设用地平均斑块面积持续增加,体现了蔓延扩张的态势. 从 1996 年开始,由于贯彻耕地总量动态平衡的政策,太湖流域耕地流失问题得到一定的控制或缓解,农田景观的年变化面积由 1985~1995 年的每年  $-114.8 \text{ hm}^2$  变化为 1995~2000 年的每年  $-39.8 \text{ hm}^2$ ,建设用地景观的年变化面积由 1985~1995 年的每年  $106.7 \text{ hm}^2$  变化为 1995~2000 年的

每年  $33.9 \text{ hm}^2$ ,变化速度均明显减缓.

### 3.5 景观动态演变的生态效应

**3.5.1 景观破碎化** 与 1995 年相比,2000 年斑块数量增加了 1 084 个,呈现斑块破碎化趋势. 斑块平均面积减少,斑块破碎化会降低斑块内部生境抵抗外部干扰侵袭的能力;另外,斑块破碎化会使生境斑块之间的隔离度增加,从而不利于物种的扩散.

**3.5.2 边缘效应显著** 斑块碎化导致相邻的生态系统被边缘隔离,暴露在其它生态系统中的边缘比例增加,不同生态系统之间产生边缘效应等. 与 1995 年相比,2000 年斑块总周长增加了  $5.12 \times 10^6 \text{ m}$ ,农田与建设用地分别增加了  $2.65 \times 10^6 \text{ m}$  和  $2.06 \times 10^6 \text{ m}$ . 破碎化使农田与建设用地镶嵌布局不利于农田生态系统的健康发展. 因为农田与城乡聚落、交通工矿等建设用地的生境存在很大的差异,人为因素通过影响农田生态系统中水分、养分、盐分循环与平衡过程,进而影响系统物质能量流动和环境健康(如化肥、农药、“三废”物质的过量累积等),导致农田生态系统正常功能下降(如地下水污染、海水入侵、土壤盐渍化、土地生产力退化等).

**3.5.3 生境质量退化** 水体是流域主要景观类型. 太湖流域水网密布,湖泊、河流、水库、坑塘等类型多样. 1985~2000 年斑块个数增加了 343 个,斑块密度和边界密度也持续增加,景观多样性和均匀度呈现波动递减趋势,说明了水生生态系统的不稳定性. 水体的优势度在各种景观组分中最高,湖泊在水体中起控制作用. 太湖流域湖泊围垦造成湖泊生态环境与生物资源破坏,对湖泊水环境恶化有重要影响,表现为蓝藻水华的频繁暴发,湖泊富营养化呈现迅猛发展趋势. 表明水生生态系统受人类活动干扰的程度逐步增强.

为此,需从景观尺度上调整土地利用方式,以建设与恢复太湖流域景观生态系统. 主要措施是在不同类型景观间建立缓冲区,如农田生态系统、水体与建设用地间的过渡带,以增加景观异质性和生态系统多样性,减缓边缘效应;建立复合农田生态系统,增强抵抗干扰的能力;增加沿河湖水系沿岸的植被覆盖率,达到水土保持、调蓄洪水、净化水质及生物廊道的作用.

## 4 结 论

**4.1 太湖流域 15 年土地利用/覆被变化的过程** 表现为农田持续减少,建设用地、水体、草地持续增加,林地先增加后减少;由于人口增长、经济发展、政策

等因素的驱动,太湖流域15年内景观结构与景观异质性发生了较大变化,主要表现为景观同化、斑块破碎化、斑块形状复杂化等;各景观类型的景观异质性变化差异较大,体现了景观生态系统的复杂性;太湖流域土地利用变化产生了景观破碎化、边缘效应、生境退化等景观生态效应;通过调整景观尺度上的土地利用方式,使太湖流域生态建设及水土资源实现可持续发展。

**4.2 应用遥感与GIS技术,借助景观生态学的研究方法,探讨流域土地利用与景观格局的演变,是区域LUCC过程、格局、机理研究的有效方法.** 本文选择斑块面积、斑块密度、边界密度、多样性指数、优势度指数、均匀度指数等景观指数,揭示了景观尺度与斑块尺度上景观结构与异质性的变化,并探讨了驱动力和景观生态效应,从而有利用于从景观格局的视角掌握LUCC规律性,制定出相关的政策,促进流域水土资源的可持续发展.今后需在此基础上,结合陆地表层生命物质的物理、化学、生物过程,深入探讨土地利用与景观动态演变的区域生态环境效应.本次研究中,对于导致景观结构和异质性变化的驱动因素,尚未找到可行的量化指标,怎样综合评价自然、人为因素导致的景观格局变化,仍需进一步探讨.

#### 参考文献

- Chen L-D(陈利顶),Fu B-J(傅伯杰). 1996. Analysis on the effect of human activities on the landscape structure in Yellow River Delta. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, **16**(4):334~337(in Chinese)
- Chen W-B(陈文波),Xiao D-N(肖笃宁),Li X-Z(李秀珍). 2002. Classification, application, and creation of landscape indices. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, **13**(1):121~125(in Chinese)
- Chen W-B(陈文波),Xiao D-N(肖笃宁),Li X-Z(李秀珍). 2002. The characteristics and contents of landscape spatial analysis. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, **22**(7):1135~1142(in Chinese)
- Ding S-Y(丁圣彦),Qian L-X(钱乐祥),Cao X-X(曹新向), et al. 2003. Forest landscape patterns dynamics of Yihe-Louhe River Basin. *Acta Geogr Sin(地理学报)*, **58**(3):354~362(in Chinese)
- Felix H, Angela L, Eckhard M, et al. 2001. Landscape metrics for assessment of landscape destruction and rehabilitation. *Environ Man*, **27**(1):91~107
- Forman RTT, Godron M. 1986. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley and Sons Ltd. 320~321
- Fu B-J(傅伯杰),Chen L-D(陈利顶),Ma K-M(马克明), et al. 2001. Principles and Application of Landscape Ecology. Beijing: Science Press. 1~14(in Chinese)
- Hargis CD, Bissonette JA, David JL. 1998. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecol*, **13**:167~186
- He C-Y(何春阳),Shi P-J(史培军),Chen J(陈晋), et al. 2001. Study on land use and land cover change in Beijing region. *Geogr Res(地理研究)*, **20**(6):679~687(in Chinese)
- IGBP & HDP. 1995. Land-use and land-cover change: Science/research plan. IGBP Report No. 35 & HDP Report No. 7. Stockholm.
- Jiao Y-M(角媛梅),Xiao D-N(肖笃宁). 2004. Spatial neighboring characteristics among patch types in oasis and its ecological security. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, **15**(1):31~35(in Chinese)
- Jia B-Q(贾宝全),Ci L-J(慈龙骏),Yang X-H(杨晓晖), et al. 2000. Comparison analysis between potential and actual pattern of artificial oases in arid region. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, **11**(6):912~916(in Chinese)
- Liu J-Y(刘纪远). 1996. *The Macro Investigation and Dynamic Research of the Resource and Environment*. Beijing: China Science and Technology Press. (in Chinese)
- Loehle C, Wein G. 1994. Landscape habitat diversity: A multiscale information theory approach. *Ecol Model*, **73**:311~329
- Peterson DL, Parker VT, eds. 1998. *Ecological Scale: Theory and Applications*. New York: Columbia University Press. 429~457
- Poudevigne I, Alard D. 1997. Landscape and agricultural patterns in rural areas: A case study in the Brionne Basin, Normandy, France. *J Environ Man*, **50**:335~349
- Turner MG. 1990. Spatial and temporal analysis of landscape pattern. *Landscape Ecol*, **4**(1):21~31
- Verbrug PH, de Koning GHJ, et al. 1999. A spatial explicit allocation procedure for modeling the pattern of land use change based upon actual land use. *Ecol Model*, **78**(116):45~61
- Wang G-X(王根绪),Cheng G-D(程国栋),Shen Y-P(沈永平). 2002. Dynamic tendency of arid oasis under the influence of water resources decrease — A case study of Ejina oasis in Heihe River Basin. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, **13**(5):564~568(in Chinese)
- Wang X-Y(王晓燕),Xu Z-G(徐志高),Yang M-Y(杨明义), et al. 2004. Analysis of the landscape diversity dynamics of small watershed in the Loess Plateau. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, **15**(2):273~277(in Chinese)
- Wu J-G(邬建国). 2000. *Landscape Ecology: Pattern, Process, Dimension and Scale*. Beijing: Higher Education Press. 189~207(in Chinese)
- Xiao D-N(肖笃宁),Li X-Z(李秀珍). 1997. Progress and prospect of modern landscape ecology. *Geogr Sci(地理科学)*, **17**(5):453~461(in Chinese)
- Yang GJ(杨国靖),Xiao D-N(肖笃宁). 2004. Spatial pattern analysis of forest landscape in low coteau of Middle Qilian Mountains. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, **15**(2):269~272(in Chinese)
- Yang G-S(杨桂山). 2001. The process and driving forces of changes in arable-land area in the Yangtze River Delta during the past 50 years. *J Nat Resour(自然资源学报)*, **16**(2):121~127(in Chinese)
- Yu X-X(于兴修),Yang G-S(杨桂山),Li H-P(李恒鹏). 2003. Land use/cover change of catchment and its landscape ecological effects: A case of Xitaoxi Catchment in Zhejiang Province. *J Nat Resour(自然资源学报)*, **18**(1):13~19(in Chinese)
- Zhang M(张明). 2000. A study on the landscape pattern and differentiation of fragile environment in Yulin Prefecture. *Geogr Res(地理研究)*, **19**(1):30~36(in Chinese)

**作者简介** 万荣荣,女,1977年生,博士生,主要从事自然资源与环境方面的研究,发表论文10余篇。Tel:025-86882072; E-mail:wanyongrong@sohu.com