

DOI: 10.5846/stxb201809302138

胡昕利, 易扬, 康宏樟, 王彬, 史明昌, 刘春江. 近 25 年长江中游地区土地利用时空变化格局与驱动因素. 生态学报, 2019, 39(6): 1877–1886.

Hu X L, Yi Y, Kang H Z, Wang B, Shi M C, Liu C J. Temporal and spatial variations of land use and the driving factors in the middle reaches of the Yangtze River in the past 25 years. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(6): 1877–1886.

近 25 年长江中游地区土地利用时空变化格局与驱动因素

胡昕利¹, 易扬¹, 康宏樟¹, 王彬², 史明昌², 刘春江^{1,3,*}

¹ 上海交通大学农业与生物学院, 上海 200240

² 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083

³ 国家林业和草原局上海城市森林生态系统国家定位观测研究站, 上海 200240

摘要: 长江中游地区(湖北省、湖南省和江西省)位于长江经济带中心,是我国“中三角城市群”所在地,也是国家“两屏三带”生态安全战略的重点区域,其土地利用变化受地理环境制约和社会经济发展的影响,也与未来区域可持续发展密切相关。根据 1990、2000、2010 和 2015 年 Landsat TM 遥感影像数据,采用景观格局分析、梯度分析及相关性分析方法,揭示近 25 年土地利用时空变化格局及其与社会经济因素的关系。研究表明:(1) 研究区耕地与林地为主体景观,分别占 30%、50%,建设用地占比 < 3%,具有重要生态功能的土地利用类型(林地、灌木、水体、草地、果园)占比达 67%。(2) 沿中心城区-边缘区梯度,各土地利用类型表现出明显的空间特征,建设用地和耕地面积占比显著减小,破碎化程度增加,而林地呈整体化趋势。(3) 近 25 年来,该区耕地、林地分别减少 1.06%、0.49%,建设用地增加 1.08%,整体景观破碎化程度加重、景观多样性升高;除林地外,其它地类变化均与社会经济因素(人口、农业人口、非农业人口、GDP、人均 GDP、城市化水平、三大产业产值)显著相关。这些结果表明,与沿海地区相比,近 25 年长江中游地区土地利用变化较小,还有着较好的基于提供生态系统服务的土地利用基础;但生态保护任务仍然艰巨,需划定生态保护红线,保护优质耕地,控制城市扩展规模,加强生态廊道、节点的建设,增强区域景观生态功能,以便满足未来长江经济带可持续发展的需要。

关键词: 城市化; 土地利用; 景观格局; 梯度带; 长江中游地区

Temporal and spatial variations of land use and the driving factors in the middle reaches of the Yangtze River in the past 25 years

HU Xinli¹, YI Yang¹, KANG Hongzhang¹, WANG Bin², SHI Mingchang², LIU Chunjiang^{1,3,*}

¹ School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China

² School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

³ Shanghai Urban Forest Ecosystem Research Station, National Forestry and Grassland Administration, Shanghai 200240, China

Abstract: The middle reaches of the Yangtze River (including Hubei, Hunan, and Jiangxi Provinces) and the “Central Triangle City Group” are located in the center of the Yangtze River Economic Belt and are one of the key national ecological security areas. The land use pattern of this region is not only affected by the local geographical environment and social and economic development but also will be closely associated with the sustainable development of the future social environment. Based on the Landsat TM remote sensing images of 1990, 2000, 2010, and 2015, this study reveals the temporal and spatial patterns of land use change and their relationships with socio-economic factors in the past 25 years by means of

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0505500, 2017YFC0505501)

收稿日期: 2018-09-30; 修订日期: 2019-02-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chjliu@sjtu.edu.cn

landscape pattern analysis , gradient analysis , and correlation analysis. The results showed (1) the cropland and forest land areas were the dominant land types (30% and 50% , respectively) , and the proportion of construction land was <3%. The land use types (forest land , shrub , water body , grassland , and orchard) with important ecological functions accounted for 67%. (2) Along the central city-edge area gradient , each land use type showed obvious spatial characteristics. In particular , the proportions of construction land and cropland areas significantly decreased , the degree of fragmentation increased , while the forest land tended to be integrated. (3) In the past 25 years , cropland and forest land decreased by 1.06% and 0.49% , respectively , and the construction land increased by 1.08%. The degree of regional landscape fragmentation and the landscape diversity increased. Except for forest land , all land use types were significantly related to socio-economic factors (population , urbanization levels , output values of three industry sectors , etc.) . These results suggest that , on the one hand , compared with the coastal city group , land use changes in the middle reaches of the Yangtze River have been relatively small , and there is a good basis of land use types for the provision of ecosystem services. On the other hand , there is a great challenge for ecological protection in this region. The main measures are to delineate the red line of ecological protection , protect high-quality cropland , control the scale of urban expansion , strengthen the construction of ecological corridors and ecological nodes , and enhance the ecological functions of regional landscapes in order to meet the needs of sustainable development of the Yangtze River Economic Belt in the future.

Key Words: urbanization; land use; landscape pattern; gradient zone; middle reaches of the Yangtze River

近 30 年来 ,我国社会经济快速发展 ,城市化水平大幅提高 ,在各个地区引发了不同程度的土地利用变化^[1-2]。同时 ,土地利用变化也强烈影响生态环境 ,为城乡居民提供了新的生活、工作和游憩环境^[2]。因而 ,研究城市化与土地利用变化关系是保护生物学、景观生态学、城乡发展规划、社会环境可持续发展等研究领域的热门课题之一。近年来 ,国内外学者关于土地利用时空变化格局的研究在方法上主要集中在土地利用转移矩阵、动态变化数学模型、景观格局指数、梯度分析等方面^[3-5] ,其成果多集中在景观格局变化^[5]、城市化进程及生态环境效应^[6]、驱动机制^[7-8]和土地利用模型模拟与预测^[9-10]等方面。国内针对土地利用变化格局的研究主要集中在单个城市上^[11] ,研究区域主要集中在东部沿海地区^[12-13] ,对城市群及中西部地区研究较少 ,定量分析土地利用变化的社会经济驱动力的研究相对较少。

长江中游地区(湖北省、湖南省、江西省)是长江经济带开发的核心区域 ,也是国家“两屏三带”生态安全战略的重点区域。该区土地利用变化既受社会经济的影响 ,也受当地地理环境的制约^[14]。因此 ,研究该区城市化对土地利用变化的影响具有重要的生态、经济和社会意义。目前 ,已有的有关长江流域的土地利用变化研究仅涉及到长江三角洲^[15-16]、安庆沿江湿地^[17]等局部地区 ,而长江中游地区的研究尚值得探讨。

本文以长江中游地区湖北省、湖南省、江西省作为研究对象 ,以 1990 年、2000 年、2010 年和 2015 年的四期 Landsat TM 遥感影像为基础数据源 ,采用基于缓冲区的梯度分析与景观格局分析结合的方法分析土地利用变化格局 ,用相关性分析方法探讨其社会经济驱动力。研究主要回答的问题是:(1) 近 25 年城市化进程中 ,研究区土地利用格局如何变化?(2) 基于缓冲区的分析 ,不同土地利用类型是否具有一定的梯度变化特征? 各景观指数在梯度带中如何变化?(3) 影响研究区土地利用时空变化的驱动因素是什么? 通过研究区域土地利用时空变化及其驱动因素 ,可加深认识城市格局与城市化之间的相互关系 ,为优化长江中游地区景观生态格局、提升生态系统服务功能、加强土地资源保护与可持续利用等提供科学依据。

1 研究区概况

长江中游地区包括湖北省、湖南省、江西省 ,三省总面积达 56 万 km² ,该区既有地势平坦的平原 ,也有丘陵和陡峭的山地。在漫长发展过程中 ,该区形成了农林渔业生产传统和灿烂的人文艺术景观 ,对当地土地利用产生了重要影响^[18]。三省省会武汉市、长沙市、南昌市三市呈“△”分布 ,相互间距离不足 300km ,结构较为

紧凑。随着城市化及长江中游地区一体化进程加快, 该区土地利用格局发生了较大变化^[18]。

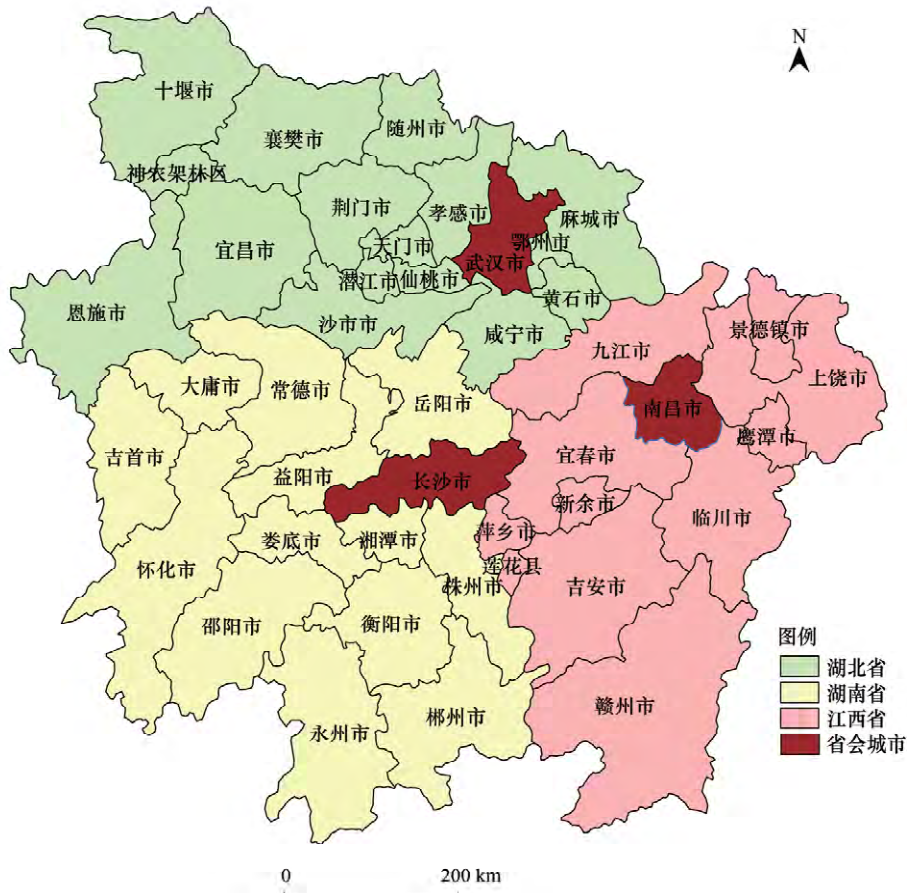


图 1 长江中游湖北省、湖南省和江西省行政区图

Fig.1 Administrative map of Hubei, Hunan and Jiangxi Provinces in the middle reaches of the Yangtze River

2 数据处理与研究方法

2.1 数据处理

本文数据采用长江中游地区 1990 年、2000 年、2010 年和 2015 年 Landsat TM/ETM 解译生成的土地利用/覆被变化(空间分辨率 1km×1km) 数据来自国家地球系统科学数据共享服务平台。结合全国土地覆盖分类体系和研究区特征, 采用 ArcGIS 软件进行重分类, 分为耕地、林地、灌木、果园、草地、水域、建设用地、未利用地 8 种类型。人口、GDP、人均 GDP 和产业结构等社会经济指标来源于《湖北省统计年鉴》、《湖南省统计年鉴》和《江西省统计年鉴》。本文其他数据分析主要采用 ArcGIS 10.2、Fragstats 4.2、Graphpad prism 6.0 和 SPSS 软件。

2.2 研究方法

2.2.1 建立缓冲区梯度带

本研究以长江中游地区三省省会连接成的三角形重心为中心, 建立 100km 间距的缓冲区梯度带, 中心区为包括省会城市武汉、长沙、南昌半径为 250km 的圆, 向外依次建立距中心 350km、450km、550km、650km 的 4 个梯度带(图 2), 并将 5 个梯度带与土地利用类型图(图 3) 叠加, 获得各梯度带内土地利用类型图。

2.2.2 景观格局指数及相关性分析

利用景观格局分析软件 Fragstats 4.2, 计算区域整体景观指数及各梯度带内斑块类型和景观水平上的景观指数, 结合该区经济与产业结构等社会经济因素, 采用相关性分析法探讨其社会经济驱动力。本文选取以

下景观指数:

斑块密度(PD)、最大斑块指数(LPI)、周长面积分维数(PAFRAC)、平均斑块面积(MPS)、蔓延度指数(CONTAG)、香农多样性指数(SHDI)、斑块所占景观面积比例(PLAND)、连接度指数(COHESION)共8个指标^[19]。

3 结果分析

3.1 土地利用时空变化总体特征

1990—2015年期间,长江中游地区土地利用类型面积从大到小排序始终为林地>耕地>灌木>水域>草地>建设用地>果园>未利用地(表1)。就2015年来看,耕地占30.41%、林地占49.82%,两者之和占80%左右,其余土地利用类型较小,因此研究区耕地与林地为主体景观。近25年建设用地、果园、水域面积增加,分别增加1.08%、0.54%、0.36%;耕地、林地、灌木面积则减少,分别减少1.06%、0.49%、0.25%。

近25年,研究区斑块密度、周长面积分维数、香农多样性指数升高,斑块平均面积与蔓延度指数降低,最大斑块指数前10年增加,2000年后降低,整体表明随城市化进程,该区景观整体越来越分散、破碎化程度增加,景观形状更复杂;而最大斑块指数降低0.83,多样性指数升高0.05,表明区内景观异质性加强,景观类型趋于多样化(表2)。

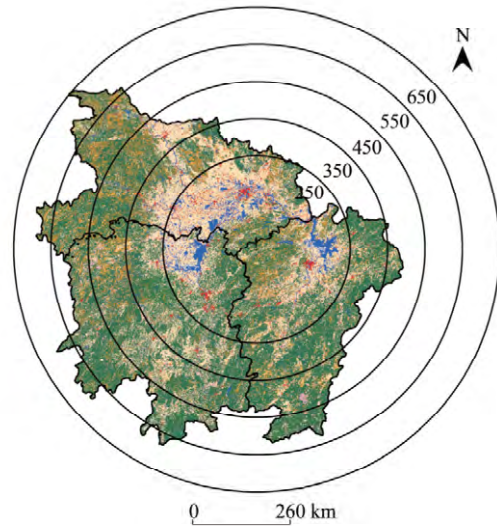


图2 研究区梯度带示意图

Fig.2 Gradient zone diagram in the study area

图中数字表示距中心距离 Number in the figure represented distance from the center/km

表1 1990—2015年研究区土地利用类型面积及其比例

Table 1 Land use type area and area percentage from 1990 to 2015

土地利用类型 Land use	1990年		2000年		2010年		2015年	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
耕地 Cropland	177513	31.47	175989	31.20	173947	30.84	171497	30.41
林地 Forest	283779	50.31	284958	50.52	284246	50.40	280971	49.82
灌木 Shrub	41060	7.28	40458	7.17	39899	7.07	39647	7.03
果园 Orchard	3072	0.54	2909	0.52	3957	0.70	6077	1.08
草地 Grassland	22786	4.04	22403	3.97	21931	3.89	22130	3.92
水域 Water body	23997	4.25	24711	4.38	25811	4.58	26029	4.61
建设用地 Construction land	9762	1.73	10511	1.86	12336	2.19	15865	2.81
未利用地 Unused land	2083	0.37	2085	0.37	1900	0.34	1810	0.32

表2 1990—2015年研究区景观水平景观指数

Table 2 Landscape indices at landscape level from 1990 to 2015

时期 Period	斑块密度 Patch density (patches/100hm ²)	最大斑块指数 Largest patch index/%	周长面积分维数 Perimeter area fractal dimension	斑块平均面积 Mean patch area/km ²	蔓延度指数 Contagion index/%	香农多样性指数 Shannon diversity index
1990	0.0967	44.43	1.6344	10.34	42.95	1.28
2000	0.0973	44.96	1.6363	10.28	42.91	1.28
2010	0.0992	44.75	1.6359	10.08	42.21	1.30
2015	0.1060	44.13	1.6379	9.50	40.66	1.33

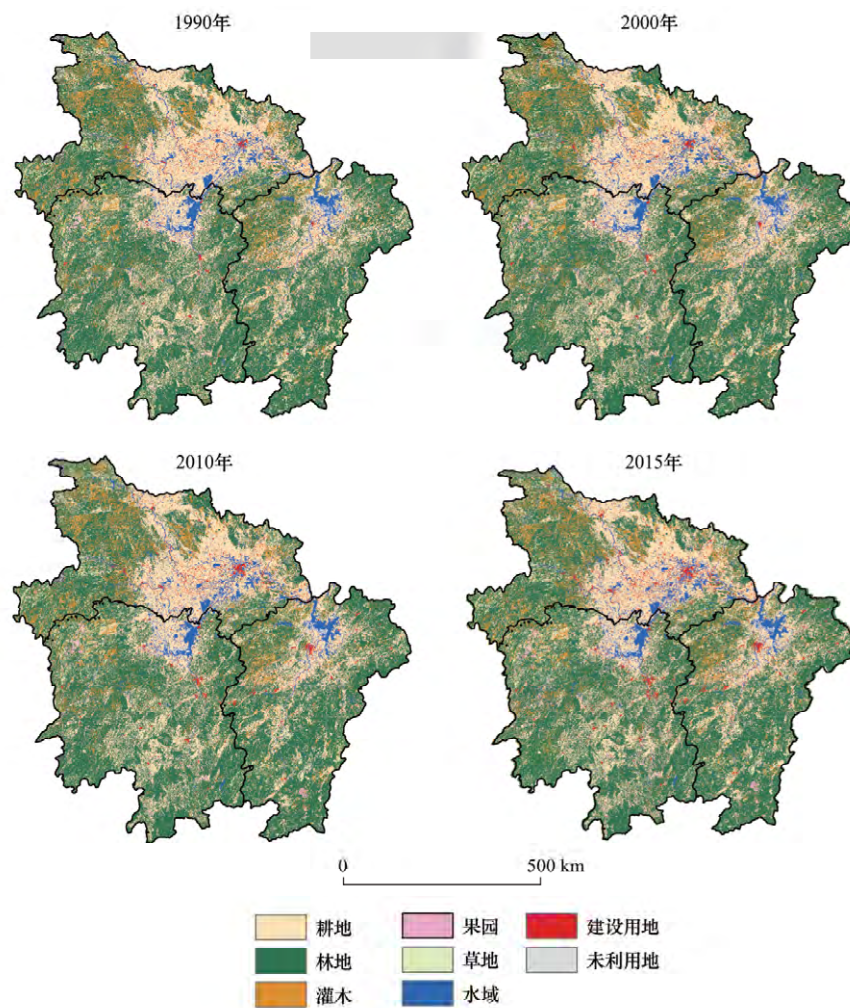


图3 1990—2015年研究区土地利用类型

Fig.3 Land use types from 1990 to 2015 in the study area

3.2 缓冲区类型水平上指数梯度变化

研究区主体景观为耕地与林地,同时建设用地是城市化进程中变化较显著的土地类型,所以本文重点讨论这三类土地类型的梯度变化。

3.2.1 建设用地景观格局梯度动态

近 25 年建设用地面积占比、斑块密度、景观连接度不断升高,2010—2015 年升幅较大,表明建设用地随城市化进程加快持续增加,人为干扰程度在 2010—2015 年较为严重,斑块逐渐向大面积发展(图 4)。在距中心梯度带上,建设用地面积占比、斑块密度、最大斑块指数、周长面积分维数、景观连接度与斑块平均面积均呈降低趋势,250—350km 梯度带降幅明显。2015 年从第一梯度带到边缘梯度带其景观连接度由 63% 下降到 18% 降低了 71%;面积占比由 5.08% 下降到 0.50% 降低了 90%,且下降速率越来越慢,表明其向外扩张的趋势。总体来看,离中心距离增大,建设用地面积占比减小,其斑块数目减少、密度减小且形状趋于简单规则,破碎化程度增加。

3.2.2 耕地景观格局梯度动态

近 25 年耕地景观指数变幅不大。在距中心梯度带上,耕地面积占比、最大斑块指数、景观连接度与斑块平均面积均降低,斑块密度、周长面积分维数升高(图 4)。2015 年耕地斑块平均面积从第一梯度带到边缘

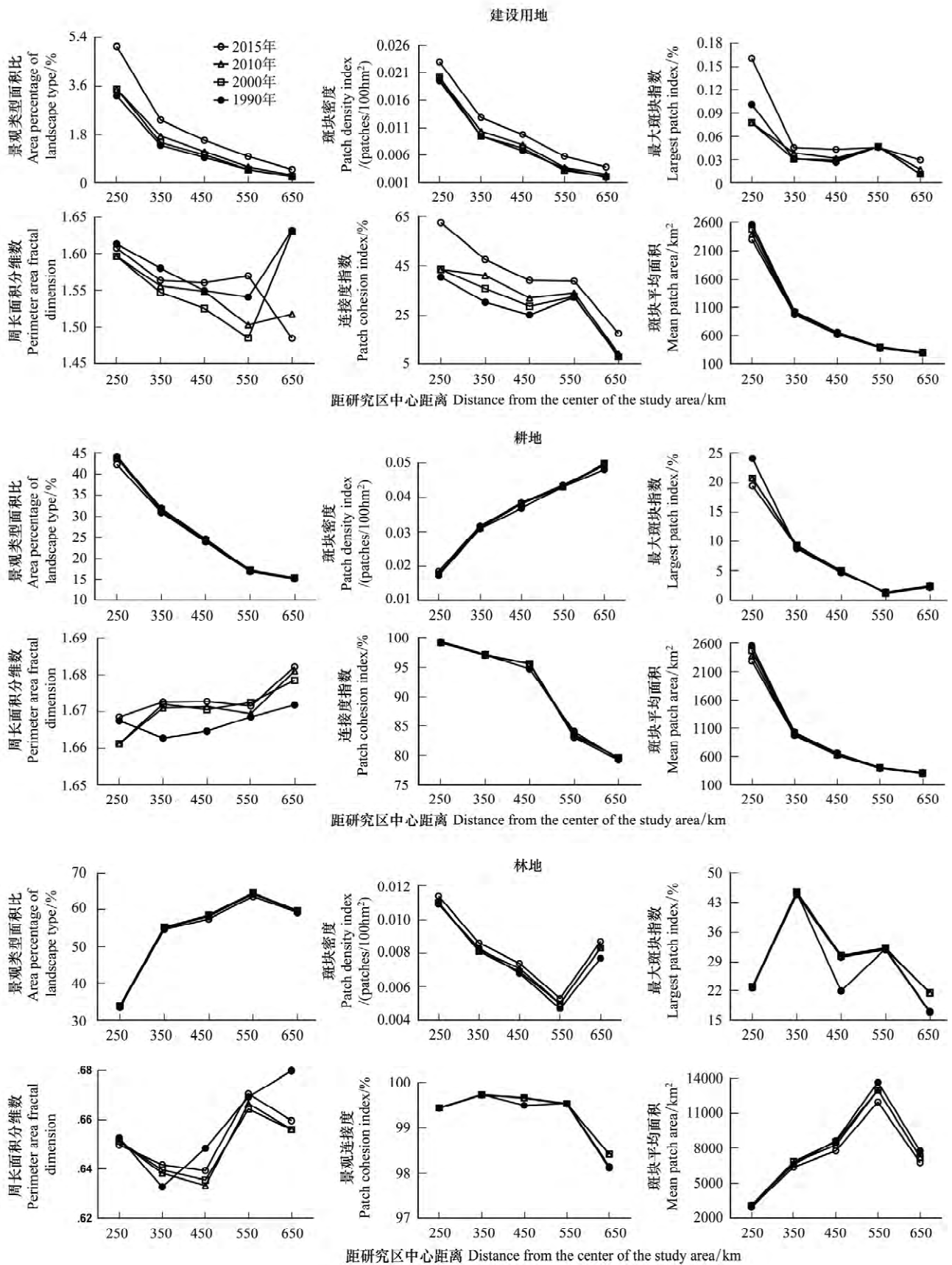


图4 梯度带景观类型水平指数变化

Fig.4 Variations in landscape indices along gradient zones at class level

梯度带由 2288km² 下降到 304km² 降低了 87%。在 250—350km 梯度带上耕地最大斑块指数与斑块平均面积降幅最大,表明近中心区耕地受到的人为干扰较大。整体表明,耕地随梯度带破碎化及形状复杂化程度均加剧。

3.2.3 林地景观格局梯度动态

近 25 年林地景观指数变幅不大,2015 年林地斑块密度最大,表明这一时期林地破碎化最严重。在距中心梯度带上,林地面积占比、斑块平均面积升高,斑块密度下降,景观连接度保持较高比例,变幅小(图 4)。2015 年林地景观面积比从第一梯度带到边缘梯度带由 34% 上升到 60%,上升了 76%。总体来看,最大斑块指数与周长面积分维数的梯度性不明显,林地随梯度带面积占比增加,破碎化程度降低、形状趋于简单规则。在 550—650km 边缘梯度带上受面积较小、丰富度较低等影响,景观指数的变幅较大。

3.3 景观水平指数梯度变化

在景观水平上,斑块密度、周长面积分维数随梯度带递增,斑块平均面积减小(图 5),中心区附近土地类型主要为耕地与林地,单个斑块面积较大;随梯度带递增,灌木、果园和草地等斑块增多、面积比例上升,单位面积斑块数目增多,形状不规则化程度增加。林地作为优势土地类型,面积占比最大,因此景观水平上的最大斑块指数与蔓延度指数在梯度带上变化趋势与林地相似。距中心 350km 以内,城市扩张使香农多样性指数减小,而距中心 350km 以外,多样性反而增加,450—550km 梯度带以林地为主,多样性降低。总体变化为距中心 350km 梯度带内,斑块团聚程度高、景观异质性降低,350—650km 梯度带斑块趋于破碎化。

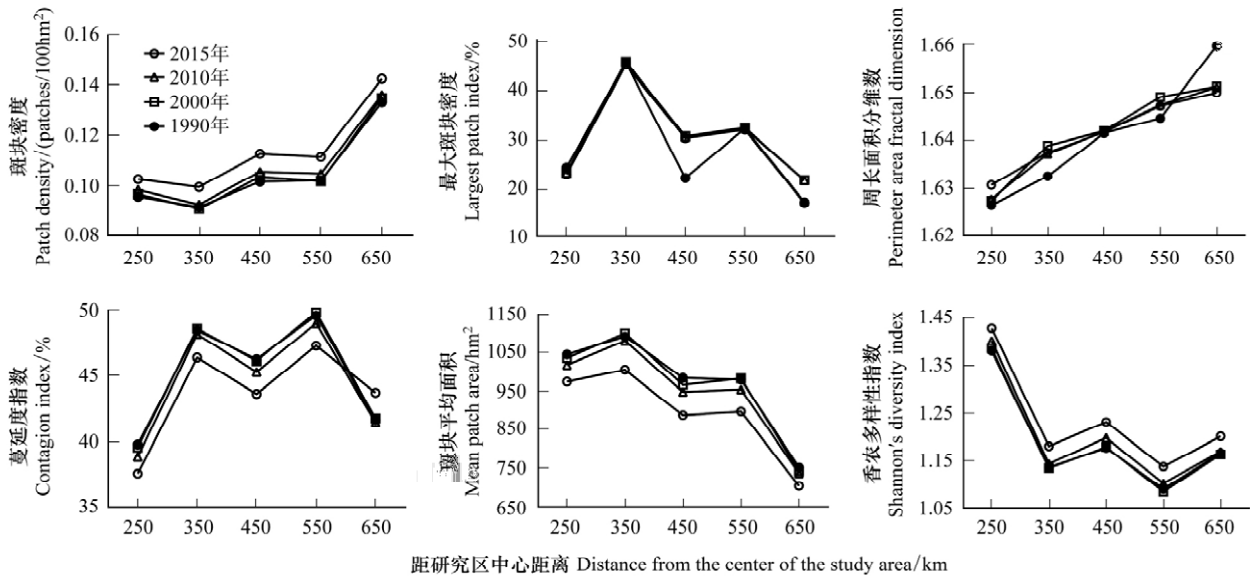


图 5 梯度带景观水平指数变化
Fig.5 Variations in landscape indices along gradient zones at landscape level

3.4 土地利用变化与社会经济因素的关系

1990—2015 年,长江中游地区的 GDP、人均 GDP、第一、二、三产业等不断发展(图 6),增幅分别达 36.03 倍、30.45 倍、8.28 倍、25.72 倍和 39.5 倍,研究区城市化水平从 21.19% 上升到 51.43%,增幅达 1.43 倍,非农业人口迅速增加,农村劳动力大量迁移到城市,社会经济得以迅速发展。

在各种土地类型中,耕地面积与农业人口呈正相关,与非农业人口、城市化水平、三大产业产值和 GDP 均呈负相关;而建设用地与农业人口呈负相关,与 GDP 和三大产业产值呈正相关,与第三产业显著正相关($p < 0.01$);灌木与农业人口呈正相关,与第一产业产值和城市化水平呈负相关(表 4)。长江中游地区经济和产业发展与果园、建设用地显著正相关,而与耕地和未利用地显著负相关。1990—2015 年间,非农业人口和城市化水平对研究区土地利用影响趋势同步,与耕地、灌木呈显著负相关(表 4)。

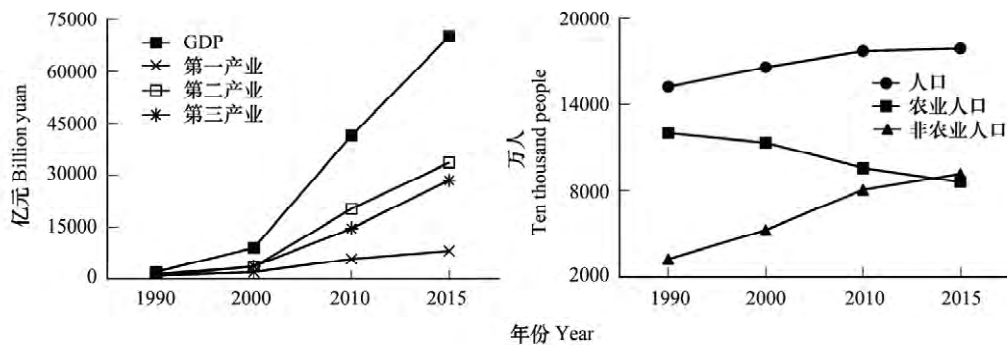


图6 研究区人口和社会经济指标

Fig.6 The population and the social economic indicators of the study area

表4 长江中游地区社会经济驱动因子与土地利用类型相关系数

Table 4 Correlation coefficient between social economic driving factors and land use types in the study area

类型 Land use types	人口 Population	农业人口 Agricultural population	非农业人口 Non- agricultural population	地区生 产总值 GDP	人均 GDP Per capita GDP	第一产业 primary industry	第二产业 Secondary industry	第三产业 Tertiary industry	城市化水平 Urbanization level
耕地	-0.923	0.987*	-0.974*	-0.988*	-0.989*	-0.988*	-0.983*	-0.987*	-0.974*
林地	-0.435	0.696	-0.590	-0.797	-0.793	-0.735	-0.800	-0.837	-0.589
灌木	-0.992**	0.972*	-0.996**	-0.933	-0.935	-0.958*	-0.925	-0.914	-0.997**
果园	0.727	-0.905	0.839	0.959*	0.957*	0.927	0.958*	0.977*	0.838
草地	-0.960*	0.857	-0.916	-0.769	-0.773	-0.827	-0.766	-0.720	-0.915
水域	0.986*	-0.980*	0.997**	0.938	0.940	0.966*	0.934	0.911	0.996**
建设用地	0.829	-0.953*	0.912	0.984*	0.983*	0.965*	0.980*	0.996**	0.912
未利用地	-0.868	0.983*	-0.945	-0.989*	-0.989*	-0.990**	-0.993**	-0.976*	-0.943

* 表示在 0.05 水平上显著相关; ** 表示在 0.01 水平上显著相关

4 讨论

4.1 近 25 年长江中游地区土地利用时空变化及驱动因素

社会经济发展、城市化水平和地理条件是影响区域土地利用格局和变化速度的重要因子^[20-21]。本研究揭示了长江中游地区近 25 年土地利用时空变化格局及其驱动因素。根据研究结果,1990-2015 年期间,该区建设用地、果园分别增加 1.08%、0.54%;耕地、林地分别减少 1.06%、0.49%(表 1)。与我国沿海地区城市群相比,长江中游地区土地利用变化较小。例如,长三角近 10 年建设用地增加 8.68%,耕地减少 8.34%^[22];珠三角近 16 年建设用地增加 9.98%,耕地、林地分别减少 7.12%、2.26%^[12]。长江中游地区土地利用变化与其社会经济水平、地理条件和国家发展政策相一致,其原因有三个方面。

第一,在社会经济层面,城市化是土地利用格局变化的重要驱动力。处于沿海的长三角和珠三角对外开放较早,经济发展较快,建设用地需求强烈,导致耕地面积更快速降低^[12-23]。统计显示,上海、北京的开发强度达 36.5%、48%;而伦敦、东京的开发强度仅为 23.7%、29.4%^[23]。地处我国中西部的长江中游地区,经济发展相对较慢,城市人口增长也较慢,对耕地、林地影响较小。2016 年开始,长江经济带开发作为国家战略开始实施^[24],经济发展将会增速,因此研究区土地利用变化应吸取其它地区发展经验和教训,以便满足社会经济和环境的可持续发展。

第二,在自然环境层面,地理环境对土地利用变化具有制约性。长三角和珠三角地区多为江河入海口形成的三角洲和冲积平原,缺乏山地自然屏障对土地的开发限制,会助长土地无序利用,而长江中游地区三省山地丘陵面积约为 50%^[25],即使在武汉-长沙-南昌的中三角地带仍有大量山地分布,对城市化扩张有一定的制

约作用。但是,近25年随城市化进程,该区景观破碎化程度加重、所受干扰较大,斑块形状复杂程度持续增加,即使在边缘区也有这种趋势,对维持其生态系统功能造成不利影响。

第三,在国家发展战略层面,土地利用也受到政策的重要影响。长江中游地区是两屏三带、长江防护林带、退耕还林工程的中心区域,我国近年来生态工程的实施与保护政策的颁布为该区景观生态保护提供了有利条件,同时也影响了土地利用格局^[25]。近25年林地仍是研究区优势土地类型,区域仍保持较高的自然生态系统比例,为基于生态保护的发展提供了后发优势的基础。然而由于人类活动强度大,该区耕地、林地减少,景观破碎化程度依旧增加,因此该区要做好基本农田的保护及城市扩展规模的控制工作,加强对自然生态系统连接性的维护^[25]。

4.2 长江中游地区沿中心-边缘梯度景观格局变化特征及影响因素

结果显示,在中心城区-边缘区梯度上,土地利用变化格局有两个明显特点,一是显著变化的土地类型为建设用地、耕地和林地,后者与前两类的变化格局相反。建设用地与耕地景观指数变化相似均随梯度带破碎化程度加重,林地则破碎化程度减小(图4)。二是总体景观水平梯度变化表现为中心景观集聚,而边缘区破碎化程度高。研究结果与一般的城乡梯度景观格局的研究结果相同,即中心区经济产业水平高、建设用地集聚,边缘区建设用地趋于破碎化^[26]。相对于中心城市的平原地区,在边缘区山地地形多变,土地斑块复杂多样,因此边缘区耕地趋于破碎化。相反,林地在中心区破碎化程度高,由于边缘地区人类干扰较少,多为偏远山地,林地多呈集中连片的大面积分布,破碎化程度较低。

随城市化进程,建设用地以圈层式空间形态向外扩张,城市设施逐步取代耕地、林地等,因此中心区集聚效应明显、景观异质性降低。同时,人类活动强度的加大对边缘区的景观生态格局造成影响,边缘区景观破碎化程度加大。随着长江中游城市群发展规划的批复,区域经济进入高速增长阶段,资源整合与中心区一体化趋势更加明显,会使原有的中心城区-边缘区梯度格局更加强烈^[27-28]。

4.3 基于长江中游地区土地利用变化的生态问题及生态发展对策

作为长江经济带开发的中心地区,近来长江中游地区面临着经济的快速发展和城市化水平的不断提高,有可能对现有土地利用格局造成强烈冲击,这种情形已在长三角和珠三角地区发生过^[29]。为避免土地利用混乱,造成严重生态环境问题,影响可持续发展,需采取如下对策:

第一,各级政府要严格执行《长江经济带生态环境保护规划》^[24],划定生态红线,形成严格制度,由环保部门监督执行。在快速城市化进程中,受冲击最大的是农田和林地^[23],因此要特别加大耕地、林地的保护力度。

第二,相较于我国东部沿海地区(长三角、珠三角等),长江中游地区山区河流和山地丘陵较多,未来城市、高速公路和铁路、水坝等工程建设,会隔断生态廊道并造成野生动物栖息地的破碎化,形成更多生物多样性保护问题^[30]。在未来规划建设中,有关部门应提前做出预判,采取新技术和方法,降低并避免生物多样性和生态系统服务损失^[24]。同时,针对该区破碎化程度加大和连通性不佳的问题,应以自然生态斑块的空间连接和多种生态服务功能的集聚为手段,选择景观生态功能较高、位于研究区中北部的流域和规模较大的林地核心斑块作为基础,依此建设和完善生态廊道、生态节点,促进区域资源合理配置及整个生态系统物质转化和能量流通^[15]。除区域间的协调外,还需考虑到城乡协调。边缘区建设用地破碎易产生资源重复配置、面源污染等负面影响,应对边缘区居民点进行集约化管理;边缘区耕地破碎,也应开展集约化农业生产。

第三,长江中游地区是三峡大坝所在地,需要功能强大的水源涵养林生态系统^[31]。根据研究结果显示的林地景观格局,应该在保护现有森林资源的基础上,巩固和扩大退耕还林、封山育林成果^[32],提高森林连接度,加强低效林改造,保护林地生态系统物种多样性,提高林地的生态系统服务功能。

5 结论

(1) 近25年研究区建设用地面积增加,耕地和林地面积减少;景观破碎化程度加重,斑块形状复杂程度

增加。景观指数的梯度效应明显,建设用地与耕地沿梯度带趋于破碎化,林地则破碎化降低。

(2) 城市化是土地利用格局变化的主要驱动因素。长江中游地区一体化方向发展是形成中心区集聚效应明显、边缘区破碎化程度较高此格局的影响因素。

(3) 耕地、林地的保护和城市扩展规模的控制将是未来区域景观可持续管理的主要任务。以水域和林地为基础,加强生态廊道、节点的建设,是巩固和增强区域景观生态功能的有效途径。同时区域应对边缘区居民点集约化管理,开展农业集约化生产,加强维护林地的自然连接性,提高林地的生态系统服务功能。

参考文献(References):

- [1] Siciliano G. Urbanization strategies, rural development and land use changes in China: a multiple-level integrated assessment. *Land Use Policy*, 2012, 29(1): 165-178.
- [2] Foley J A, Defries R, Asner G P, Barford C, Bonan G, Carpenter S R, Chapin F S, Coe M T, Daily G C, Gibbs H K, Helkowski J H, Holloway T, Howard E A, Kucharik C J, Monfreda C, Patz J A, Prentice I C, Ramankutty N, Snyder P K. Global consequences of land use. *Science*, 2005, 309(5734): 570-574.
- [3] Antrop M. Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 2004, 67(1/4): 9-26.
- [4] Wu J G, Jenerette G D, Buyantuyev A, Redman C L. Quantifying spatiotemporal patterns of urbanization: the case of the two fastest growing metropolitan regions in the United States. *Ecological Complexity*, 2011, 8(1): 1-8.
- [5] 何春阳, 史培军. 景观城市化与土地系统模拟. 北京: 科学出版社, 2009.
- [6] 邱彭华, 徐颂军, 谢跟踪, 唐本安, 毕华, 余龙师. 基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析. *生态学报*, 2007, 27(4): 1257-1264.
- [7] Garbarino M, Lingua E, Weisberg P J, Bottero A, Melon F, Motta R. Land-use history and topographic gradients as driving factors of subalpine *Larix decidua* forests. *Landscape Ecology*, 2013, 28(5): 805-817.
- [8] Ojeda-Revah L, Bocco G, Ezcurra E, Espejel I. Land-cover/use transitions in the binational Tijuana River watershed during a period of rapid industrialization. *Applied Vegetation Science*, 2008, 11(1): 107-116.
- [9] 黄超. 基于 CA-Markov 模型的福州市景观格局动态模拟研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.
- [10] Stéphenne N, Lambin E F. A dynamic simulation model of land-use changes in Sudano-sahelian countries of Africa (SALU). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2001, 85(1/3): 145-161.
- [11] 张荣天, 张小林, 李传武. 镇江市土地利用景观格局分析. *经济地理*, 2012, 32(9): 132-137.
- [12] 叶长盛, 王枫. 珠江三角洲地区土地利用和景观格局变化研究. *水土保持通报*, 2012, 32(1): 238-243.
- [13] 孙晓宇, 苏奋振, 吕婷婷, 高义. 珠江口西岸土地利用景观格局变化及驱动力分析. *地球信息科学学报*, 2009, 11(4): 436-441.
- [14] Iverson L R. Land-use changes in Illinois, USA: the influence of landscape attributes on current and historic land use. *Landscape Ecology*, 1988, 2(1): 45-61.
- [15] 曹兆宣. 长江三角洲地区景观格局分析及其应用研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008.
- [16] 全泉, 田光进, 王健. 长江三角洲四城市城镇化过程景观动态变化格局比较. *生态学杂志*, 2009, 28(4): 721-727.
- [17] 余瑞林, 周葆华, 刘承良. 安庆沿江湿地景观格局变化及其驱动力. *长江流域资源与环境*, 2009, 18(6): 522-527.
- [18] 夏世茂, 韩冰华, 郝汉舟, 罗育池, 程鑫. 长江中游地区土地利用格局与驱动力研究. *绿色科技*, 2009, (12): 5-8.
- [19] O'neill R V, Krummel J R, Gardner R H, Sugihara G, Jackson B, DeAngelis D L, Milne B T, Turner M G, Zygmunt B, Christensen S W, Dale V H, Graham R L. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1988, 1(3): 153-162.
- [20] Hrelja A. Business and urban development typologies in strategic land use planning and economic development. *Australian Planner*, 2008, 45(1): 6-7.
- [21] World Bank. China Land Policy Reform for Sustainable Economic and Social Development: An Integrated Framework for Action. Washington: World Bank, 2005.
- [22] 徐娜. 长江三角洲 2000-2010 年土地利用空间格局研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2014.
- [23] 赵亚莉, 刘友兆, 龙开胜. 长三角地区城市土地开发强度特征及影响因素分析. *长江流域资源与环境*, 2012, 21(12): 1480-1485.
- [24] 杜雯翠, 江河. 《长江经济带生态环境保护规划》内涵与实质分析. *环境保护*, 2017, 45(17): 51-56.
- [25] 孔令桥, 张路, 郑华, 徐卫华, 肖焱, 欧阳志云. 长江流域生态系统格局演变及驱动力. *生态学报*, 2018, 38(3): 741-749.
- [26] 李俊祥, 王玉洁, 沈晓虹, 宋永昌. 上海市城乡梯度景观格局分析. *生态学报*, 2004, 24(9): 1973-1980.
- [27] 何胜, 唐承丽, 周国华. 长江中游城市群空间相互作用研究. *经济地理*, 2014, 34(4): 46-53.
- [28] 周泓, 刘洋, 张雪瑶, 吕国琴, 郭丽萍, 蒋朋, 王春平. 生态优先推动长江经济带绿色发展——《长江经济带发展规划纲要》初步解读. *环境与可持续发展*, 2016, 41(6): 191-192.
- [29] 顾莉, 李国卿. 长江三角洲生态系统的近代演化特征及其生态与环境问题分析. *江苏环境科技*, 2006, 19(6): 9-12.
- [30] 李俊生, 高吉喜, 张晓岚, 郑筱梅. 城市化对生物多样性的影响研究综述. *生态学杂志*, 2005, 24(8): 953-957.
- [31] 熊冬连, 朱功良, 周必成, 黎曙光, 陈代雄. 三峡库区马褂木水源涵养林复合经营模式研究. *湖北林业科技*, 2013, 42(5): 30-32.
- [32] 师贺雄, 王兵, 牛香. 长江、黄河中上游省份退耕还林工程生态系统服务. *生态学杂志*, 2016, 35(11): 2903-2911.