

1995—2015 年上海市土地利用及其景观格局变化

范丽娟, 田广星

(宁夏大学 资源环境学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: [目的] 揭示快速城市化过程中城市景观生态变化的时空规律, 为当地编制土地利用规划提供科学依据。[方法] 基于 5 期遥感影像数据, 借助 GIS 技术与 Fragstats 等软件, 分析 1995—2015 年上海市土地利用及其景观格局的动态变化情况。[结果] 1995—2015 年上海市耕地、草地以及水域呈减少趋势, 林地呈现先减少后增加的趋势, 城乡、工矿和居民用地呈现不断增加的趋势; 耕地的动态度明显, 而草地的土地利用动态程度最弱, 单一土地利用类型的动态度在 2000—2005 年多发生剧变, 综合土地利用动态度呈现先增加后减少再增加的年际波动规律; 土地利用类型转化主要发生在耕地和城乡、工矿和居民用地、耕地和林地之间的相互转化, 以耕地的转出和城乡、工矿和居民用地的转入为主要特征; 上海市景观格局在时间上表现为斑块数目不断增多, 景观破碎度呈现越来越高的主要特征; 在空间上表现为景观多样性指数从中部高、四周低的趋势逐渐转化为中西部、北部部分高的趋势。[结论] 城市在未来发展过程中要进一步提升用地潜力, 提高土地集约利用度, 保护并且增加生态服务功能性用地。

关键词: 土地利用; 景观格局; 动态变化; 上海市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)01-0287-06

中图分类号: U412.1⁺4, P901

文献参数: 范丽娟, 田广星. 1995—2015 年上海市土地利用及其景观格局变化[J]. 水土保持通报, 2018, 38(1):287-292. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.01.050. Fan Lijuan, Tian Guangxing. Land use and landscape pattern dynamics of Shanghai City during 1995—2015[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(1):287-292.

Land Use and Landscape Pattern Dynamics of Shanghai City During 1995—2015

FAN Lijuan, TIAN Guangxing

(School of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: [Objective] The objective of this study is to reveal the temporal-spatial variation of urban landscape during rapid urbanization in order to provide scientific basis for local land use planning. [Methods] Based on 5 phase remote sensing image data, using GIS technology and Fragstats software, the dynamic changes of land use and landscape pattern in Shanghai City was analyzed. [Results] From 1995 to 2015, the area of cultivated land, grassland and waters decreased, the area of woodland decreased firstly and then increased, and the area of urban and rural, industrial and residential land showed an increasing trend. The variation of cultivated land was the most while the variation of grassland was the least. Single land use type changed dramatically from 2000 to 2005. Comprehensive land use type increased initially decreased lately and then increased. The conversion of land use types mainly occurred between cultivated land and urban, industrial and residential land. The conversion between farmland and wood land was mainly characterized by the decrease of cultivated land and the increase of urban, industrial and residential land. The number of patches and landscape fragmentation increased continuously was the main feature in Shanghai City. Landscape diversity transformed from high in the middle into the high in midwest and northern part of the city. [Conclusion] The potential of the land use should further be enhanced in future development of city, improve intensive land use, and protect the ecological service land.

Keywords: land use; landscape pattern; dynamic; Shanghai City

收稿日期: 2017-07-10

修回日期: 2017-09-04

资助项目: 国家自然科学基金项目“宁夏沿黄城市带土地节约与集约利用评价和模式研究”(71163036); 宁夏自然科学基金项目“低碳发展目标下的宁夏沿黄城市带空间整合优化研究”(NZ14031)

第一作者: 范丽娟(1994—), 女(汉族), 甘肃省庆阳市人, 硕士研究生, 研究方向为城乡规划与土地资源管理。E-mail: 919852349@qq.com。

通讯作者: 田广星(1972—), 男(汉族), 宁夏回族自治区盐池县人, 硕士, 教授, 研究生导师, 主要从事土地利用规划和房地产经营管理的教学与科研工作。E-mail: gxtian77@126.com。

土地利用作为人类利用土地各种社会经济活动的综合反映,始终贯穿于人类生存与发展的整个进程中,是人类社会与大自然相互影响和相互作用的产物。近年来,随着人口增长、经济发展和城市化进程的不断加快,人类活动对于地球表面的作用不断增强,城市的土地利用景观格局将受到一系列的干扰,由此引发的大气污染和水污染、水土流失、土地退化、土地荒漠化等诸多问题日益凸显,有关全球环境变化的研究相继开展。土地利用/覆被变化(land use and land cover change)简称 LUCC,作为自然环境和人类活动共同作用下最重要的表现形式之一,包括地表植被、土壤、冰川、湖泊、沼泽湿地及各种建筑物,具有特定的时间和空间的属性,其越来越被认为是全球环境变化研究的热点和核心问题^[1]。从土地利用景观格局的研究尺度上来看,越来越多的学者侧重于对典型区域^[2-3]、城市^[4-5]、流域^[6-7]等的研究;从研究内容来看,侧重于研究景观格局的时空变化及其驱动力因素^[8-9]、景观格局的变化规律与尺度效应^[10]、景观空间格局的粒度效应^[11-12]、土地利用景观格局的稳定性评价^[13-14]、土地利用景观格局的演化过程及特征^[15-16]等;从研究方法上来看,主要有空间分析方法^[17]、土地利用综合动态度^[18]、马尔科夫转移矩阵^[19]、景观格局指数等^[20]方法。

深入开展土地利用及其景观格局的动态变化研究,揭示区域土地利用及其景观格局变化的客观规律和变化机制,对于维持和改善区域生态动态平衡,实现土地资源可持续开发和利用具有重要的意义。鉴于此,本研究拟依靠大量数据,借助遥感和地理信息系统手段,采用土地利用动态度模型、土地利用转移矩阵和移动窗口景观指数等方法深入分析 1995—2015 年上海市土地利用景观格局的动态变化,以期揭示快速城市化过程中该地区景观生态变化的时空变化规律,为当地编制土地利用规划提供科学依据。

1 研究区域及研究方法

1.1 研究区域概况

上海市(30°40′—31°53′N, 120°51′—122°12′E)位于中国南北海岸的中心,长江三角洲的前缘,东濒东海,南临杭州湾,西接江苏、浙江两省,北接长江入海口,长江与东海在此连接,交通便利,腹地广阔,现辖 16 个区、1 个县。该区域除西南部的少数丘陵山脉以外,整体地势为开阔的平原,平均海拔高度约 4 m,地形由东向西略微倾斜,相对高差不大;上海市属于亚热带季风性气候,气候温和湿润,四季分明,降水充沛,年均气温 17.6℃,降水量 1 173.4 mm。截

止 2015 年底,全市总面积 6 340.5 km²,其中陆地面积约 6 218.65 km²,水域面积约 121.85 km²;全市常住人口总数为 2 415.27 万人,其中,户籍常住人口 1 433.62 万人,外来常住人口 981.65 万人;地区生产总值 24 964.99 亿元,比 2014 年增长 6.9%,其中,第一产业增加值 109.78 亿元,下降 13.2%;第二产业增加值 7 940.69 亿元,增长 1.2%;第三产业增加值 16 914.52 亿元,增长 10.6%;人均生产总值为 10.31 万元。上海市作为中国最大的经济中心之一,也是著名的港口城市,在中国的经济发展中具有举足轻重的作用,随着工业化、城市化水平的提高,人类活动对于土地利用景观格局的影响越来越大,从而对于全球变化的影响也较为显著,因此,研究该地区土地利用景观格局的时空变化特征,对城市建设具有重要的理论意义和现实指导。

1.2 数据获取及预处理

本研究采用 1995, 2000, 2005, 2010 年的 Landsat TM 影像和 2015 年的 Landsat OLI 影像数据为基础数据源,以上海市为研究区,在对土地利用类型进行划分时,依据《土地利用现状分类》国家标准(GB/T 21010-2007),结合上海市土地利用现状特征,将研究区的土地利用类型划分为 5 大类,分别为耕地、林地、草地、水域、建设用地(城乡用地、工矿用地和居民用地)等。按照上述分类系统运用 ERDAS 2010 进行土地利用一级类型的监督分类,对得到的 5 期遥感影像的分类结果进行精度检验,评价结果如表 1 所示,其 Kappa 系数均达到 0.82 以上。这说明土地利用解义结果较为可靠且满足本研究的需要,因此,建立 5 期土地利用的数据库。

表 1 上海市景观类型分类结果精度检验情况

项目	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
总精度/%	86.00	88.67	90.00	87.33	91.00
Kappa 系数	0.82	0.84	0.85	0.83	0.87

1.3 研究方法

本文采用土地利用动态度模型、土地利用转移矩阵和移动窗口景观指数 3 种方法分析上海市 1995—2015 年土地利用景观格局的时空变化过程。土地利用动态度用来定量地描述某种土地利用类型变化的剧烈程度;土地利用转移矩阵可以较全面的反映土地利用类型间转化的细节特征,移动窗口法可以更为直观的分析区域景观指数的空间变化和空间差异。借助 ArcGIS 10.1 平台计算各类土地利用景观类型的面积比例以及土地利用动态度,并制作 4 个时段的土地利用转移矩阵。

为了更加直观的分析上海市 1995—2015 年 5 个时期的景观指数的空间变化情况,以景观多样性指数为例,运用移动窗口景观指数法研究景观指数的区域内差异。具体操作为,首先运用 ArcGIS 10.1 导出由解义所获取的各个年份的矢量数据转化的土地栅格数据(30 m×30 m),然后利用 Fragstats 4.2 的移动窗口模块,为了更好的反映城市景观格局特征的情况,建立大小为 2 km×2 km 的矩形移动窗口,依次计算不同时期各栅格数据的景观多样性指数,最后利用 ArcGIS 10.1 进行制图融合、裁剪和分类,得到不同时期上海市景观多样性指数的空间分布格局图。

1.4 景观格局指数的确定

景观格局指数对城市的空间特征和时空动态变化有强大的描述能力,且易于计算,被广泛的应用于

城市景观格局的衡量中。本研究在考虑各景观格局指数的实际内涵的基础之上,参考已有的研究成果^[21-25],从斑块类型水平和景观水平 2 个尺度方面选取 7 个具有代表性的指标进行景观格局的分析。在斑块类型水平上主要选择各类斑块数目(number of patches, NP)、斑块结合度指数(patch cohesion index, COHESION)、景观分离度指数(landscape division index, DIVISION);景观水平上主要选择景观蔓延度指数(contagion, CONTAG)、Shannon 多样性指数(Shannon's diversity index, SHDI)、香农均匀度指数(Shannon's evenness index, SHEI)、斑块密度(patch density, PD),各个指数的计算方法及含义如表 2 所示,其计算过程采用 Fragstats 4.2 软件完成。

表 2 景观格局特征指数及其描述

尺度水平	景观指数	计算公式	参数描述
	各类斑块数目	$NP = n_i$	n_i 为景观中斑块的总个数, $NP \geq 1$, 反映景观类型的空间格局, 经常被用来描述整个景观的异质性
类型水平	斑块结合度指数	$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right] \cdot \left[1 - \frac{1}{\sqrt{Z}} \right]^{-1}$	P_{ij} 为 ij 斑块周长; a_{ij} 为 ij 斑块面积; A 为景观总面积(%). COHESION 反映同一景观类型的斑块结合程度, 其值越高, 斑块内聚度越高
	景观分离度指数	$DIVISION = 1 - \sum_{j=2}^{a_i} \left(\frac{a_{ij}}{A} \right)^2$	a_{ij} 为第 i 类景观 j 斑块的面积; A 为总面积. DIVISION 反映同一景观类型的斑块分散程度; 其值为 0 时, 该景观类型由单一的斑块类型组成; 其值为 1 时, 由多个小斑块组成
	景观蔓延度指数	$CONTAG = 1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m P_{ij} \ln(p_{ij})}{2 \ln(m)}$	m 为斑块类型总数; P_{ij} 为随机选择的两个相邻栅格细胞属于类型 i 和 j 的概率(%). CONTAG 描述不同景观类型的延展趋势, 蔓延度值越大, 优势景观类型的连接性越高, 反之景观的破碎化程度较高
景观水平	Shannon 多样性指数	$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$	P_i 为景观类型 i 所占的面积比例; m 为景观类型数目. SHDI 表征景观整体的复杂程度, $SHDI = 0$ 表明整个景观仅由一个斑块组成; $SHDI$ 增大, 说明斑块类型增加或各斑块类型在景观中呈均衡化趋势分布, $SHDI \geq 0$
	香农均匀度指数	$SHEI = \frac{- \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)}{\ln m}$	SHEI 等于 SHDI 除以给定景观丰度下的最大可能多样性(各斑块类型均等布). SHEI 描述景观中各类型斑块的分配均匀程度, $SHEI = 0$ 表明景观仅由一种斑块组成, 无多样性; $SHEI = 1$ 表明各斑块类型均匀分布, 有最大多样性. $0 \leq SHEI \leq 1$
	斑块密度	$PD = \frac{n_i}{A}$	n_i 为第 i 类景观要素的总面积; A 为景观总面积, PD 表示单位面积上的斑块数量, 有利于不同大小; 景观间的比较 $PD > 0$

注:内容来源于 Fragstats 4.2 用户手册。

2 结果与分析

2.1 土地利用时空动态变化

根据 5 期遥感影像数据的分类结果,借助 GIS 工具,统计了上海市 1995—2015 年 5 个时期土地利用

的数量特征(见表 3)。由表 3 可以看出,1995—2015 年,上海市土地利用变化显著,主要表现为:耕地、草地、水域呈减少趋势;耕地面积由 5 398 km² 减少到 4 003.9 km²,减幅达到 17.3%,尽管耕地面积总量在持续下降,但仍是上海市的主要土地利用类型;草地

面积从 36.0 km² 减少到 5.9 km²; 水域呈减少趋势, 面积由 1 635.6 km² 减少到 1 582.6 km²。城乡、工矿和居民用地面积从 714.1 km² 增加至 1 892.8 km², 增幅达到 14.8%, 其已经成为上海市另一种重要的土地利用类型; 林地呈先减后增, 2000—2015 年呈持续

增加态势, 与 1995 年相比, 林地面积增加 280.1 km²。土地利用动态度结果显示, 耕地的动态度明显, 而草地的土地利用动态程度最弱, 单一土地利用类型的动态度在 2000—2005 年多发生剧变, 综合土地利用动态度呈现先增加后减少再增加的年际波动规律。

表 3 上海市 1995—2015 年不同土地利用类型的变化

年份	项目	耕地	林地	草地	水域	城乡、工矿、居民用地
1995	面积/km ²	5 398.0	212.7	36.0	1 635.6	714.1
	比例/%	67.5	2.7	0.4	20.5	8.9
2000	面积/km ²	5 098.8	204.8	9.5	1 720.0	963.0
	比例/%	63.8	2.6	0.1	21.5	12.0
2005	面积/km ²	4 697.4	351.0	11.5	1 642.9	1 292.9
	比例/%	58.7	4.4	0.1	20.5	16.2
2010	面积/km ²	4 110.8	489.6	7.5	1 594.8	1 793.4
	比例/%	51.4	6.1	0.1	19.9	22.4
2015	面积/km ²	4 003.9	492.8	5.9	1 582.6	1 892.8
	比例/%	50.2	6.2	0.1	19.8	23.7
1995—2000	动态度/%	-1.1	-0.7	-14.7	1	7
2000—2005	动态度/%	-1.6	14.3	4.1	-0.9	6.9
2005—2010	动态度/%	-2.5	7.9	-6.9	-0.6	7.7
2010—2015	动态度/%	-0.5	0.1	-4.4	-0.2	1.1

研究区域土地利用类型的动态变化不仅体现在各个土地利用类型的数量特征上, 还表现在各个土地利用类型之间的转化上, 本文通过建立上海市土地利用转移矩阵来分析其土地利用转化的趋势(表 4)。上海市的土地利用类型转化主要是耕地和城乡、工矿和居民用地、耕地和林地之间的相互转化, 以耕地的转出和城乡、工矿和居民用地的转入为主要特征。

城乡、工矿和居民用地的增加主要是因为部分耕地转化为城乡、工矿和居民用地: 1995—2000 年转化面积为 243.1 km²; 2000—2005 年转化面积为 333.7 km²; 2005—2010 年转化面积为 488.9 km²; 2010—2015 年转化面积为 115.0 km²。2000—2005 和 2005—2010 年林地转化为城乡、工矿和居民用地的面积分别是 5.4、3.0 km²; 另外还有草地和水域的转入, 但相比于耕地, 其转化面积比较小。

耕地面积减少除了转化为城乡、工矿和居民用地之外, 部分耕地转化为林地和水域。1995—2000 年水域的增加主要是耕地和草地的转入, 转入面积分别为 61.1、24.6 km²; 2000—2005 年部分水域转入面积为 22.8 km², 林地转入面积为 158.4 km², 水域和林地的主要转入来源均为耕地; 2005—2010 年部分水域转化为耕地, 转化面积为 50.8 km², 部分耕地又

转为林地, 转化面积为 143.0 km², 总整体耕地还是处于减少的态势; 2010—2015 年部分城乡、工矿和居民用地转化为耕地, 转化面积为 14 km², 其他土地利用类型的转化放缓, 转化趋势不明显。

另外, 上海市 1995—2015 年土地利用类型发生了显著变化, 耕地、草地和水域面积逐渐减少。耕地面积变化幅度较大的地区主要分布在上海市的中西部和南部部分地区。由于城乡、工矿和居民用地的不断建设和开发, 导致耕地面积丧失较大。草地开发难度相对较小, 1995 年草地零星分布在东北部部分地区, 2015 年仅在东部一些边缘地区分布。水域的减少主要发生在东部边缘地区, 但减少幅度相对比较少。林地和城乡、工矿和居民用地逐渐增加, 城乡、工矿和居民用地的增加来源于耕地面积, 增加幅度最大的地区主要分布在研究区的中西部和南部, 增加趋势呈中部地区向四周扩散。结合表 4 可知, 2015 年上海市土地利用大部分属于耕地, 占土地总面积的 50.2%, 主要分布在东南部地区; 其次是城乡、工矿和居民用地, 占全区面积的 23.7%, 主要分布在中部地区; 水域占总面积的 19.8%, 主要分布在西北部部分地区; 其次是林地, 占土地总面积的 6.2%, 主要分布在西南部部分地区; 草地是上海市土地类型中较少的部分, 占全区土地总面积的 0.1%。

表 4 上海市 1995—2015 年土地利用转移矩阵

km²

年份	土地利用类型	耕地面积	林地面积	草地面积	水域面积	城乡、工矿、居民用地面积
1995—2000	耕地	5 091.0	2.2	0.6	61.1	243.1
	林地	3.7	202.1	0.0	2.0	4.9
	草地	0.1	0.0	8.9	24.6	2.3
	水域	1.5	0.1	0.1	1 632.1	1.7
	城乡、工矿、居民用地	2.6	0.3	0.0	0.1	711.0
2000—2005	耕地	4 591.0	152.0	0.2	21.5	333.7
	林地	6.4	192.6	0.0	0.4	5.4
	草地	0.3	1.1	7.9	0.2	0.1
	水域	78.2	2.1	3.3	1 620.0	16.0
	城乡、工矿、居民用地	21.3	3.2	0.0	0.7	937.7
2005—2010	耕地	4 035.3	143.0	1.0	29.0	488.9
	林地	1.7	343.0	0.2	0.3	5.9
	草地	4.4	0.5	6.3	0.3	0.1
	水域	50.8	1.8	0.1	1 564.0	26.1
	城乡、工矿、居民用地	18.3	1.4	0.0	0.9	1 272.3
2010—2015	耕地	3 984.0	3.0	0.0	5.0	115.0
	林地	1.0	486.0	0.0	0.0	3.0
	草地	0.0	0.0	6.0	0.0	1.0
	水域	4.0	1.0	0.0	1 576.0	2.0
	城乡、工矿、居民用地	14.0	4.0	0.0	1.0	1 773.0

2.2 景观格局的时空变化

表 5 为上海市 1995—2015 年的景观指数动态变化特征。由表 5 可以看出,上海市 1995—2015 年斑块数目(PD)、多样性指数(SHDI)、香浓均匀度指数(SHEI)、斑块密度(NP)均呈现出增加的趋势;结合

度指数(COHESION)从 1995—2010 年出现减少的趋势,2015 年呈现增加的趋势;分离度指数(DIVISION)从 1995—2010 年呈现增加的趋势,2015 年呈现减少趋势;蔓延度指数(CONTAG)总体呈现减少的趋势。

表 5 上海市 1995—2015 年景观指数动态变化

年份	斑块数目 PD	结合度指数 COHESION	分离度指数 DIVISION	蔓延度指数 CONTAG	多样性指数 SHDI	香浓均匀度指数 SHEI	斑块密度 NP
1995	1.562 6	99.915 6	0.683 6	66.756 5	0.926	0.575 4	12 495
2000	1.580 4	99.857 2	0.860 3	64.834 8	0.974 2	0.605 3	12 637
2005	1.704 3	99.837 9	0.877 4	60.790 9	1.078 8	0.670 3	13 627
2010	1.962 3	99.797 5	0.902 2	56.663 5	1.176 3	0.730 9	15 691
2015	1.994 5	99.827 5	0.881 4	56.247 4	1.185 4	0.736 5	15 912

斑块密度呈现上升的趋势,最小值出现在 1995 年,其值为 12 495,最大值出现在 2015 年,其值为 15 912,说明 1995—2015 年上海市景观破碎度呈现上升的趋势。景观分离度指数呈现先增加后减少的趋势,2010 年达到最大值,其值为 0.902 2,最小值出现在 1995 年,其值为 0.683 6;结合度指数呈现先减少后增加的趋势,说明上海市 1995—2015 年景观聚集度总体上呈现了先减少后增加的趋势。蔓延度指数呈下降趋势,最小值出现在 2015 年,其值为 56.247

4,这说明上海市主要景观优势度在不断下降,多样性指数、香浓均匀度指数均呈现上升的趋势,2015 年出现最大值,其值分别为 1.185 4,0.765,说明 1995—2015 年上海市斑块类型丰富,景观丰富度较高。总之,上海市景观格局在时间上表现为斑块数目不断增多,主要景观优势度呈下降趋势,景观破碎度呈现越来越高的主要特征。

1995—2015 年上海市景观多样性指数从中部高、四周低的趋势逐渐转化为中西部、北部部分高的

趋势,整体景观多样性指数呈中部向四周增多的格局。1995年上海市中部部分地区斑块形状相对复杂,景观类型丰富;东北部部分地区斑块类型丰富度不高,景观类型相对较单一;2000年以后上海市东北部地区斑块类型单一程度逐渐减缓,景观丰富度逐渐增加,2000—2010年斑块类型丰富度不断增加,其中部地区迅速向四周增多,北部部分地区也明显增多,景观多样性指数在2010年达到最高值,其值为1.550;2010—2015年是上海市土地开发的稳定时期,景观丰富度整体上有所下降,分布格局逐渐从中部地区逐渐向中西部、北部部分地区转化。

3 结论

以上海市为研究区域,采用1995,2000,2005,2010,2015年的5期Landsat TM遥感影像数据,借助GIS技术与Fragstats等软件,运用土地利用动态模型、土地利用转移矩阵和移动窗口景观指数3种方法定量分析了1995—2015年上海市土地利用及其景观格局的动态变化情况。

(1) 从土地利用时空动态变化上来看,1995—2015年上海市土地利用变化显著,主要表现为:耕地、草地、水域呈减少趋势;林地呈现先减少后增加的趋势;城乡、工矿和居民用地呈现不断增加的趋势。土地利用动态度结果显示,单一土地利用类型的动态度在2000—2005年多发生剧变,综合土地利用动态度呈现先增加后减少再增加的年际波动趋势。土地利用类型转化主要是在耕地和城乡、工矿和居民用地、耕地和林地之间的相互转化,以耕地的转出和城乡、工矿和居民用地的转入为主。从土地利用类型的空间分布特征来看,耕地、草地和水域面积逐渐减少。耕地面积变化幅度较大的地区主要分布在上海市的中西部和南部部分地区,林地和城乡、工矿和居民用地逐渐增加,增加幅度最大的地区主要分布在研究区的中西部和南部,增加趋势呈中部地区向四周扩散。

(2) 从景观格局时空变化来看,1995—2015年上海市斑块数目、多样性指数、香浓均匀度指数以及斑块密度均呈现出增加的趋势;结合度指数从1995—2010年出现减少的趋势,2015年呈现增加的趋势;分离度指数从1995—2010年呈现增加的趋势,2015年呈现减少趋势;蔓延度指数总体呈现减少的趋势。上海市景观格局在时间上表现为斑块数目不断增多,主要景观优势度成下降趋势,景观破碎度呈现越来越高的主要特征;在空间上表现为景观多样性指数从中部高、四周低的趋势逐渐转化为中西部、北部部分高的趋势,其整体呈中部向四周增多的分布格局。

(3) 1995—2015年,上海市土地利用景观格局在自然因素和社会经济因素的双重作用下,发生了较大的变化。从整体分布格局来看,随着人类社会的迅速发展,社会经济因素成为上海市土地利用时空变化的主要影响因素,主要表现在人口与经济的持续增长,大规模的土地开发致使大量耕地被转化为建设用地,城市用地结构发生巨变。这种不合理的人口增长和土地利用方式,将对生态环境造成一系列的不良影响,为了防止生态环境的进一步恶化,首先应该控制人口的进一步增长,对人口进行合理的布局;增强耕地的开发整理,防止耕地被无序开发占用;此外,对城乡、工矿和居民用地施行严格的土地规划管理,降低其对景观格局破碎化的影响;在城市未来发展过程中要进一步提升用地潜力,不断提高土地集约利用程度,保护并且增加生态服务功能性用地。

[参 考 文 献]

- [1] 徐新良,庞治国,于信芳.土地利用覆被变化时空信息分析方法及应用[M].北京:科学技术文献出版社,2014.
- [2] 刘吉平,赵丹丹,田学智,等.1954—2010年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力[J].生态学报,2014,34(12):3235-3244.
- [3] 李松,张小雷,李寿山,等.新疆绿洲城市土地利用景观格局时空演化及驱动力研究[J].经济地理,2013,33(12):162-168.
- [4] 崔闪闪,刘庆,王静.滨海开发带景观格局指数的尺度效应及对土地利用变化的响应:以江苏省大丰市为例[J].地理与地理信息科学,2016,32(6):88-93.
- [5] 吴未,许丽萍,张敏,等.不同斑块类型的景观指数粒度效应响应:以无锡市为例[J].生态学报,2016,36(9):2740-2749.
- [6] 年雁云,王晓利,陈璐.1930-2010年额济纳三角洲土地利用景观格局变化[J].应用生态学报,2015,26(3):777-785.
- [7] 孟瑶瑶,薛丽芳.南四湖流域土地利用及其景观格局变化分析[J].水土保持研究,2017,24(3):247-252.
- [8] 佟光臣,林杰,陈杭,等.1986-2013年南京市土地利用/覆被景观格局时空变化及驱动力因素分析[J].水土保持研究,2017,24(2):241-245.
- [9] 李凤霞,石辉,冯晓刚,等.西安市土地利用格局动态演变及其驱动力研究[J].测绘通报,2015(12):41-45.
- [10] 刘媛媛,刘学录.甘肃永登县土地利用景观格局的空间尺度效应[J].应用生态学报,2016,27(4):1221-1228.
- [11] 殷小彤.西北地区农村居民点景观格局指数的尺度效应及其最佳粒度选择分析:以西安市为例[J].中国农业资源与区划,2016,37(12):150-154.

- [9] 谢元博,陈娟,李巍.雾霾重污染期间北京居民对高浓度 PM 2.5 持续暴露的健康风险及其损害价值评估[J].环境科学,2014,35(1):1-8.
- [10] Duan Jingchun, Tan Jihua, Wang Shulan, et al. Size distributions and sources of elements in particulate matter at curbside, urban and rural sites in Beijing[J]. Journal of Environmental Sciences, 2012,24(1):87-94.
- [11] 吕森林,陈小慧,吴明红,等.上海市 PM 2.5 的物理化学特征及其生物活性研究[J].环境科学,2007,28(3):472-477.
- [12] 李龙凤,王新明,赵利容,等.广州市街道环境 PM10 和 PM 2.5 质量浓度的变化特征[J].地球与环境,2005,33(2):57-60.
- [13] 戴伟,高佳琪,曹昱,等.深圳市郊区大气中 PM 2.5 的特征分析[J].环境科学,2012,33(6):1952-1957.
- [14] 焦利民,许刚,赵素丽,等.基于 LUR 的武汉市 PM 2.5 浓度空间分布模拟[J].武汉大学学报:信息科学版,2015,40(8):1088-1094.
- [15] 吴健生,廖星,彭建,等.重庆市 PM 2.5 浓度空间分异模拟及影响因子[J].环境科学,2015,36(3):759-767.
- [16] Skare Ø, Møller J, Vedel Jensen E B. Bayesian analysis of spatial point processes in the neighbourhood of Voronoi networks[J]. Statistics & Computing, 2007, 17(4):369-379.
- [17] 中国环境监测总站.空气质量预报[EB/OL].空气质量状况报告(2017-01-01)[2017-05-04]. <http://www.cnemc.cn/>.
- [18] 国家地球系统科学数据共享平台.长江三角洲科学数据中心[EB/OL].南京市土地利用及城镇用地结构分布图(2016-08-01)[2017-05-10]. <http://nnu.geodata.cn>.
- [19] Bruse M, Fleer H. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model[J]. Environmental Modelling & Software, 1998(13):373-384.
- [20] Edward N, Chen Liang, Wang Yingna, et al. A study on the cooling effects of greening in a high-density city: an experience from Hong Kong[J]. Building and Environment, 2012(47):256-271.
- [21] Ali-Toudert F, Mayer H. Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate[J]. Building and Environment, 2006,41(2):94-108.
- [22] Krüger E L, Minella F O, Rasia F. Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil[J]. Building and Environment, 2011,46(3):621-634.
- [23] 王飞,吴开亚,王慧慧,等.合肥市 PM 2.5 与用地类型特征比较及建设性方案研究[J].环境科学与管理,2014,39(10):73-79.
- [24] 李玉玲,刘红玉,娄彩荣,等.江苏省 PM 2.5 时空变化及土地利用影响研究[J].环境科学与技术,2016,39(8):10-15.

(上接第 292 页)

- [12] 陈永林,谢炳庚,李晓青.长沙市土地利用格局变化的空间粒度效应[J].地理科学,2016,36(4):564-570.
- [13] 彭保发,陈端吕,李文军,等.土地利用景观格局的稳定性研究:以常德市为例[J].地理科学,2013,33(12):1485-1488.
- [14] 胡艳兴,潘竟虎.基于土地利用空间格局的兰州市景观稳定性[J].中国沙漠,2016,26(2):557-563.
- [15] 邓劲松,李君,余亮,等.速城市化过程中杭州市土地利用景观格局动态[J].应用生态学报,2008,19(9):2004-2008.
- [16] 王天山,郑寒.城市化过程中环洱海区域土地利用及景观格局变化分析[J].生态经济,2016,32(1):181-185.
- [17] 张荣天,张小林,李传武.镇江市土地利用景观格局分析[J].经济地理,2012,32(9):133-137.
- [18] 张利利,余济云,李锐,等.1998-2010 年五指山市土地利用景观格局变化分析[J].西北林学院学报,2016,31(1):221-225.
- [19] 买尔孜亚·吾买尔,阿里木江·卡斯木.资源型城市土地利用变化与景观格局:以新疆克拉玛依市为例[J].水土保持通报,2016,36(5):284-293.
- [20] 柴宏博,杨山.2001-2008 年无锡市土地利用景观格局变化分析[J].人文地理,2012,27(4):94-97.
- [21] 刘梦莹,江帆,刘勇.过去 20 a 兰州新区秦王川地区土地利用景观格局变化[J].干旱区资源与环境,2016,30(11):112-116.
- [22] 吴健生,张朴华.城市景观格局对城市内涝的影响研究:以深圳市为例[J].地理学报,2017,72(3):445-456.
- [23] 付刚,肖能文,乔梦萍,等.北京市近二十年景观破碎化格局的时空变化.生态学报,2017,37(8):2551-2562.
- [24] 郑新奇,付梅臣.景观格局空间分析技术及其应用[M].北京:科学出版社,2010.
- [25] 刘晓君,李占斌,李鹏,等.基于土地利用/覆被变化的流域景观格局与水沙响应关系研究[J].生态学报,2016,36(18):5691-5700.