

南京市江北地区景观格局演变及驱动力分析

张萌, 王让会

(南京信息工程大学 应用气象学院, 南京 210044)

摘要:以南京市江北地区为研究对象,基于遥感及地理信息技术,利用江北地区1988年、1995年、2000年和2006年TM5数据以及2013年TM8数据,运用景观生态学原理,选取斑块数量、平均斑块面积、边缘密度、平均分维度指数、香农多样性指数、香农均匀度指数等进行分析,探讨南京市江北地区近25年景观格局演变特征及驱动力。结果表明:1988—2013年江北地区景观格局发生较大变化,城建用地、林地面积增加,耕地面积减少,其他略有波动;在人类干扰作用下,斑块聚合度与斑块结合度呈现下降趋势,多样性指数与均匀度指数呈现上升趋势,破碎化程度增加。人口增加、经济增长、工业发展及产业结构调整是南京市江北地区景观格局演变的主要驱动力。

关键词:景观格局; 驱动因子; GIS; 江北地区

中图分类号:Q149; F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)05-0229-05

Evolvement of Landscape Pattern and Its Driving Factors in Jiangbei District of Nanjing City

ZHANG Meng, WANG Ranghui

(College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: Using the data of Landsat TM5 (1988, 1995, 2000 and 2006) and Landsat TM8 (2013), the evolvement and its driving factors of landscape pattern in Jiangbei District of Nanjing City in the past 25 years were explored based on the technology of remote sensing and GIS and the theory of landscape ecology. Some indices were chosen to describe the changes of landscape pattern, such as the number of patches, the average area of patches, edge density, average dimension index, shannon diversity index, shannon evenness index and so on. The results showed that the landscape pattern in Jiangbei District changed greatly from 1988 to 2013. The woodland and construction land increased, while the farmland decreased, and the area of other types fluctuated slightly. Under the action of human disturbance, aggregation index and patch cohesion index decreased, while Shannon's diversity index and Shannon's evenness index increased in this area. The growth of population, economy and industry together with the adjustment of industrial structure are the main driving factors on the evolvement of landscape pattern in Jiangbei District of Nanjing City.

Keywords: landscape pattern; driving factors; GIS; Jiangbei District

景观格局演变是景观生态学研究的核心问题之一^[1],景观格局的改变能引发区域生态环境和生态过程的变化^[2]。目前景观格局的研究主要集中在空间异质性和时间异质性两个方面^[3-4],即静态的景观格局分析和限定区域景观格局随时间的变化研究;而其研究方法主要有景观格局指数分析、空间统计和矩阵转移等^[5]。3S技术日渐成熟及其在景观生态学中的

深入应用,为更直观地研究景观格局的时空变化提供了技术支撑。景观格局演变的驱动因素是多方面的,而人为因素是小尺度景观格局演变的主要驱动力,目前对景观格局驱动力的分析方法主要包括统计分析^[6]和多元回归分析^[7]等。城市景观不断外延、扩张是城市化进程中景观格局演变的最明显的特征,并使得其他景观类型的结构发生改变。城市景观格局的

收稿日期:2014-11-06

修回日期:2014-11-26

资助项目:国家科技支撑计划(2012BAD16B0305, 2012BAC23B01);中国沙漠气象科学研究基金(sqj2012006)

第一作者:张萌(1989—),女,河北石家庄人,研究生,研究方向为环境生态。E-mail:zhangmeng1824@126.com

通信作者:王让会(1963—),男,陕西宝鸡人,教授,博士生导师,主要从事景观生态、3S应用、全球变化的区域响应、生态系统耦合关系研究。

E-mail:rhwang@nuist.edu.cn

改变也带来了一系列的生态环境问题,研究城市景观格局结构特征的演变规律以及探讨其发生改变的驱动因素对城市的可持续化发展意义重大。

南京市江北地区是南京市新一轮发展的重点区域,也是南京实现“跨江发展”、缩小城乡差距的落脚点,有利于解决江南主城区发展中的诸多问题^[8],通过实施跨江发展,不断优化南京市空间结构,提升江南江北融合互动能力,进而促进江北经济发展^[9]。而在江北地区经济快速发展的同时,最大可能保护区域生态环境尤为重要。研究江北地区景观格局演变,分析其变化趋势,对实现江北地区可持续发展有重要作用。

本文在遥感及地理信息技术的支持下,利用南京市江北地区 1988 年、1995 年、2000 年和 2006 年 Landsat TM5 数据以及 2013 年 Landsat TM8 数据,对南京市江北地区近 25 年的景观结构和变化特征进行研究,以期为江北地区的生态文明建设及可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况

南京市江北地区以长江为界,包括浦口与六合两个行政区,位于 30°51′—32°27′N,118°21′—119°03′E,北接安徽省,是南京市的北大门。区域面积约为 2 400 km²,约占南京市总面积的 1/3,截至 2013 年,区域内人口约为 150 万,国内生产总值超过 1 000 亿元。江北地区属于亚热带季风气候,气温温和,雨量充沛,四季分明。江北地区地貌大部分属于宁镇扬山区,总体地势北高南低,区域内丘陵山岗地、河谷平原、沿江平原圩区均有分布^[10]。区域内景观类型丰富,包括国家级地质公园、老山国家森林公园、金牛湖风景区、长江湿地等,是南京市乃至江苏省重要生态功能区,也是集山、水、城、林于一体的城市发展空间^[11]。

江北地区一直是南京市农业生产的重要区域,耕地面积较大,但是随着经济发展,江北地区土地利用发生改变,主要表现为建成区面积不断扩张,农业用地面积减小。

2 数据来源与研究方法

2.1 景观类型划分

对江北地区景观格局演变及景观格局指数的定量分析必须在景观分类的基础上进行,本研究基于《土地利用现状分类》国家标准^[12],并结合浦口区与六合区土地利用现状,对江北地区景观进行分类,主要有以下 6 类:耕地(旱地和水田)、林地、草地、水域(河流、湖泊、水库)、城建用地(城镇建设用地、农村建设用地、工交建设用地)和未利用地。

2.2 数据来源与处理

本研究的基础数据包括 1988 年、1995 年、2000 年、2006 年和 2013 年 5 期涵盖江北地区的地面卫星图像(表 1),地面分辨率为 30 m。同时搜集 2006—2020 年南京市、浦口区及六合区土地利用规划图、南京市最新行政区划矢量图、南京市及江北地区多年经济统计数据以及实地调查数据。

表 1 遥感数据详细信息

日期	卫星名称	数据类型	平均云量/%
1988-07-05	Landsat 5	L45 TM	0.0
1995-05-06	Landsat 5	L45 TM	9.61
2000-07-22	Landsat 5	L45 TM	1.08
2006-05-20	Landsat 5	L45 TM	13.0
2013-08-11	Landsat 8	OLI_TIRS	0.34

注:1995 年、2006 年数据主要云量不集中在研究区。

在 ArcGIS 9.3 下,利用南京市矢量图各辖区的行政边界拼接出江北地区矢量边界;在 ENVI 4.8 下利用已拼接的矢量边界裁剪出江北地区子影像,对影像进行大气辐射校正和几何校正;并对校正后的影像进行监督分类,分类后验证结果为总体分类精度为 84.85%~89.69%,满足研究需求,并形成 tif 格式图像;随后在 ArcGIS 9.3 中输出图像,得到分类结果;出图后将数据格式变为 grid 格式,最后利用 Fragstats 3.3 对各期景观类型图进行景观格局指数计算。

2.3 景观格局指标的选取

目前,针对描述不同尺度、不同角度的景观格局特征,已经出现大量的景观格局指数,如何选取指标尤为重要^[13]。基于研究区特点,并结合前人的研究经验^[14-16],本文从景观和景观类型两个尺度对江北地区景观格局演变进行研究。具体指标包括斑块数量(NP)、平均斑块面积(AREA __ MN)、斑块密度(PD)、边缘密度(ED)、最大核心斑块指数(LPI)、平均分维度指数(FRAC __ MN)、斑块结合度指数(COHESION)、香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI)、散布与并列指数(IJI)、聚合度(AI)等。

3 江北地区景观格局演变及驱动力分析

3.1 江北地区景观格局演变

3.1.1 景观总体构成的变化 由表 2 可知,在近 25 年,南京市江北地区景观构成发生了一系列变化,各景观类型在总面积中的百分比随着时间推移表现出了不同程度的增或减。其变化主要为:耕地面积比逐年下降,而城建用地和林地面积比增加明显,水域、草地、未利用地面积比略有波动。随着江北地区的快速发展,城建用地面积不断扩张,从 1988 年的 12.13%增加至 2013 年的 26.42%;江北地区作为南京市乃至

江苏省重要的生态功能区,森林等生态系统得到了较好的保护,尤其进入 21 世纪,林地面积不断增加;同时耕地面积单调减少,由 70.79%减至 50.91%,耕地为城建用地面积扩张贡献最大。

表 2 1988—2013 年南京市江北地区景观总体构成情况

年份	项目	耕地	林地	城建用地	草地	水域	未利用地
1988	面积/km ²	1698.96	224.64	291.12	46.80	124.56	13.92
	百分比/%	70.79	9.36	12.13	1.95	5.19	0.58
1995	面积/km ²	1600.08	265.20	321.36	67.92	136.32	9.12
	百分比/%	66.67	11.05	13.39	2.83	5.68	0.38
2000	面积/km ²	1484.40	324.72	383.52	62.88	129.36	15.12
	百分比/%	61.85	13.53	15.98	2.62	5.39	0.63
2006	面积/km ²	1418.16	316.56	488.64	51.84	116.16	8.64
	百分比/%	59.09	13.19	20.36	2.16	4.84	0.36
2013	面积/km ²	1221.84	349.20	634.08	55.92	128.64	10.32
	百分比/%	50.91	14.55	26.42	2.33	5.36	0.43

3.1.2 景观变化特征 南京市江北地区 1988—2013 年景观尺度的格局指数均发生了较大变化(表 3)。

首先斑块数量先减少后增加,总体呈现增加趋势,相应地,平均斑块面积先增加后减少,说明景观斑块不断分散;而边缘密度先减小后增加,平均分形维数随时间变化有一定波动,整体呈现下降趋势,说明各类型景观斑块之间的相互作用增强。斑块聚合度及斑块结合度在波动变化中主要呈现下降趋

势,说明斑块间连接性不断减弱,景观由大斑块逐渐变为小斑块;香农多样性指数与香农均匀度指数总体呈现增加趋势,分别从 1.02,0.57 增加至 1.26,0.70,这主要由于江北地区的快速发展使得景观破碎度不断加大,整个区域中各景观类型的分配趋于均匀,最大斑块面积指数不断减小,说明在人类干扰作用下,整体景观格局愈发均衡,人类影响对景观格局作用较大。

表 3 1988—2013 年南京市江北地区景观尺度的格局指数

年份	NP	LPI	ED	AREA _ MN	FRAC _ MN	COHESION	IJI	AI	SHDI	SHEI
1988	38520	69.30	68.88	6.19	1.044	99.87	69.65	89.61	1.02	0.57
1995	32695	33.09	67.18	7.30	1.049	99.69	64.12	89.96	1.04	0.58
2000	39783	31.25	80.69	6.00	1.046	99.61	64.56	87.84	1.15	0.64
2006	40515	29.76	82.42	5.89	1.045	99.61	64.59	87.57	1.18	0.66
2013	42259	24.61	90.86	5.65	1.044	99.59	65.66	87.15	1.26	0.70

3.1.3 类型变化特征 从表 4 可以看出,1988—2013 年江北地区各景观类型内部格局特征也发生了较为明显的变化。耕地作为江北地区最主要的景观类型,其斑块数量与斑块密度整体呈增加趋势,最大斑块面积指数不断减小,耕地景观的优势不断减弱,边缘密度不断增加,耕地斑块的分布趋于分散;城建用地是面积增长最多的景观类型,由 12.13%增加至 26.42%,斑块数量与斑块密度不断减小,最大斑块面积指数不断增大,这说明江北地区较小的城建用地斑块不断聚合成较大的城建用地斑块,且分布趋于集中;林地面积不断增加,斑块数量和斑块密度随时间不断波动,边缘密度总体呈增加趋势;水域面积略有波动,最大面积指数和平均分形维数不断减小,说明其斑块自相似性增加,斑块形状随时间变化越来越规则;草地及未利用地等自然景观随时间变化略有波动,整体变化不大,其景观格局主要受人类活动而发生变化。

3.2 景观格局演变驱动力分析

景观格局的不断变化是由自然因素与人为因素

共同驱动的^[17]。地形地貌、气候等自然因素在较大的时空尺度上对景观格局有较大影响,而在较小时空尺度,人为因素则作用显著^[18]。由于南京市江北地区范围较小,本文仅将人为驱动力作为探讨对象。

基于浦口区和六合区多年国民经济和社会统计公报,并结合南京市历年统计年鉴,得到南京市江北地区 1988—2013 年主要经济指标变化,以南京市江北地区 1988—2013 年景观香农多样性指数(y_1)和城建用地面积比(y_2)作为因变量,选择人口数(x_1)、地区生产总值(x_2)、工业总产值(x_3)、三次产业比重(x_4, x_5, x_6)、固定资产投资(x_7)为自变量,进行多元回归分析,探讨影响多样性指数和城建用地面积比的主要因子,结果如下:

$$y_1 = -0.0054x_1 + 0.0001x_2 - 0.0131x_4 + 2.0376$$
$$(R^2 = 0.9695, p < 0.05)$$

$$y_2 = 0.13296x_2 - 0.05457x_3 + 10.9004$$
$$(R^2 = 0.9988, p < 0.05)$$

表 4 1988—2013 年南京市江北地区类型尺度的格局指数

类型	年份	NP	PD	LPI	ED	FRAC _ MN	IJI	AI
耕地	1988	1731	0.73	69.30	56.51	1.042	86.28	94.07
	1995	3205	1.34	33.09	53.74	1.047	68.30	94.18
	2000	3558	1.49	31.25	62.52	1.051	70.86	92.30
	2006	3472	1.45	29.76	61.35	1.050	74.59	92.47
	2013	6205	2.60	24.61	73.45	1.054	72.09	89.18
林地	1988	2517	1.05	2.61	7.23	1.038	35.55	90.49
	1995	3249	1.36	2.26	10.59	1.042	76.30	88.55
	2000	12695	5.32	3.59	37.26	1.047	60.79	82.34
	2006	11864	4.97	3.44	29.67	1.043	63.21	83.63
	2013	9460	4.04	3.17	31.93	1.047	53.70	83.89
城建用地	1988	14240	5.97	1.07	34.71	1.047	46.14	76.34
	1995	13257	5.56	0.95	40.26	1.051	48.56	76.46
	2000	12029	5.04	4.35	41.20	1.049	53.09	80.70
	2006	11400	4.78	10.08	43.49	1.047	54.24	84.48
	2013	10209	4.28	14.26	49.52	1.048	55.82	85.92
水域	1988	1314	0.55	1.32	5.35	1.046	30.60	91.25
	1995	2831	1.19	1.52	6.93	1.045	61.64	88.35
	2000	1793	0.75	1.29	3.97	1.044	55.23	91.17
	2006	1692	0.70	0.71	3.72	1.043	76.93	88.32
	2013	1532	0.64	0.54	3.57	1.041	67.27	90.40
草地	1988	9741	4.08	0.01	15.63	1.042	65.03	57.52
	1995	7920	3.32	0.23	20.29	1.043	59.26	72.91
	2000	6993	2.93	0.02	12.74	1.042	60.99	63.57
	2006	7259	3.02	0.01	12.29	1.041	61.98	61.85
	2013	7273	3.05	0.01	11.95	1.039	64.51	61.62
未利用地	1988	2517	1.05	2.61	7.23	1.038	35.55	90.49
	1995	2233	0.94	0.12	2.55	1.030	72.08	49.82
	2000	2715	1.34	0.01	3.69	1.033	64.61	56.63
	2006	2538	1.50	0.10	3.21	1.034	67.75	58.51
	2013	2400	1.81	0.03	2.89	1.035	73.35	60.31

由结果可知,人口增加、经济增长、工业发展及产业结构调整是南京市江北地区景观格局演变的主要驱动因子。(1) 人口增加。南京市江北地区的人口数量在研究期内增长了约 30 万人,这使得该地区资源环境压力日渐增加,对住房的需求增大,导致城建用地不断扩张;(2) 经济增长。1988—2013 年,南京市江北地区 GDP 由 16.1 亿元增长至 1 222.24 亿元,经济的快速发展促进了房地产开发、基础设施建设、休闲娱乐场所、消费服务场所等的发展,促使城建用地面积不断增加,也间接影响了耕地面积的变化;(3) 工业发展。江北地区拥有众多大型工业企业,是南京市工业聚集地之一,工业生产在地区生产总值中一直占据较大地位。研究期内,江北地区工业总产值由 20.6 亿元增加至 2 693.39 亿元,厂房面积扩大且交通等配套设施不断发展也影响着该地区的景观格局;(4) 产业结构调整。1988—2013 年,南京市江北地区三产占比分别由 28.44%,42.37%,29.19%变为 6.66%,58.09%,35.25%,第二产业、第三产业发展迅速,促

使城建用地沿长江不断扩张,形成了以城镇化为为主的景观格局演变特征。

4 结 论

(1) 本文在遥感和地理信息系统技术的基础上,利用多源多期遥感数据,对南京市江北地区景观格局进行分析。通过对景观总体构成、斑块数量、平均斑块面积、边缘密度、平均分维度指数、香农多样性指数、香农均匀度指数等指标计算,得到了江北地区近 25 年景观格局变化。城建用地等人造景观面积不断增大,由 12.13%增加至 26.42%,耕地面积不断减少,70.79%减至 50.91%;在人类干扰作用下,斑块聚合度及斑块结合度主要呈现下降趋势,分别由 69.65,99.87 减少至 65.66,99.59,斑块间连接性不断减弱,景观由大斑块逐渐变为小斑块;多样性指数与均匀度指数呈现上升趋势,分别由 1.02,0.57 增至 1.26,0.70,江北地区景观破碎度不断加大,整个区域中各景观类型的分配趋于均匀,整体景观格局愈发均衡。

(2) 人口增加、经济增长、工业发展及产业结构调整是南京市江北地区景观格局演变的主要驱动力。人口增长使建筑面积需求增加,同时经济的快速发展促进了房地产开发、基础设施建设、休闲娱乐场所、消费服务场所等的发展,亦促使城建用地面积不断增加,而第二产业、第三产业发展迅速,促使城建用地沿长江不断扩张,最终形成了江北地区以城镇化为主的景观格局演变特征。因此,对各驱动因子的调控是实现南京市江北地区景观格局优化的重要途径。

参考文献:

- [1] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [2] 王让会,黄俊芳,林毅,等. 绿洲景观格局及生态过程研究[M]. 北京:清华大学出版社,2010.
- [3] Farina A. Principles and Methods in Landscape Ecology [M]. London: Chapman & Hall Press,1998.
- [4] 王婷婷,侯淑涛,唐军利,等. 七台河市土地利用景观格局动态变化分析[J]. 水土保持研究,2012,19(3):90-93.
- [5] 范强,杜婷,杨俊,等. 1982—2012年南四湖湿地景观格局演变分析[J]. 资源科学,2014,36(4):865-873.
- [6] 白军红,房静思,黄来斌,等. 白洋淀湖沼湿地系统景观格局演变及驱动力分析[J]. 地理研究,2013,32(9):1634-1644.
- [7] 杜会石,哈斯,李明玉. 1977—2008年延吉市城市景观格局演变[J]. 地理科学,2011(5):608-612.
- [8] 夏非. 南京城市全面跨江发展初探[J]. 长江流域资源与环境,2011,20(2):129-136.
- [9] 顾鸣东,葛幼松,刘合林. 由滨江时代走向跨江时代:南京市跨江发展策略研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(33):10889-10891.
- [10] 冯效毅,刘海滨. 南京实施跨江发展战略的环境保护对策[J]. 污染防治技术,2007,20(2):30-32.
- [11] 仇建军,汤蕾. 南京江北城市一体化发展策略研究[J]. 江苏城市规划,2011(11):17-21.
- [12] 中国国家标准化管理委员会. 土地利用现状分类 GB/T21010—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [13] 胡金龙,周志翔,王金叶,等. 1986—2006年桂林市区景观格局演变分析[J]. 水土保持研究,2013,20(2):48-52.
- [14] 刘江,崔胜辉,邱全毅,等. 滨海半城市化地区景观格局演变:以厦门市集美区为例[J]. 应用生态学报,2010,21(4):856-862.
- [15] 来婷婷,王乃昂,高翔,等. 1990—2011年沙坡头自然保护区景观变化[J]. 干旱区地理,2014,37(1):115-124.
- [16] 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):3234-3244.
- [17] 国巧真,蒋卫国,李京,等. 1985—2006年北京市海淀区城市景观格局演变及驱动因素分析[J]. 城市环境与城市生态,2008,21(1):18-21.
- [18] 韩海辉,杨太保,王艺霖. 近30年青海贵南县土地利用与景观格局变化[J]. 地理科学进展,2009,28(2):207-215.

(上接第228页)

- [4] Pearce D G. Tourist districts in Paris: structure and functions[J]. Tourism Management,1998,19(1):49-65.
- [5] 崔大树,孙杨. 基于分形维数的湖州旅游景区系统空间结构优化研究[J]. 地理科学,2011,31(3):337-343.
- [6] 李文正. 陕南A级旅游景区空间格局演变特征及内在机理研究[J]. 水土保持研究,2014,21(5):138-143.
- [7] 朱竑,陈晓亮. 中国A级旅游景区空间分布结构研究[J]. 地理科学,2008,28(5):607-615.
- [8] 吴必虎,俞曦,党宁. 中国主题景区发展态势分析:基于国家A级旅游区(点)的统计[J]. 地理与地理信息科学,2006,22(1):89-93.
- [9] 徐晓伟,雷国平,王元辉,等. 镜泊湖风景名胜区旅游用地开发适宜性分区研究[J]. 水土保持研究,2012,19(2):142-147.
- [10] 王恒,李悦铮. 大连市旅游景区空间结构分析与优化[J]. 地域研究与开发,2010,29(1):84-89.
- [11] 余凤龙,黄震方,王宜强. 中国沿海区域入境旅游经济差异的时空格局演化[J]. 地理与地理信息科学,2013,29(6):105-110.
- [12] 谢志华,吴必虎. 中国资源型景区旅游空间结构研究[J]. 地理科学,2008,28(6):748-753.
- [13] 把多勋,王瑞,夏冰. 甘肃省民族旅游资源空间分布研究[J]. 地域研究与开发,2013,32(3):77-82.
- [14] 申怀飞,郑敬刚,唐风沛,等. 河南省A级旅游景区空间分布特征分析[J]. 经济地理,2013,33(2):179-183.
- [15] 张永平,吴健生,黄秀兰,等. 海峡西岸经济区旅游景区(点)空间结构分析[J]. 资源科学,2011,33(9):1799-1805.
- [16] 曹芳东,黄震方,余凤龙,等. 国家级风景名胜景区旅游效率空间格局动态演化及其驱动机制[J]. 地理研究,2014,33(6):1151-1166.
- [17] 刘锐,胡伟平,王红亮,等. 基于核密度估计的广佛都市区路网演变分析[J]. 地理科学,2011,31(1):81-86.
- [18] 崔世林,龙毅,周侗,等. 一种地图点群空间分布特征的部分维分析方法[J]. 地球信息科学,2007,9(6):25-30.
- [19] 吴丽敏,黄震方,周玮. 江苏省A级旅游景区时空演变特征及其动力机制[J]. 经济地理,2013,33(8):158-164.