

江苏省城市建设用地变化及驱动力研究

范琳芸, 张雪茹, 张小林 (南京师范大学地理科学学院, 江苏南京 210023)

摘要 以江苏省 13 个地级市为研究对象, 采用典型相关分析、主成分分析和偏最小二乘回归分析等方法, 分析江苏省建设用地的数量、结构变化及区域差异变化, 探讨城市建设用地变化的主要驱动力。结果表明: 江苏省城市建设用地面积不断增长; 城市建设用地系统结构性增强; 区域城市建设用地相对变化率差异明显; 道路设施完善、居民生活水平的提高、经济发展是江苏省城市建设用地变化的主要驱动力。

关键词 城市建设用地; 驱动力; 江苏省

中图分类号 F293.22 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)04-0192-04

Urban Construction Land Use Change and Driving Forces in Jiangsu Province

FAN Lin-yun, ZHANG Xue-ru, ZHANG Xiao-lin (School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210023)

Abstract In this study, we analyzed the changes of number and structure, and regional differences of construction land using various types of land use data of 13 cities in Jiangsu Province by the canonical correlation analysis, principal component analysis and partial least square regression. Meanwhile we discussed the main influence factors and degree of urban construction land change. The results showed that: the urban construction land of Jiangsu Province is growing; the structure of urban construction land is reasonable; the relative change rate of construction land use of cities is distinct; the development of economy and the improvement of transport infrastructure and people's living standards are the main driving factors in the urban construction land change in Jiangsu Province.

Key words Urban constructive land; Driving factor; Jiangsu Province

在快速城市化过程中, 城市发展与土地保护之间的矛盾日益凸显, 城市扩张带来的诸如环境污染、交通拥挤、粮食安全等一系列问题备受各界关注^[1-2]。目前, 国内学者相关研究主要集中在城市建设用地时空演变特征^[3-5]、动力机制分析^[6-10]、预测模拟^[4,11]、增长控制^[12-13]等方面。有关江苏省土地变化的相关研究主要是土地利用现状、结构变化、区域差异、承载力分析, 以城市建设用地为研究对象的较少。此外, 关于驱动因子的分析仅涉及经济和人口指标, 没有考虑社会、交通、科技等因素。针对目前研究的不足, 笔者结合多种定量分析方法和模型, 对江苏省城市建设用地变化及其驱动力展开研究。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源 江苏省城市建设用地数据来源于《中国城市建设统计年鉴》(2000—2012 年), 相关的社会经济指标来源于《江苏统计年鉴》(2000—2012 年)。研究时段为 2000—2011 年, 采用 1991 版《城市用地分类和建设用地图则》(GBJ 137—90), 将江苏省城市建设用地分为居住用地、公共设施用地、工业用地、仓储用地、对外交通用地、道路广场用地、市政公用设施用地、绿地、特殊用地 9 类。

1.2 研究方法

1.2.1 土地利用结构信息熵。 信息熵模型能揭示特定区域各类建设用地的时序变化特征, 反映用地内部复杂性和均衡性^[14]。参照 Shannon Weaner 指数, 设 A 为建设用地总面积, A_i 为各类建设用地面积, n 为建设用地分类数 ($n=9$), 构建建设用地结构信息熵 (H), 计算公式为:

$$A = \sum_{i=1}^n A_i \quad (1)$$

$$P_i = A_i / A \quad (2)$$

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad (3)$$

熵值越大, 说明不同职能的用地类型数越多, 土地分布越均衡。

1.2.2 均衡度和优势度。 引入均衡度的概念, 对土地利用结构进行测度。基于信息熵函数, 构建均衡度公式:

$$J = \frac{H_i}{H} = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i / \ln n \quad (4)$$

均衡度越大, 表明建设用地利用的均质性越强, 研究区域的土地利用类型越丰富^[15]。计算公式为:

$$I = 1 - J \quad (5)$$

土地利用的优势度, 与均衡度的意义相反, 用来表示土地利用的集中度, 其值越大表明城市内 1 种或几种用地类型在该区域土地利用中具有主导作用。

1.2.3 土地利用的区域差异模型。 引入单一土地利用类型相对变化率来衡量区域的该类型用地的相对水平, 反映土地利用数量变化的区域差异^[16]。相对变化率公式为:

$$R = K_i / K \quad (6)$$

式中, R 表示某类地的相对变化率; K_i 、 K 分别表示区域、整个研究区域该类地的变化率。 $R > 1$, 表示某一区域该类地的变化比整个研究区域的变化剧烈; $R < 1$, 表示某一区域该类地的变化程度低于整个研究区域水平; $R = 1$, 表示某一区域该类地的变化程度与整个研究区域水平处于同一水平。

1.2.4 偏最小二乘法。 偏最小二乘法分析中的变量重要性投影 (VIP) 表示自变量在解释因变量时作用的重要性程度, 运用 VIP 分析建设用地变化的主导驱动因素, 各指标的值反映对建设用地变化的影响重要性程度^[17]。计算公式为:

$$VIP_j = \sqrt{p \sum_{h=1}^m R(Y, t_h) w_{hj}^2 / \sum_{h=1}^m R(Y, t_h)} \quad (7)$$

式中, P 是自变量个数; m 是偏最小二乘法从原变量中提取的成分个数; t_h 代表第 h 个成分; R 代表成分对因变量的解释能力, 为二者相关系数的平方。 $VIP > 1$, 说明自变量在解

基金项目 国家自然科学基金项目 (41371172)。

作者简介 范琳芸 (1992—), 女, 安徽马鞍山人, 硕士研究生, 研究方向: 城乡发展与区域规划。

收稿日期 2016-12-02

释因变量时有更加重要的作用; $0.5 \leq VIP \leq 1$,解释作用的重要性还很不明确,需要增加样本或根据别的条件进行判断; $VIP < 0.5$,则自变量对因变量的解释基本没有意义。

2 结果与分析

2.1 城市建设用地变化分析

2.1.1 江苏省城市建设用地整体变化。

2.1.1.1 总量变化。2000—2011 年江苏省城市建设用地总

量不断增长,由 2000 年的 $1\,246.27\text{ km}^2$ 增加到 2011 年的 $3\,552.61\text{ km}^2$,年增长率为 15.42%。总的来看,江苏省城市建设用地持续增长,增长幅度较大,但增长速率逐渐放缓,2011 年已降至 3.73%。

2.1.1.2 结构变化。利用 Matlab 软件计算出江苏省城市建设用地结构及信息熵及均衡度、优势度(表 1)。

表 1 江苏省城市建设用地结构

Table 1 Structure of urban construction land in Jiangsu Province

年份 Year	居住用地 Residential land	公共设施用地 Public facilities land	工业用地 Industrial land	仓储用地 Storage land	对外交通用地 External transportation land	道路广场用地 Road plaza land
2000	28.42	11.74	25.59	4.35	6.40	8.40
2001	29.24	12.02	25.31	3.99	5.96	8.94
2002	27.77	13.11	26.29	3.44	5.32	9.60
2003	29.69	11.72	26.64	3.25	4.56	9.78
2004	29.03	12.00	27.03	3.53	4.73	10.26
2005	28.97	11.72	26.80	3.77	4.88	10.03
2006	29.24	11.91	27.67	3.11	4.47	10.39
2007	30.19	11.64	27.33	2.82	4.25	10.91
2008	29.75	11.72	27.66	2.74	3.99	11.00
2009	30.50	11.78	26.90	2.70	3.89	11.06
2010	29.92	11.77	26.17	2.70	3.82	11.33
2011	30.56	11.44	25.36	2.56	3.95	11.30

年份 Year	市政公共设施用地 Municipal public facilities land	绿地 Green land	特殊用地 Special site	信息熵 Information entropy	均衡度 Degree of balance	优势度 Dominance degree
2000	3.04	8.93	3.14	1.908 6	0.868 6	0.131 4
2001	3.26	8.45	2.83	1.895 7	0.862 8	0.137 2
2002	3.04	8.91	2.53	1.884 8	0.857 8	0.142 2
2003	2.82	9.40	2.15	1.848 9	0.841 5	0.158 5
2004	2.93	8.69	1.82	1.851 4	0.842 6	0.157 4
2005	3.14	8.90	1.78	1.860 4	0.846 7	0.153 3
2006	3.10	8.61	1.51	1.832 7	0.834 1	0.165 9
2007	2.98	8.53	1.35	1.815 9	0.826 5	0.173 5
2008	2.95	8.91	1.27	1.812 1	0.824 7	0.175 3
2009	2.89	8.97	1.31	1.810 2	0.823 9	0.176 1
2010	2.86	10.07	1.37	1.824 2	0.830 2	0.169 8
2011	2.85	10.61	1.36	1.824 2	0.830 2	0.169 8

由表 1 可知,2000—2011 年江苏省建设用地结构信息熵总体上呈波动下降趋势,土地利用系统有序度逐渐上升,城市建设用地结构性增强。均衡度和信息熵的变化具有一致性,都是波动下降,而优势度则相反,呈上升趋势,说明研究时段内主导江苏省城市建设用地的类型存在多样化的特点,城市建设用地利用的均质性降低。

2.1.2 江苏省城市建设用地区域差异特征。城市建设用地相对变化率可以反映江苏省不同城市的建设用地变化程度的区域差异。从图 1 可以看出,淮安市城市建设用地变化率最高,主要是因为实行了区片规划。此外研究初始年,淮安市城市建设用地仅为 15.28 km^2 ,建设用地开发的潜力较大,导致建设用地变化率高;徐州、宿迁、盐城、泰州、南京、无锡、苏州建设用地相对变化率高于江苏全区,徐州、宿迁、盐城、泰州主要是为了缩小与苏南差距,加快城市建设步伐导致城市建设用地增长较快,而南京、无锡、苏州作为经济较发达的城市,近年来第三产业发展迅速,建设用地不断扩展。总体来看,江苏省中部城市建设用地相对变化率较小,东部和西部较大。

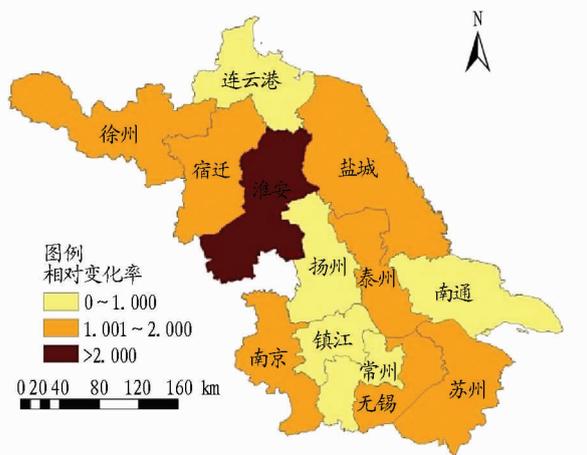


图 1 江苏省城市建设用地相对变化率的格局分异(2000—2011 年)
Fig.1 Pattern differentiation of the rate of relative change of the urban construction in Jiangsu Province (2000 - 2011)

2.2 城市建设用地变化驱动力分析

2.2.1 指标选取。结合江苏省发展现实状况,从人口、经济、社会、交通和科技 5 个方面选取 20 个驱动因素来研究江

苏省城市建设用地变化驱动力。

通过相关性分析,选出与建设用地相关性最强的因子。从表2可以看出,大部分因子的典型相关系数都达到了0.9,综合考虑最终选取城镇化率(X_3)、生产总值(X_5)、全社会固

定资产投资总额(X_8)、城镇居民可支配收入(X_{11})、城镇居民人均消费性支出(X_{12})、城市居民人均居住面积(X_{13})、人均城市道路面积(X_{15})、城市道路长度(X_{18})这8个具有显著影响的驱动因子。

表2 江苏省城市建设用地变化驱动因素

Table 2 Driving Forces of the change of the urban construction in Jiangsu Province

目标层 Target layer	指标层 Indicator level	典型相关系数 Typical correlation coefficient
人口因素 Demographic factors	总人口(X_1 ,万人)	0.543 7
	城镇人口(X_2 ,万人)	0.973 8
	城镇化率(X_3 ,%)	0.974 1
	城镇从业人员(X_4 ,万人)	0.951 8
经济因素 Economic factors	生产总值(X_5 ,亿元)	0.959 1
	第二、三产业产值比重(X_6 ,%)	0.858 7
	工业企业个数(X_7 ,个)	0.912 3
	全社会固定资产投资总额(X_8 ,万元)	0.941 9
社会因素 Social factors	城镇房地产开发(X_9 ,万元)	0.929 7
	社会消费品零售总额(X_{10} ,万元)	0.939 8
	城市居民人均可支配收入(X_{11} ,元)	0.954 3
	城镇居民人均消费性支出(X_{12} ,元)	0.949 9
	城市居民人均居住面积(X_{13} ,m ²)	0.957 1
	城市人均绿地面积(X_{14} ,m ²)	0.879 6
交通因素 Traffic factors	人均城市道路面积(X_{15} ,m ²)	0.946 2
	公路里程(X_{16} ,km)	0.825 4
	客运量(X_{17} ,万人)	0.917 2
	城市道路长度(X_{18} ,km)	0.977 9
科技因素 Scientific and technological factors	科研机构数量(X_{19} ,万元)	0.936 5
	研究与实验发展经费支出(X_{20} ,万元)	0.936 5

2.2.2 主成分分析。运用SPSS软件对上述指标进行主成分分析,得出特征值、累计贡献率、主成分贡献率。第一、二主成分的累计贡献率达95.743%,符合主成分分析要求。

从驱动因子的综合得分分数可以看出驱动指标在整体评价中的作用程度。综合得分高的有 X_5 、 X_{11} 、 X_{12} 、 X_{13} 、 X_{15} 、 X_{18} ,说明这些指标是影响建设用地变化的主要因子。这些因子概括起来就是经济、社会和交通因素,也就是说可以将经济发展、居民生活水平提高及道路设施完善作为影响建设用地变化的驱动因子。

2.2.3 主导驱动因素对城市建设用地变化影响的分析

2.2.3.1 社会经济发展的驱动。江苏省GDP由2000年的8 553.69亿元增加到2011年的49 110.27亿元,它们之间的相关系数达0.921,所以经济发展一定程度上推动了城市建设用地的扩张。具体来看,经济发展会带动全社会固定资产投资总额的增长,推动房地产开发,带动基础设施建设,导致江苏省居住用地、公共设施用地分别由2000年的354.20 km²、146.32 km²增长至2011年的1 085.77 km²、406.52 km²;社会经济发展水平的提高会推动第二、三产业的发展,对江苏省而言主要是促进第三产业的发展,期间居住用地增长了731.57 km²,工业用地增长581.91 km²。

2.2.3.2 居民生活水平的提高。2000—2011年江苏省城镇居民人均可支配收入增长了19 541元,增幅为23.97%,人均居住面积由11.64 m²增长至22.21 m²。人均可支配收入的

增加促使人们更加追求生活品质,首先提高了对住房要求,所以会带动房地产开发,导致部分高档住宅居住用地的增长;其次推动郊区不断完善配套基础设施、增加绿化面积,从而导致城市建设用地不断向郊区扩张,同时影响居住用地、公共服务设施、绿地等用地的结构变化。

2.2.2.3 道路设施建设的驱动。经济发展带动交通基础设施的建设和完善,交通条件的改善势必会促进城市交通干线的开发,从而导致交通用地建设面积不断增长。2000—2011年江苏省城市道路长度由6 329 km²增加至3 2491 km²。回归分析结果显示,江苏省城市道路长度和建设用地面积之间的相关系数达0.982,由此可见城市道路的建设和完善是推动城市建设用地扩张的重要因素。

为了进一步验证上述指标对建设用地变化的影响程度,根据偏最小二乘法中的VIP对所有指标的重要性进行测度。从图2可以看出,指标 X_{11} 的VIP测度值大于1,说明 X_{11} 对城市建设用地变化具有显著影响, X_5 、 X_{12} 、 X_{15} 、 X_{18} 测度值为0.5~1,表明对建设用地的影响较重要。从典型相关性分析、主成分分析以及偏最小二乘法的综合结果来看,社会经济发展、生活水平的提高以及道路设施的完善是江苏省建设用地变化的主要驱动力。

3 结论与讨论

采用信息熵、均衡度以及优势度对江苏省建设用地总量、结构变化进行分析,并根据相对变化率分析研究城市建

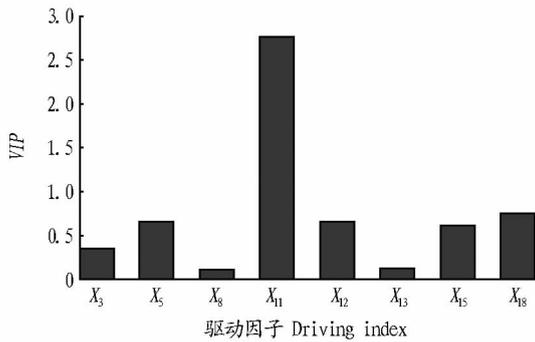


图2 驱动因子变量投影重要性测度

Fig.2 Significance index of the variable projection of various driving forces

设用地区域分异特征,采取典型相关性分析、主成分分析及偏最小二乘法多种研究手段,得出以下结论。

(1)江苏省城市建设用地总量持续增长,但增长速率逐渐放缓。居住用地、工业用地、公共设施用地、道路广场用地对江苏省城市建设用地均衡度和优势度影响较大。

(2)江苏省不同城市的建设用地变化程度存在差异,中部地区相对变化率低于省域全区,而东部和西部地区相对变化率较高,与经济发展状况以及发展速率的空间变化相对一致。

(3)通过典型相关性分析和主成分分析得出经济发展、居民生活水平提高以及道路设施完善是江苏省建设用地的主要驱动因素。通过偏最小二乘法进一步验证了这一结果的可靠性。

江苏省城市建设用地变化的驱动力除该研究选取的定量因素之外,还存在其他定性因素,如江苏省开展的村庄合并规划、城乡建设用地增减挂钩。城市建设用地扩张的过程

很复杂,影响用地扩张的因素有很多,该研究在时间尺度上也未能做到较长时间周期的分析,同时缺乏对城市建设用地变化反馈机制的研究,研究内容还需要进一步深化。

参考文献

- [1] 方创琳. 中国快速城市化过程中的资源环境保障问题与对策建议[J]. 中国科学院院刊, 2009, 24(5): 468-474.
- [2] 孙慧宗. 中国城市化与生态环境协调发展研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [3] 李加林, 许继琴, 李伟芳, 等. 长江三角洲地区城市用地增长的时空特征分析[J]. 地理学报, 2007, 62(4): 437-447.
- [4] 郑凯迪, 徐新良, 张学霞, 等. 上海市城市空间扩展时空特征与预测分析[J]. 地球信息科学学报, 2012, 14(4): 490-496.
- [5] 史利江, 王圣云, 姚晓军, 等. 1994~2006年上海市土地利用时空变化特征及驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12): 1468-1479.
- [6] 罗妮, 刘耀林, 孔雪松. 武汉市城乡建设用地时空演变及驱动机制研究: 基于城乡统筹视角[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(4): 461-467.
- [7] 曹银贵, 周伟, 乔陆印, 等. 青海省2000-2008年间城镇建设用地变化及驱动力分析[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(1): 40-46.
- [8] 张雪茹, 尹志强, 姚亦锋, 等. 安徽省城市建设用地变化及驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(4): 544-551.
- [9] 王晓峰, 傅伯杰, 苏常红, 等. 西安市城乡建设用地时空扩展及驱动因素[J]. 生态学报, 2015, 35(21): 7139-7149.
- [10] 董隽, 臧淑英. 大庆市城市土地利用变化的驱动机制[J]. 地理研究, 2011, 30(6): 1121-1128.
- [11] 刘云刚, 王丰龙. 快速城市化过程中的城市建设用地规模预测方法[J]. 地理研究, 2011, 30(7): 1187-1197.
- [12] 邱道持, 刘力, 曹蕾, 等. 城镇建设用地控制模型研究: 以重庆市为例[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2005, 30(5): 944-948.
- [13] 冯科, 吴次芳, 韩昊英, 等. 杭州市土地利用总体规划的建设用地控制成效研究: 界线评价法的引进与实践[J]. 自然资源学报, 2010, 25(3): 376-385.
- [14] 冉清红, 岳云华, 谢德体, 等. 中国耕地警戒值的测算与讨论[J]. 资源科学, 2007, 29(3): 158-164.
- [15] 赵晶, 徐建华, 梅安新, 等. 上海市土地利用结构和形态演变的信息熵与分维分析[J]. 地理研究, 2004, 23(2): 137-146.
- [16] 黄贤金, 濮劭杰, 彭补拙. 城市土地利用变化及其响应: 模型构建与实证研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 62-64.
- [17] 王惠文. 偏最小二乘回归方法及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.

(上接第141页)

- [2] 李玲, 邓晓兰, 赵兴兵, 等. 铁皮石斛化学成分及药理作用研究进展[J]. 肿瘤药学, 2011, 1(2): 90-94.
- [3] 张莉, 张明, 高宏秀. 兰花组织培养研究进展[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(11): 2134-2135, 2147.
- [4] 张书萍, 白石, 陈丽静. 铁皮石斛的组织培养与快速繁殖[J]. 辽宁农业科学, 2008(6): 12-15.
- [5] 李莹, 谭鹏鹏, 彭方仁, 等. 铁皮石斛组培快繁技术[J]. 林业科技开发, 2012, 26(1): 96-99.
- [6] 李泽生, 白燕冰, 耿秀英, 等. 铁皮石斛茎段丛生芽诱导研究[J]. 热带农业科技, 2011, 34(2): 28-31.
- [7] 张红梅, 刘建东, 王岩花, 等. 铁皮石斛茎段快繁技术研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2010, 30(6): 495-499.
- [8] 戴小英, 张淑霞, 周莉荫, 等. 铁皮石斛不同外植体组培快繁技术比较

研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(10): 122-126.

- [9] 刘明志, 朱京育. 培养基、BA和复合添加物对大花蕙兰增殖和分化的影响[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2000, 21(3): 100-105.
- [10] 范树网, 李应安, 邱璐, 等. 蝴蝶兰原球茎诱导因素初探[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(3): 976-978.
- [11] 唐桂香, 黄福灯, 周伟军. 铁皮石斛的种胚萌发及其离体繁殖研究[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(20): 1583-1585.
- [12] 宋顺, 许奕, 林妃, 等. 铁皮石斛种子萌发及其原球茎的快繁培养条件研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(21): 8850-8852.
- [13] 蒋慧萍, 虞韦花, 张向军, 等. 袋式培养在铁皮石斛组培苗生根中的应用研究和效率评价[J]. 西南农业学报, 2009, 22(5): 1420-1423.
- [14] 仲磊, 梁珍海, 朱军. 红掌袋式与瓶式组织培养生产性指标比较试验[J]. 江苏林业科技, 2002, 29(3): 25-27.