

基于集对分析法的城市土地利用集约水平研究

——以南京市江宁区为例

李欣^{1,2}, 方斌^{1,2,3}, 施龙博^{1,2}, 鲁嘉颐^{1,2}

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210023)

(2. 南京师范大学新型城镇化与土地问题研究中心, 江苏 南京 210023)

(3. 江苏省物质循环与污染控制重点实验室, 江苏 南京 210023)

[摘要] 开展城市功能区集约高效评价, 可进一步揭示不同用地类型区的作用机理, 为科学土地利用提供理论支持与实践指导. 研究以南京市江宁区为例, 以土地利用调查数据为基础, 运用集对分析法和 GIS 空间分析, 分别对居住功能区、商业功能区、工业功能区的土地利用程度、土地利用强度、土地利用效益进行集约利用程度分析. 结果表明: (1) 研究区内居住功能区、商业功能区、工业功能区土地集约利用整体水平均较好. (2) 南北向秦淮河沿岸和百家湖沿岸居住功能区, 百家湖片区的商业功能区土地集约利用水平较高, 工业功能区土地集约利用水平空间分布较为均衡. (3) 研究区整体土地集约利用水平与最优状态贴适度较好, 土地利用程度最接近最优程度, 土地利用强度集约利用状态较差.

[关键词] 城市用地, 集约利用评价, 集对分析, 江宁区

[中图分类号] F293.2 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2018)01-0130-10

Research on the Intensive Evaluation of Urban Land Use Based on Set Pair Analysis

—A Case Study of Jiangning District of Nanjing City

Li Xin^{1,2}, Fang Bin^{1,2,3}, Shi Longbo^{1,2}, Lu Jiayi^{1,2}

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

(2. New-Type Urbanization and Rural Land Issues Research Center, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

(3. Jiangsu Key Laboratory of Materials Cycling and Pollution Control, Nanjing 210023, China)

Abstract: The intensive and highly efficient evaluation of urban functional areas, which can further reveal the mechanism of different types of land use, provide theoretical support and practical guidance for scientific land use. Taking Jiangning District of Nanjing City as an example, based on the data of land use survey, taking the methods of set pair analysis and GIS spatial analysis as the means, the paper analyzes the intensive use of land use degree, land use intensity and land use benefit in industrial functional areas, living functional areas and commercial functional areas respectively. The results showed that: (1) The overall level of intensive land use in living functional areas, commercial functional areas and industrial functional areas in study areas was good. (2) The living functional areas along Qinhuai River from the south to the north and Baijia Lake, the commercial functional areas of Baijia Lake region had a higher level of intensive land use, and the spatial distribution of land intensive use level in industrial functional areas was more balanced. (3) The overall intensive land use level in study areas was close to the optimal one. The degree of land use was the closest to the optimal level, but the intensive use of land use intensity was poor.

Key words: urban land, evaluation of intensive use, set pair analysis, Jiangning district

2016年,我国城市化率达到57.35%,正处在城市化加速发展的中期阶段的后半段,并且在将来一段时间里,中国城市人口规模增长仍然保持较高的速度^[1-2], 伴随而来的是城市盲目扩张、土地利用效率低

收稿日期: 2017-10-28.

基金项目: 国家自然科学基金(41271189、41671174)、江苏省国土厅科技项目(KJXM2017030).

通讯联系人: 方斌, 博士, 教授, 研究方向: 土地资源管理. E-mail: wenyangfang731@163.com

下、用地结构不合理等造成了用地的极大浪费^[3]。开展城市用地集约利用评价研究,对城市规划具有十分重要的参考价值,并为城市可持续发展提供有效的空间决策依据^[4-5]。

土地集约利用最早起源于 David Ricardo 对于农业用地的研究,后引入城市用地领域,国内外学者已在城市用地集约利用的相关理论研究^[6]、城市用地集约利用内涵、城市用地集约利用评价指标体系构建、城市用地集约利用评价方法研究等方面进行了多尺度、多地域的综合性与典型性研究^[7-10],取得了诸多成果,对于促进我国城镇发展和城镇化进程具有重要的意义。研究尺度分为宏观、中观、微观,分别代表着不同城市、城市功能区、城市宗地 3 个层面,研究区域多集中在长江三角洲^[11]、珠江三角洲地区^[12]、京津冀^[13]三大城市群,以及重庆^[14]、深圳^[15]、西安^[16]、成都^[17]、武汉^[18]等城市,研究多基于截面数据或短面板数据的分析^[19-20],运用的方法包括统计分析法、多因素综合评价法、投入产出效率、最小二乘法、模糊综合评价法^[21-22]等。当前,由于不同学者对土地集约利用的内涵和本质的认知上的差异,在指标选用以及标准值和权重的确定上仍存在一定的主观随意性,且现有研究方法尽管选用改进后的模型已在一定程度上克服了主观性大、样本要求高的缺陷,但仍不能解决中介不确定性问题,评价结果不能全面反映出系统发展状态^[23]。而集对分析法在处理数据的过程中更注重数据的相对性和模糊性,能更充分、有效地利用指标信息,提高分辨率以及可靠性。

南京市地处中国东部、长江下游、濒江近海,是东部沿海经济带与长江经济带战略交汇的重要节点城市,随着城镇化、工业化的加速,城市土地集约利用水平总体上升,土地产出效益与土地投入水平在发挥主要作用^[24]。江宁区位于南京市中南部,是国家重要的科教中心和创新基地,国家东部地区重要的交通物流枢纽和空港枢纽,江宁从东西南三面环抱南京主城,航空、港口、铁路、公路交通体系汇聚,是南京对外沟通的重要枢纽。深入了解江宁区城市用地集约利用状况,事关南京市城镇化的进程,开展相关研究十分必要。为此,本文以江宁区城市功能区为研究单元,选取卫星影像图和土地利用变更调查数据等,划分城市功能区为居住功能区、商业功能区、工业功能区,采用土地利用强度、土地利用程度、土地利用效益等指标,借助集对分析法探讨 2014 年江宁区城市用地集约利用评价,以期对现有的研究进行有益的补充与拓展,为今后江苏省城市化进程持续健康发展提供决策支持。

1 研究对象与方法

1.1 研究区概况

江宁区,地势平坦,南北地势较高、中间地势较低,北亚热带温湿气候区,水资源丰富。2014 年江宁区全区实现地区生产总值 1 405.58 亿元,按可比价计算,比上年增长 10.90%。三次产业结构由上一年的 4.44:55.76:39.80 调整为 3.78:55.41:40.81。全年规模以上工业企业实现工业总产值 2 828.90 亿元,增长 11.90%。全年固定资产投资 900.10 亿元,增长 2.30%。常住人口为 118.26 万人,占全市常住人口(821.61 万人)14.40%。根据《南京市江宁区城乡总体规划(2010-2030)》,研究区城市用地总面积为 8 571.13 hm²,其中居住用地规模最大,占研究区总面积的 35.81%,其次是工业用地,占研究区总面积的 29.79%。商业用地占研究区总面积的 6.44%,随着百家湖商圈的开发,商业用地比例将逐步提升,具体见表 1。

表 1 研究区城市用地结构表

Table 1 The urban land structure in study areas

用地类型	居住用地	商业用地	工业用地	其他地类	研究区
现状面积(hm ²)	3 069.84	551.84	2 553.96	2 397.49	8 573.13
比例(%)	35.81	6.44	29.79	27.96	100.00
规划面积(hm ²)	3 297.75	746.96	1 981.55	2 546.87	8 573.13
比例(%)	38.47	8.71	23.11	29.71	100.00
规划实现度(%)	93.09	73.94	128.91	94.11	100.00

图表来源于:《南京市江宁区城乡总体规划(2010-2030)》。

1.2 数据来源与预处理

数据来源于南京市江宁区国土资源分局,包括:南京市江宁区卫星影像图(2014 年);南京市江宁区土地利用变更调查数据(2014 年);南京市江宁区中心城区地籍信息数据库(2014 年);南京市江宁区中心城区地形图(2014 年);南京市江宁区地价动态监测与基准地价更新成果(2014 年);南京市江宁区统计年鉴

(2014 年);中心城区涉及街道的户籍人口数据;开发区工业用地经济数据;实地调查收集数据等. 采用 Envi4.7 解译得到土地利用现状图,继而求得土地利用、绿地率等,通过将外业调查和随机抽取动态图斑进行重复判读分析相结合的方法评价分类精度,总体精度均达到 80% 以上, Kappa 系数在 0.7 以上,满足研究需要;借助 Excel2016 得到综合容积率及建筑密度、人口密度、基础设施完备度、地价实现水平、单位用地固定资产投资总额、单位用地工业总收入等.

1.3 研究方法

1.3.1 城市功能区划分

参考城市总体规划图中的图斑边界,综合考虑土地使用功能、土地利用方向、地价水平等条件,以道路或其他现状地物为界线对片区进行细分^[25],得到最终的功能区,包括居住功能区(R)、商业功能区(C)、工业功能区(I)(见图 1). 考虑到指标的丰富性与数据可获取性,本文只对居住、商业、工业三大功能区进行研究,教育、行政办公等其他各类功能区不作为本文研究对象. 对于单独且面积过小的地块(小于 4 hm²)、现状为农村居民点的地块,不划为功能区.

1.3.2 城市土地集约利用评价指标权重确定

本文为降低主观判断带来的影响,同时又保证权重确定的合理性,综合采用层次分析法和熵值法. 用两种方法分别计算各指标的权重值,最后取两种结果的算数平均值作为本次研究的指标权重值.

1.3.3 集对分析法

集对分析法的核心思想是先对不确定性系统中的有关联的两个集合构造集对,再对集对某特殊属性做同一性、差异性、对立性分析,然后再用联系度描述集对的同、异、反关系^[26],相对于传统的多指标综合评价方法,集对分析法可从整体和局部分析城市土地利用系统的多种复杂关系,把对不确定性的辩证认识转换成具体的数学问题,以此判断城市土地利用所处的状态^[27]. 假设存在相互联系的集合土地集约利用水平 x 和标准 y , x 有 n 项表征特性,即 $x=(x_1, x_2, \cdots, x_n)$, y 亦有 n 项特性,即 $y=(y_1, y_2, \cdots, y_n)$. x 和 y 构成集对 $H(x, y)$.

根据评价指标体系,建立评价矩阵 D :

$$D=\begin{bmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & \cdots & d_{mn} \end{bmatrix}.$$

(1)

设某一评价方案,其某一子系统 A 下第 k 个评价对象的第 e 个评价指标为: $d_{ke}(k=1, 2, \cdots, m)$, m 为评价指标对象数, $e=1, 2, \cdots, n$, n 为评价指标数,将其看作一个集合 A_{ke} , 将该指标的第 p 级标准看作另一集合 B_p , 则 A_{ke} 与 B_p 构成集对 $H(A_{ke}, B_p)$. 本研究中把指标分作 3 级,即 $p=3$.

本研究只需判断江宁区土地集约利用水平的相对高低,因而采用最优方案 $U(u_1, u_2, \cdots, u_e, \cdots, u_n)$ 和最劣方案 $V(v_1, v_2, \cdots, v_e, \cdots, v_n)$ 代替标准 B , U 中 u_e 取指标 d_{ke} 中的最大值, V 中 v_e 则取指标中 d_{ke} 的最小值.

则第 k 个评价对象的第 e 项指标 d_{ke} 的 a_{ke} 、 b_{ke} 、 c_{ke} 为:

$$a_{ke}=\frac{d_{ke}}{u_e+v_e}, b_{ke}=\frac{(u_e-d_{ke})(d_{ke}-v_e)}{(u_e+v_e)d_{ke}}, c_{ke}=\frac{u_e v_e}{(u_e+v_e)d_{ke}},$$

(2)

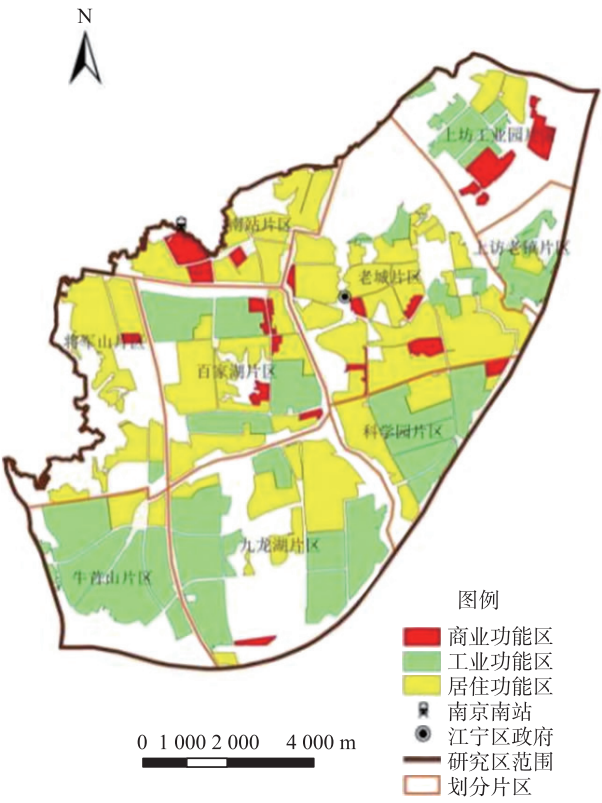


图 1 功能区分布图
Fig. 1 The distribution of functional areas

式中, a_{ke} 代表同一度, b_{ke} 代表差异度, c_{ke} 为对立度.

之后分别计算出第 k 个评价对象各子系统的指标隶属标准级别,

$$f_1 = \sum_{e=1}^m W_e a_{ke}, f_2 = \sum_{e=1}^m W_e b_{ke}, f_3 = \sum_{e=1}^m W_e c_{ke},$$

式中, W_e 为指标 e 的权重; f_1 为样本隶属于 1 级标准的可能性, f_2 为样本隶属于 2 级标准的可能性, f_3 为样本隶属于 3 级标准的可能性,本文采用置信度准则来判断评价样本所属的等级,即评价对象的土地集约利用状况属于 h_p 对应的 p 级:

$$h_p = (f_1 + f_2 + f_3) > \sigma, p = 1, 2, 3, \tag{3}$$

式中, σ 为置信度,本文取 0.6(一般取 0.6~0.7).

考虑到本文选用的指标和评价对象的数量,采用贴近度来代替联系度^[27-29]. 贴近度可以用来衡量与最佳状态的贴近程度,即

$$R = \frac{f_1}{f_1 + f_3}, \tag{4}$$

评价对象的贴近度 R 值越高,其土地利用越接近集约水平.

2 结果与分析

2.1 江宁区城市用地功能区划分

(1)以居住功能区为主导用地类型区,工业功能区为辅. 将江宁区城市用地划分为居住功能区、商业功能区、工业功能区三大用地类型区,共计 107 个功能区,其中居住功能区 52 个、商业功能区 20 个、工业功能区 35 个. 三大功能区总面积达到 6 281.62 hm²,居住功能区为江宁区主导用地类型区,面积占比高达 52.07%,这是缘于江宁区作为南京市的人口大区,其中心城区的人口吸纳能力较强;工业功能区面积为 2 631.49 hm²,面积占比达 41.89%,则主要由于江宁经济开发区是较为成熟的国家级开发区,研究区内工业用地遍布且面积规模大;商业功能区零散分布于居住功能区周边,尚未形成较大商业中心.

(2)各功能区空间分布差异特征显著. 居住功能区主要分布于老城区,面积规模达到 1 076.20 hm²;商业功能区分布于老城片区和百家湖片区,面积最大的是上坊工业园片区,占全部商业功能区的 32.56%;工业功能区分布数量最多的是九龙湖片区,该片区工业功能区的面积也是最大,占全部工业功能区的 28.47%. 上坊老镇片区和牛首山片区商业功能区不完备,南站片区缺失工业功能区.

(3)各片区主导功能有所差异. 将军山片区以居住功能区为主导类型,居住功能区面积占比高达 94.64%;牛首山片区、上坊老镇片区主导类型为工业功能区. 上坊工业园片区商业功能区面积占比最大,主要来源于汽车园和南京农副产品物流中心;各类型功能区面积占比最平均的是上坊工业园片区,片区内居住、商业、工业功能区占比分别为 24.41%、31.65%、43.94%,具体见表 2.

表 2 功能区分布情况

Table 2 The distribution of functional areas

片区名称	居住功能区			商业功能区			工业功能区			总计		
	数量/ 个	面积/ hm ²	面积 占比/%	数量/ 个	面积/ hm ²	面积 占比/%	数量/ 个	面积/ hm ²	面积 占比/%	数量/ 个	面积/ hm ²	面积 占比/%
上坊工业园	2	95.240	2.91	4	123.50	32.56	6	171.42	6.51	12	390.16	6.21
上坊老镇	1	30.160	0.92	0	0.00	0.00	2	141.97	5.40	3	172.13	2.74
老城	19	1 076.201	32.90	5	71.40	18.83	4	99.70	3.79	28	1 247.31	19.86
科学园	4	229.740	7.02	1	14.88	3.92	5	403.75	15.34	10	648.37	10.32
南站	5	396.820	12.13	3	87.39	23.04	0	0.00	0.00	8	484.21	7.71
百家湖	7	520.150	15.90	5	58.79	15.50	4	429.30	16.31	16	1 008.24	16.05
九龙湖	7	423.570	12.95	1	13.04	3.44	8	749.31	28.47	16	1 185.92	18.88
将军山	5	427.010	13.06	1	10.28	2.71	1	13.92	0.53	7	451.21	7.18
牛首山	2	71.950	2.20	0	0.00	0.00	5	622.12	23.64	7	694.07	11.05
研究区	52	3 270.850	100.00	20	379.28	100.00	35	2 631.49	100.00	107	6 281.62	100.00

2.2 江宁区城市用地集约利用评价指标权重计算结果

本文为降低指标选取的主观性,保证权重确定的合理性,选取层次分析法与熵权法相结合的方法确定指标权重.借助层次分析法,设置目标层为居住功能区、商业功能区、工业功能区,结合相关研究及《城市建设用地节约集约利用评价操作手册》确定准则层为土地利用程度、土地利用强度、土地利用效益,选取 21 项指标对江宁区土地利用集约状况进行综合评价;熵权法按照信息论基本原理的解释,信息是系统有序程度的一个度量,熵是系统无序程度的一个度量,如果指标的信息熵越小,该指标提供的信息量就越大,在综合评价中所起作用理当越大,权重就应该越高^[30].取层析分析法及熵权法两种方法的算数平均数作为本次评价使用的指标权重,如表 3 所示.

表 3 综合评价指标权重值
Table 3 The weight value of comprehensive evaluation index

目标	准则	综合权重	指标	综合权重
居住功能区	土地利用程度	0.287 2	土地利用度	0.194 2
			综合容积率	0.523 9
			建筑密度	0.281 8
	土地利用强度	0.490 2	人口密度	0.752 6
			基础设施完备度	0.247 4
	土地利用效益	0.222 6	住宅地价实现水平	0.435 4
			绿地率	0.304 4
			规划实现度	0.260 2
商业功能区	土地利用程度	0.325 8	土地利用度	0.211 1
			综合容积率	0.525 0
			建筑密度	0.263 9
	土地利用强度	0.492 7	基础设施完备度	1.000 0
			商业地价实现水平	0.560 4
	土地利用效益	0.181 5	规划实现度	0.439 6
工业功能区	土地利用程度	0.333 9	土地利用度	0.205 5
			综合容积率	0.496 1
			建筑密度	0.298 4
	土地利用强度	0.411 9	单位用地固定资产投资总额	0.522 5
			基础设施完备度	0.477 5
	土地利用效益	0.254 2	单位用地工业总收入	0.548 1
			规划实现度	0.451 9

2.3 江宁区土地集约利用评价结果与分析

2.3.1 居住功能区评价结果与分析

(1)居住功能区土地利用集约程度较高.居住功能区土地集约利用水平与最优状态的同一度、差异度、相反度均值分别为 0.547 7、0.083 3、0.368 9,贴近期平均值为 0.598 1.差异度均值低,说明各功能区土地集约利用水平具有区间性,多数功能区土地集约利用水平处在接近最优状态或接近最差状态的区间,位于中间的功能区数量较少.从置信度判别的等级来看,有 18 个功能区为第 1 等级;23 个功能区为第 2 等级;11 个功能区为第 3 等级;平均水平为第 2 等级.

(2)土地利用集约程度空间分异特征显著(见图 2).秦淮河沿岸和百家湖沿岸的居住区均较成熟,多数住宅房龄较短,在土地利用程度、土地利用强度、土地利用效益三个方面均表现出较高的水平,该区域土地集约利用水平较高.上坊老镇片区的 R003 和老城片区的 R008 多数房屋老、破、旧,虽然土地利用程度较高,但土地利用强度和利用效益较低;中心往西南方向的别墅区 R034、R042、R047 土地利用效益高,但土地利用程度和利用强度较低,上述区域均是受各自短板的严重影响,土地集约利用水平低.南站片区的 R028、R029 功能区、九龙湖片区的 R048 功能区和科学园片区的 R026 功能区受空闲地影响,各方面利用水平均较低,最终的土地集约利用水平接近最劣状态.

(3)比较土地利用程度(RA)、土地利用强度(RB)、土地利用效益(RC)、土地集约利用水平(RS)(见表 4),居住功能区的土地利用程度均最接近最优状态的系统.南站和九龙湖两个片区的个别功能区内均为空闲地,严重影响片区的土地利用程度平均水平.土地利用强度系统是最远离最优状态的系统.

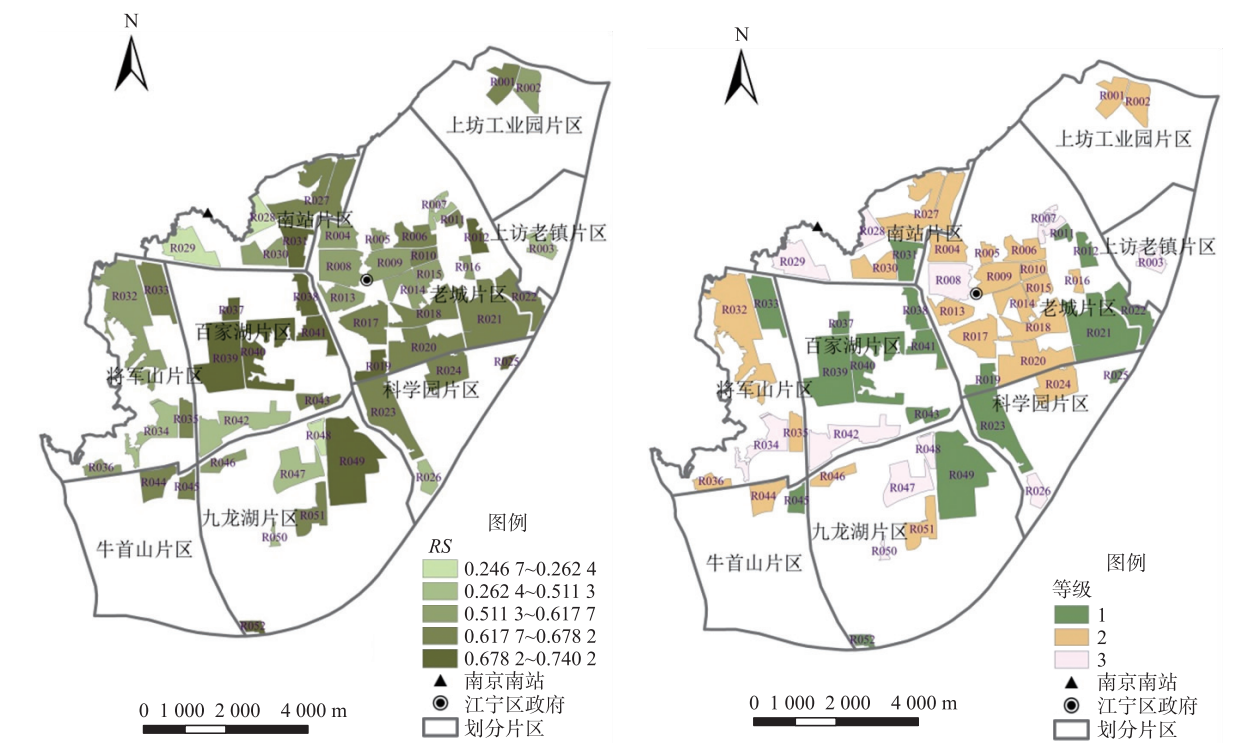


图 2 居住功能区土地集约利用水平空间分异

Fig. 2 Spatial differentiation of intensive land use in living functional areas

表 4 居住功能区分片区评价均值

Table 4 The evaluation average of living functional differentiation areas

区域	RA	RB	RC	$f_1(S)$	$f_2(S)$	$f_3(S)$	RS	S 均值等级
上坊工业园片区	0.691 3	0.521 7	0.568 1	0.569 8	0.103 8	0.326 4	0.635 4	2
上坊老镇片区	0.709 9	0.377 2	0.359 6	0.459 4	0.101 5	0.439 1	0.511 3	3
老城片区	0.702 4	0.496 1	0.549 5	0.556 3	0.097 4	0.346 3	0.615 6	2
科学园片区	0.675 1	0.551 8	0.605 3	0.588 0	0.067 7	0.344 3	0.629 0	2
南站片区	0.509 9	0.406 2	0.497 7	0.447 7	0.053 8	0.498 5	0.480 6	3
百家湖片区	0.695 9	0.601 1	0.632 7	0.623 8	0.062 2	0.314 0	0.665 1	1
九龙湖片区	0.522 1	0.478 0	0.588 1	0.505 7	0.069 2	0.425 1	0.544 8	3
将军山片区	0.621 3	0.435 5	0.627 5	0.521 1	0.106 9	0.372 0	0.582 4	2
牛首山片区	0.678 4	0.589 2	0.596 9	0.605 3	0.089 9	0.304 8	0.664 1	1
研究区全区	0.647 6	0.499 9	0.571 6	0.547 7	0.083 3	0.368 9	0.598 1	2

2.3.2 商业功能区评价结果与分析

(1)商业功能区的土地集约利用整体水平较好.商业功能区土地集约利用水平与最优状态的同一度、差异度、相反度均值分别为 0.544 5、0.037 7、0.417 9,差异度均值低,同一度和相反度均值相近,说明多数功能区土地集约利用水平处在接近最优状态或接近最差状态的区间,位于中间的功能区数量较少.贴进度平均值为 0.538 2.从置信度判别的等级来看,有 7 个功能区为第 1 等级,6 个功能区为第 2 等级,7 个功能区为第 3 等级,平均水平处于第 2 等级.

(2)西南部位的片区土地利用集约水平相对较好(见图 3).由于将军山、九龙湖、科学园片区的商业功能区都是辐射周边居住区和大学的商业综合体或商业街区,土地利用各方面水平较好,土地集约利用水平接近最优状态.百家湖片区、老城片区是江宁区的商业中心,分布有较多商场、写字楼,周围居住功能区提供了扎实的人口基础,土地利用各方面水平均较好,土地集约利用度接近最优状态.老城片区城北的 C007 功能区土地集约利用水平较高,其以零售服务业为主,包含一座万达广场,规模较大,辐射周边居住区,土地利用程度和效益均较高;C009 功能区是专业批发市场,土地集约利用水平相对较低.上坊工业园片区的 C001、C004 功能区土地集约利用水平均较高,其中 C010 是南京农副产品物流中心,规模巨大,容积率 and 建筑密度指标较强,土地利用效益也较好;C004 是新建的商业办公区,功能区内均是写字楼,土地

利用程度高. 南站片区的商业功能区土地集约利用水平均较低,其中 C011、C012 功能区内多为空闲地块, C019 功能区是二手车交易市场,容积率仅为 0.37,且不符合规划.

(3)土地利用程度和利用效益与最优状态的接近度相似(见表 5). 比较土地利用程度(RA)、土地利用强度(RB)、土地利用效益(RC)、土地集约利用水平(RS),发现商业功能区的土地利用程度、土地利用效益都与土地集约利用水平具有相似的波动性,高值位于科学园片区,低值位于南站片区. RB 波动较小,各商业功能区土地利用强度相差不大.

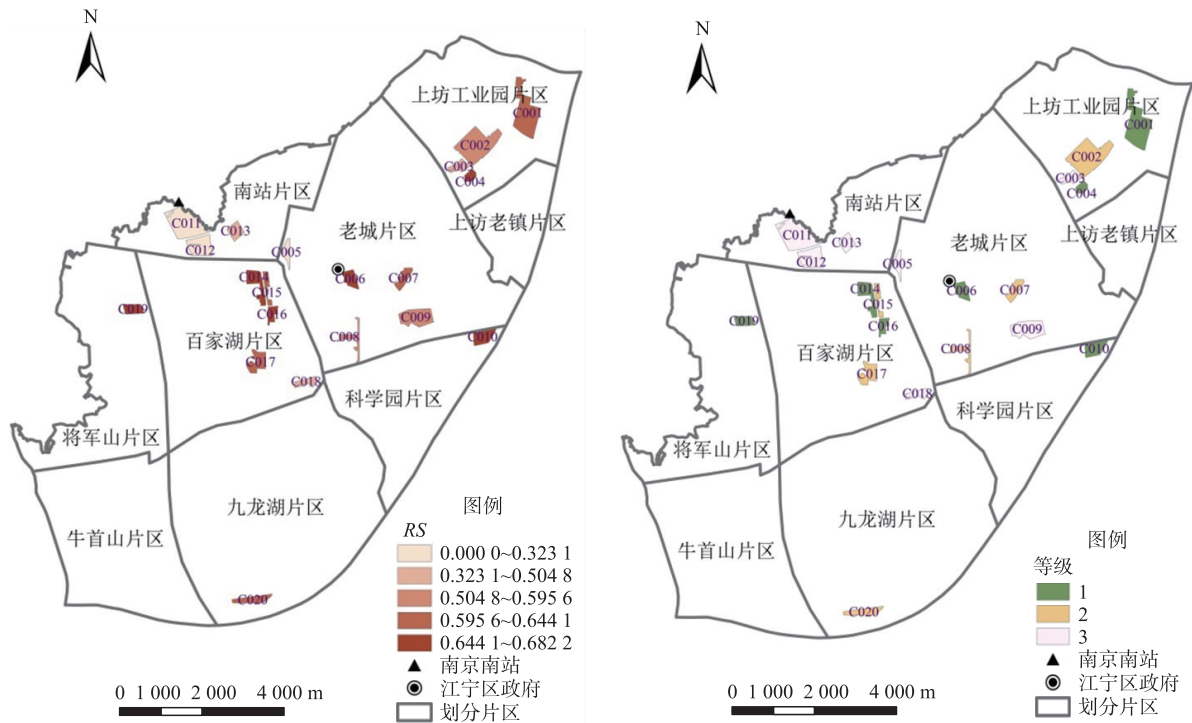


图 3 商业功能区土地集约水平空间分异

Fig. 3 Spatial differentiation of intensive land use in commercial functional areas

表 5 商业功能区分片区评价均值

片区	RA	RB	RC	$f_1(S)$	$f_2(S)$	$f_3(S)$	RS	S 均值等级
上坊工业园片区	0.558 5	0.577 0	0.682 5	0.573 4	0.042 6	0.384 0	0.599 1	2
上坊老镇片区	—	—	—	—	—	—	—	—
老城片区	0.561 7	0.544 8	0.498 3	0.525 1	0.042 8	0.432 1	0.549 3	3
科学园片区	0.759 2	0.604 9	0.692 3	0.648 3	0.026 4	0.325 3	0.665 9	1
南站片区	0.308 0	0.454 9	0.297 1	0.369 2	0.031 4	0.599 5	0.383 7	3
百家湖片区	0.586 0	0.604 9	0.670 5	0.593 1	0.034 1	0.372 8	0.614 2	2
九龙湖片区	0.638 2	0.584 9	0.675 3	0.599 6	0.051 9	0.348 5	0.632 4	2
将军山片区	0.765 3	0.604 9	0.686 8	0.649 2	0.025 8	0.325 0	0.666 3	1
牛首山片区	—	—	—	—	—	—	—	—
研究区全区	0.553 0	0.560 8	0.576 0	0.544 5	0.037 7	0.417 9	0.566 5	3

2.3.3 工业功能区评价结果与分析

(1)工业功能区的土地集约利用整体水平较好. 工业功能区与土地集约利用水平最优状态的同一度、差异度、相反度均值分别为 0.592 0、0.051 7、0.356 4,差异度均值低,同一度均值较高,说明多数各功能区土地集约利用水平处在接近最优状态的区间. 贴适度平均值为 0.623 6. 从置信度判别的等级来看,有 19 个功能区为第 1 等级;12 个功能区为第 2 等级;4 个功能区为第 3 等级;平均水平处于第 1 等级.

(2)工业功能区土地集约利用水平分布较为均衡(见图 4). 上坊工业园片区、科学园片区、百家湖片区、牛首山片区内工业用地集中连片,入驻企业都具有一定规模,土地集约利用整体水平均较高. 这些片区内个别功能区土地集约利用水平相对略低,其原因各不相同:上坊工业园片区 I005 功能区和百家湖片

区 I021 功能区不符合规划的土地面积占比较大,导致其土地利用效益较低;科学园片区的 I015 功能区和牛首山片区的 I031、I053 功能区包含较多空闲地块,土地利用程度较低. 上坊老镇片区的土地集约利用整体水平较低,该片区规划为新的生活社区,原有的工厂企业拆除工作基本结束,故片区内大部分土地暂时处于空闲状态,土地利用各项指标均较差. 老城片区的 I012 功能区不符合规划,区内厂房正在拆除. 九龙湖片区的 I021 功能区为南京出口加工区,正处在扩张建设期,区内有大面积的空闲地,严重拉低土地利用程度.

(3) 比较土地利用程度(RA)、土地利用强度(RB)、土地利用效益(RC)、土地集约利用水平(RS)(见表 6),土地利用程度是最接近最优状态的系统,土地利用效益是最远离最优状态的系统. 上坊工业园片区、上坊老镇老城片区、科学园片区的 4 种 R 值变化具有相似性,说明这四个片区土地利用各系统水平的差异较稳定. 土地利用各系统和最终的集约利用水平都在上坊老镇片区出现明显的低值,符合该片区当前的状态.

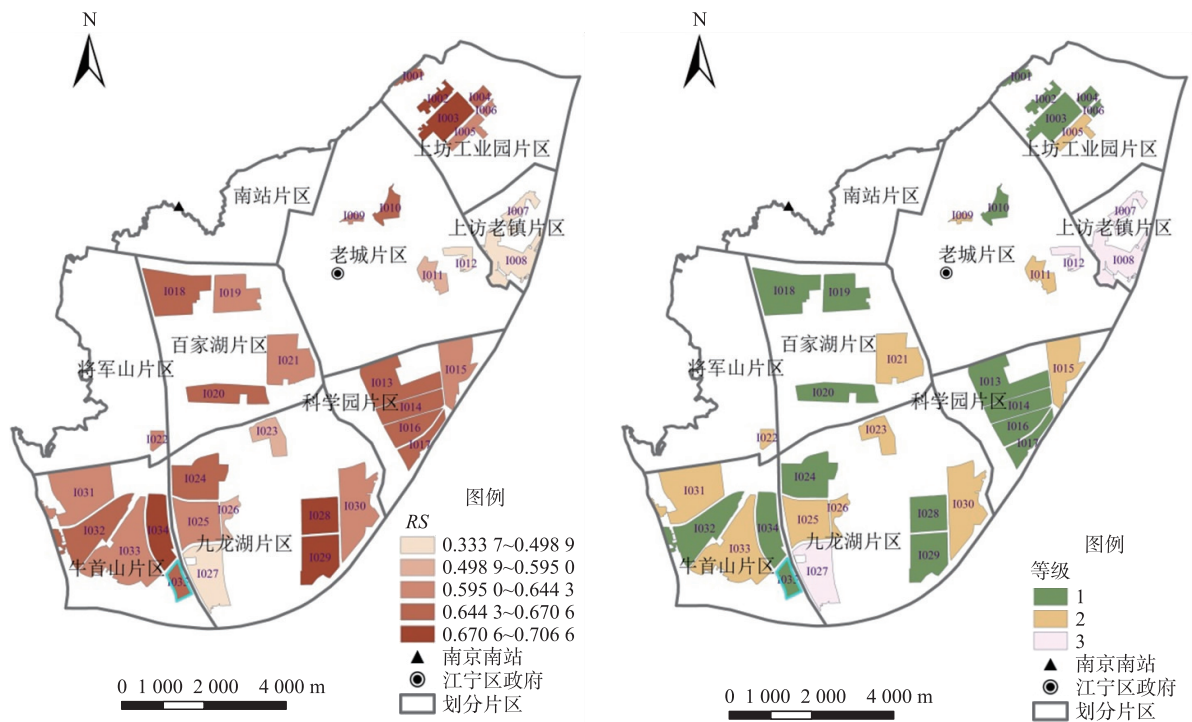


图 4 工业功能区土地集约利用水平空间分异

Fig. 4 Spatial differentiation of intensive land use in industrial functional areas

表 6 工业功能区分片区评价均值

Table 6 The evaluation average of industrial functional differentiation areas

片区	RA	RB	RC	$f_1(S)$	$f_2(S)$	$f_3(S)$	RS	S 均值等级
上坊工业园片区	0.679 9	0.619 5	0.621 5	0.629 4	0.044 9	0.325 7	0.658 7	1
上坊老镇片区	0.450 5	0.436 3	0.400 7	0.424 9	0.083 7	0.491 4	0.463 5	3
老城片区	0.559 6	0.514 2	0.497 4	0.516 4	0.056 1	0.427 5	0.547 5	3
科学园片区	0.661 1	0.625 1	0.631 8	0.627 7	0.047 7	0.324 6	0.659 0	1
南站片区	—	—	—	—	—	—	—	—
百家湖片区	0.655 7	0.642 3	0.564 9	0.617 0	0.048 6	0.334 4	0.648 5	1
九龙湖片区	0.543 3	0.624 1	0.637 0	0.588 8	0.050 2	0.361 0	0.619 9	2
将军山片区	0.690 9	0.555 6	0.524 7	0.584 1	0.058 5	0.357 4	0.620 4	2
牛首山片区	0.614 5	0.634 1	0.672 1	0.625 2	0.050 5	0.324 3	0.657 9	1
研究区全区	0.607 3	0.601 7	0.597 7	0.592 0	0.051 7	0.356 4	0.623 6	2

2.3.4 研究区整体分析

从各系统均值来看,全区土地利用程度、土地利用强度、土地利用效益、土地集约利用平均水平与最优状态的贴进度分别为 0.616 7、0.544 6、0.581 0、0.600 6. 平均值表明,三个系统中最贴进最优状态的是土地利用程度,最远离最优状态的是土地利用强度,土地集约利用整体水平较好.

将各功能区土地利用程度(RA)、土地利用强度(RB)、土地利用效益(RC)、土地集约利用水平(RS) 值分别按从小到大排列,得到图 5。对比发现,土地利用程度的低值区是各系统中最接近最劣状态的,高值区是各系统中最接近最优状态的,说明土地利用程度低的功能区与利用程度高的功能区差距大,这主要是受土地利用率的影响,应注重提高低值功能区的土地利用率。

整体来看,土地利用强度值线段的绝大部分处于最低位置,符合平均值反映的情况,说明全区土地利用强度整体水平相比于其他系统更远离最优状态,在重点增强低 RB 值地块土地利用强度的同时,也要注意全区整体土地利用强度的提升。

在土地利用程度值较高的区间,受土地利用强度、土地利用效益值的影响,土地集约利用水平高值与土地利用程度高值差距较大,说明土地利用程度较高的区域,其土地集约利用水平受土地利用强度和土地利用效益影响较大,并未表现出较高的水平,例如老城片区,应加强对这类区域的改造挖潜。

从研究区全区分布情况来看(见图 6),土地集约利用水平整体呈现中心-边缘模式的分布特征。除上坊老镇区外,其余 8 个功能区均分布有土地集约利用水平贴近最优状态的功能区。南北向的秦淮河沿岸与百家湖沿岸的功能区土地集约利用水平整体较高,以居住功能区为主,这些居住功能区较为成熟,以小高层和高层为主。明显的低值区主要出现在上坊老镇片区、南站片区、九龙湖片区,主要受空闲地块和规划因素影响。全区土地集约利用水平空间变化较连续,少有陡然变高或降低的现象,且高的居住功能区人口密度一般较大,其相邻的商业功能区或工业功能区土地集约利用水平大多较高,不同功能区各要素之间的相互影响,使土地集约利用水平具有一定的区域特征。

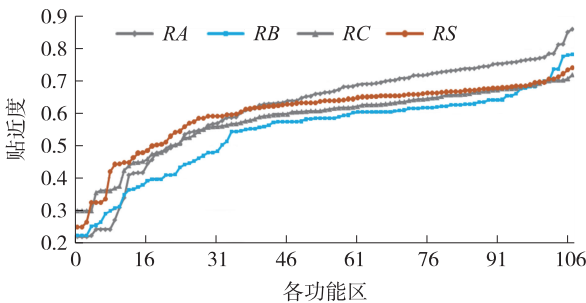


图 5 研究区 R 值对比图

Fig. 5 Comparison chart of R value in study areas

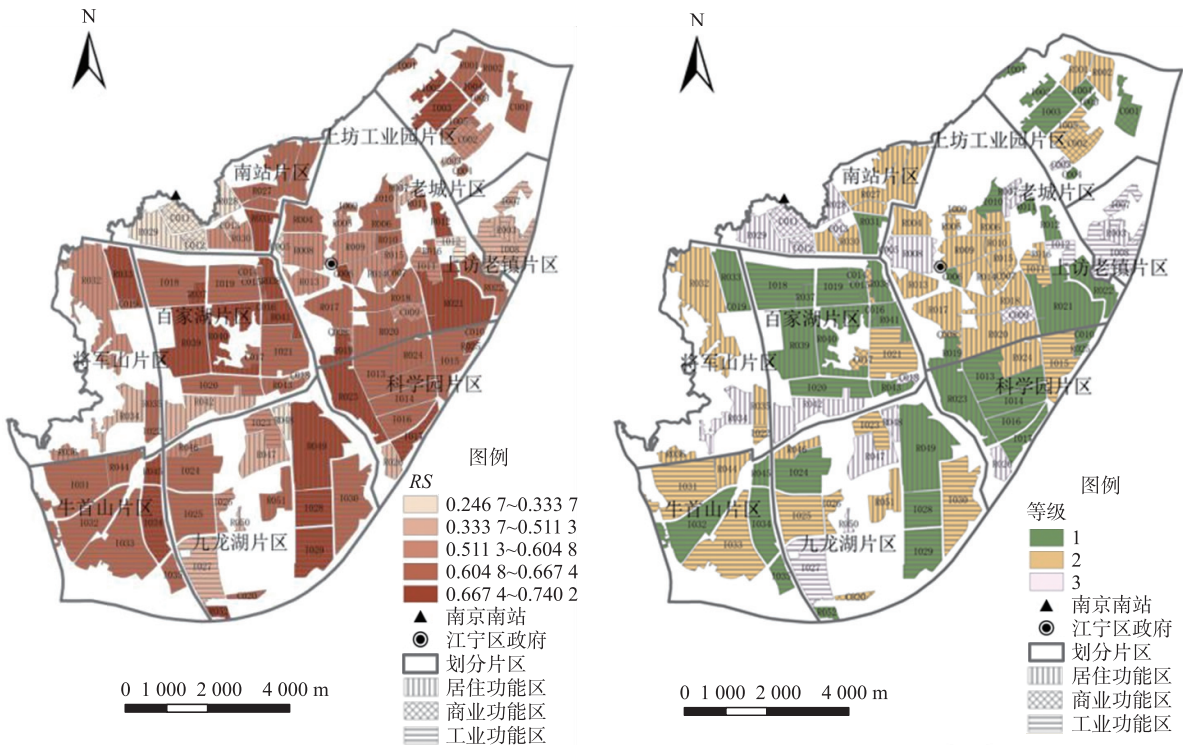


图 6 研究区土地集约利用水平空间分异

Fig. 6 Spatial differentiation of intensive land use in study areas

3 结语

本研究在测算城市用地集约利用的基础上,以南京市江宁区为研究对象,采用层次分析法结合熵权法

确定指标权重,借助集对分析法探讨了居住功能区、商业功能区、工业功能区的集约利用度,结果表明:

(1)居住功能区土地集约利用整体水平较好,土地利用程度、土地利用强度和土地利用效益存在区域差异,南北向秦淮河沿岸和百家湖沿岸居住区土地利用各方面水平均较好,土地集约利用水平高;商业功能区土地集约利用整体水平较好,土地利用集约程度以百家湖片区较集约,上坊工业园片区、老城片区、南站片区中部分功能区的土地利用不集约;工业功能区土地集约利用整体水平较好,空间分布上较为均衡,上坊工业园片区、科学园片区、百家湖片区、牛首山片区土地集约利用整体水平均较高;老城片区的 I012 和上坊老镇片区的 I007、I008 功能区、九龙湖片区的 I021 土地集约利用水平低。

(2)研究区整体土地集约利用水平与最优状态贴适度较好。三个系统中,最贴近最优状态的是土地利用程度,但优劣功能区土地利用程度相差较大,主要受土地利用率影响,应加强闲置土地的处理;最远离最优状态的是土地利用强度,全区整体土地利用强度水平有提升空间。

(3)城市用地集约利用水平呈现区域性的特点,土地集约利用水平高的居住功能区旁大多分布土地集约利用水平高的商业功能区或工业功能区,这是因为不同功能区各要素之间相互联系,相互影响,具有一定的促进作用。

城市用地集约利用水平受土地属性、社会经济、生态环境等各方面影响,对其进行定量评价是一项复杂、系统的工作,本文在评价指标选取时考虑到数据的可获取性,而指标和评价标准的确定都较为重要,如何补充完善指标体系以及将各指标细化和分解有待后续研究进一步加强,同时需要扩大研究区范围如以城市内部的各功能区为研究对象,增加教育功能区、行政办公区等其他各类功能区等,以及延长研究时段以获取地区土地集约利用的动态演变过程,发现其内在机理以预测未来发展状况,这些问题都有待未来的进一步研究完善。

[参考文献]

- [1] NORTHAM R M. Urban geography[M]. New York: J Wiley Sons, 1975: 65-67.
- [2] 陈明星,叶超,周义. 城市化速度曲线及其政策启示:对诺瑟姆曲线的讨论与发展[J]. 地理研究, 2011, 30(8): 1 499-1 507.
- [3] 孙永正. 加快新型城镇化进程的困境与对策[J]. 经济问题, 2017(2): 56-62.
- [4] 陈田田,张红. 京津冀地区土地集约利用对城市经济发展的影响[J]. 城市问题, 2017(6): 60-67.
- [5] 宋戈. 中国城镇化过程中土地利用问题研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2004.
- [6] 赵小风,黄贤金,陈逸,等. 城市土地集约利用研究进展[J]. 自然资源学报, 2010, 25(11): 1 979-1 996.
- [7] 王温鑫,金晓斌,杨绪红,等. 新数据环境下城市土地集约利用精细化评价:以南京市为例[J]. 现代城市研究, 2017(6): 9-15.
- [8] 王群,王万茂,金雯. 中国城市土地集约利用研究中的新观点和新方法:综述与展望[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(S1): 95-100.
- [9] 龚义,吴小平,欧阳安蛟. 城市土地集约利用内涵界定及评价指标体系设计[J]. 浙江国土资源, 2002(2): 46-49.
- [10] 赵鹏军,彭建. 城市土地高效集约化利用及其评价指标体系[J]. 资源科学, 2001, 23(5): 23-27.
- [11] 姚成胜,李政通,杜涵,等. 长三角地区土地集约利用与经济发展协调性[J]. 经济地理, 2016, 36(2): 159-166.
- [12] 曲林静. 珠三角地区建设用地集约利用评价研究[D]. 广州:广州大学, 2010.
- [13] 王雨竹,徐培玮. 京津冀地区城市土地集约利用与城镇化耦合协调关系研究[J]. 水土保持研究, 2016, 23(1): 200-204.
- [14] 薛俊菲,邱道持,卫欣,等. 小城镇土地集约利用水平综合评价探讨:以重庆市北碚区为例[J]. 地域研究与开发, 2002, 21(4): 46-50.
- [15] 秦鹏,陈健飞. 香港与深圳土地集约利用对比研究[J]. 地理研究, 2011, 30(6): 1 129-1 136.
- [16] 周璐红,洪增林,余永林. 街区经济发展中土地集约利用评价研究:以西安市莲湖区为例[J]. 中国土地科学, 2012, 26(7): 78-83.
- [17] 钟文,楚玉洁. 生态视角下的商业用地集约利用潜力挖掘模式初探[J]. 城市地理, 2015(5X): 254-255.
- [18] 张俊峰,董捷. 基于“两型社会”的武汉城市圈土地集约利用评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(1): 111-116.
- [19] 张富刚,郝晋瑕,姜广辉,等. 中国城市土地利用集约度时空变异分析[J]. 中国土地科学, 2005, 19(1): 23-29.

(下转第 148 页)

- [18] 赵伟娜,王诺. 港口对城市的绿色经济贡献率[J]. 水运管理,2007,29(10):10-12.
- [19] 曹德友,郭强,程海静. 港口规划环境影响评价指标体系的初步研究[J]. 环境科学与管理,2006,31(5):185-188.
- [20] 杨山,潘婧. 港城耦合发展动态模拟与调控策略:以连云港为例[J]. 地理研究,2011,30(6):1 021-1 031.
- [21] 王其藩. 系统动力学[M]. 北京:清华大学出版社,1994:285.
- [22] 贾仁安,丁荣华. 系统动力学——反馈动态性复杂分析[M]. 北京:高等教育出版社,2002:22-25,250-254.
- [23] 何红波,潘毅刚,陈利华. 关于构建区域能源需求预测模型系统的初步思考[J]. 预测与分析,2006(23):3-5.
- [24] 国家环境保护总局,国家统计局. 中国绿色国民经济核算研究报告 2004[J]. 环境经济,2006(34):10-16.
- [25] 张雪花,张宏伟,张宝安. SD 法在城市需水量预测和水资源规划中的应用研究[J]. 中国给水排水,2008,24(9):42-46.
- [26] 裴同英,张宏伟,张雪花,等. 基于系统动力学和灵敏度模型的生态校园物流分析[J]. 四川环境,2010,29(4):64-67.
- [27] 薛冰,宋新山,严登华. 基于系统动力学的天津市水资源模拟及预测[J]. 南水北调与水利科技,2011,9(6):43-47.

[责任编辑:丁 蓉]

(上接第 139 页)

- [20] 宋戈,高志昊,马和. 石油城市转型期土地集约利用对策研究:以黑龙江省大庆市为例[J]. 中国国土资源经济,2008(12):21-23.
- [21] 王金地,欧名豪,胡传景. 基于 FUZZY 的城市土地集约利用评价:以扬州市为例[J]. 国土资源科技管理,2008(1):29-34.
- [22] 陈嘉,刘秀华. 基于模糊综合评价模型的城市土地集约利用潜力评价:以河南省平顶山为例[J]. 南方农业学报,2011(3):340-344.
- [23] 汪明武,金菊良,周玉良. 集对分析耦合方法与应用[M]. 北京:科学出版社,2014.
- [24] 黎孔清,陈银蓉. 低碳理念下的南京市土地集约利用评价[J]. 中国土地科学,2013,27(1):61-66.
- [25] 顾朝林,王颖,邵园,等. 基于功能区的行政区划调整研究:以绍兴城市群为例[J]. 地理学报,2015,70(8):1 187-1 201.
- [26] 赵克勤. 集对分析及其初步应用[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,2000.
- [27] 张锐,郑华伟,刘友兆. 基于压力-状态-响应模型与集对分析的土地利用系统健康评价[J]. 水土保持通报,2014,34(5):146-152.
- [28] 姚治华,王红旗,郝旭光. 基于集对分析的地质环境承载力研究:以大庆市为例[J]. 环境科学与技术,2010,33(10):188-194.
- [29] 苏飞,陈媛,张平宇. 基于集对分析的旅游城市经济系统脆弱性评价:以舟山市为例[J]. 地理科学,2013,33(5):538-544.
- [30] 余健,房莉,仓定帮,等. 熵权模糊物元模型在土地生态安全评价中的应用[J]. 农业工程学报,2012,28(5):260-266.

[责任编辑:丁 蓉]