

# 基于主成分分析和物元模型的河南省 城市土地集约利用对比研究

范辉<sup>1</sup>, 王立<sup>1</sup>, 周晋<sup>2</sup>

(1. 信阳师范学院 城市与环境科学学院, 河南 信阳 464000; 2. 信阳师范学院 科研处, 河南 信阳 464000)

**摘要:** 提高城市土地集约利用水平对缓解人地矛盾、提高土地利用效率等具有重要意义。以河南省 17 个省辖市的城市土地利用为研究对象, 根据城市土地集约利用的内涵, 构建一套衡量城市土地利用集约度的指标体系, 并采用主成分分析法和物元模型 2 种方法对各城市土地利用的集约度进行了对比分析。研究表明, 2 种方法测评的城市土地利用集约度, 在测评结果排序、集约利用等级划分和空间分布等方面虽有差异, 但存在较大的相似性。豫北、豫西南和豫西的城市土地集约利用程度较高, 而位于豫东和豫东南的城市土地集约利用程度则相对较低。2 种方法在分析影响城市土地集约利用程度的内部因素时差异较大。研究结论认为, 未来河南省各城市要加大土地投入力度, 改善土地生态环境质量, 以促进城市土地集约利用程度的提高。

**关键词:** 城市土地; 集约利用; 主成分分析; 物元模型; 河南省

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2012)03-0160-05

中图分类号: F301.24

## Comparison on Urban Intensive Land Use in He'nan Province Based on Principal Component Analysis and Matter-element Model

FAN Hui<sup>1</sup>, WANG Li<sup>1</sup>, ZHOU Jin<sup>2</sup>

(1. College of Urban and Environmental Science, Xinyang Normal University, Xinyang, He'nan 464000, China;

2. Scientific Research Department of Xinyang Normal University, Xinyang, He'nan 464000, China)

**Abstract:** Improving the intensive use degree of urban land is of importance to alleviate the contradiction between human being and land resources and improve land use efficiency. According to the intensive use connotation of urban land, a set of indexes is established to determine the intensive use degree of urban land. A comparative analysis is made to determine the intensive use degrees for the urban lands of 17 cities in He'nan Province using principal component analysis and matter-element method. Results show the two methods have greater similarities in the order, classification and spatial distribution of evaluation results, despite of some differences. The cities in the northern, western and southwestern parts of the province have more intensive use degree of urban land than the cities in the eastern and southeastern parts. The two methods are quite different in the analysis of internal factors about intensive use of urban land. It is suggested that all the cities should increase land investment and improve land environmental quality in entire province in the future to promote the increasing intensive use of urban land.

**Keywords:** urban land; intensive use; principal component analysis; matter-element model; He'nan Province

近年来,随着我国工业化和城镇化的快速推进,城市空间过度扩张和土地利用效率低下等问题日益突出<sup>[1-2]</sup>,大量农用地转化为建设用地<sup>[3]</sup>,人地矛盾十分突出,节约、集约利用土地成为缓解土地供需矛盾的必然选择<sup>[4]</sup>。随着国务院对新一轮土地利用总体

规划修编的具体要求和国土资源部开展的城市和开发区土地集约利用研究和评价工作的开展,国内学术界对城市土地集约利用进行了深入的研究<sup>[5]</sup>。一些学者探讨了区域城市土地集约利用水平的时空演变,如卞兴云等<sup>[6]</sup>探索了山东省 2000—2006 年各城市土

收稿日期:2011-06-16

修回日期:2012-02-10

资助项目:河南省科技计划项目“基于地籍管理的时空数据模型研究”(112300410302);河南省高校自然科学基金项目“基于 GIS 的河南省虚拟土地规模与贸易的时空演变研究”(2011B170008),“基于人本主义理念的城市社区生活空间公正结构探讨”(2011B170009);河南省高校人文社会科学项目“河南省虚拟土地战略规划研究”(2011-ZX-100);信阳师范学院青年科研基金项目“基于 GIS 的河南省虚拟土地规模优化研究”(20100055)

作者简介:范辉(1979—),男(汉族),河南省郸城县人,硕士,讲师,从事土地经济与管理研究工作。E-mail:fanhuie2002@163.com。

地集约利用的演变;渠丽萍等<sup>[7]</sup>,聂艳等<sup>[8]</sup>分别研究了武汉市近年来土地集约利用的变化情况;罗新茂等<sup>[9]</sup>分析了湖北省钟祥市近年来城市土地集约利用情况。还有一些学者深入研究了城市土地集约利用与经济社会发展等方面的协调性问题。如朱天明等<sup>[10]</sup>探索了长三角地区城市土地集约利用与经济社会发展之间的协调性变化;吴郁玲等<sup>[11-12]</sup>研究了城市土地集约利用与城市土地市场发育之间的关系;徐艳等<sup>[13]</sup>以江苏省为例分析了土地集约利用与经济发展之间的关系。

然而,学术界关于城市土地集约利用方面的研究大多仅采用 1 种研究方法。本研究尝试采用 2 种研究方法,对同一个区域的城市土地集约利用情况进行分析,以便实现 2 种研究方法的互相检验。河南省是我国重要的粮食主产区之一,近年来城镇化和工业化进程迅速,经济社会发展对建设用地的需求十分强

烈,人地矛盾十分尖锐。因此,本研究以河南省 17 个省辖市为研究单元,采用主成分分析法和物元模型 2 种方法分别对该区域内的城市土地集约利用水平进行对比研究和评价。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源

土地集约利用是一个内涵丰富的概念,涉及经济、社会等诸多方面<sup>[14]</sup>。根据城市土地集约利用的概念和具体内涵,借鉴相关研究成果<sup>[6,15-17]</sup>,并结合河南省城市土地利用的具体情况,在遵循科学性、系统性、可得性和可比性等原则的基础上,从土地投入水平、土地产出水平、土地利用程度和土地生态环境质量等 4 个方面,选取 13 个指标来建构城市土地集约利用的评价体系(表 1)。为了提高不同研究单元之间的可比性,本研究均采用单位强度指标和相对指标。

表 1 城市土地集约利用评价指标体系

目标层	准则层	评价指标	指标属性
城市土地集约利用水平	土地投入水平	地均固定资产投资量 $x_1/(10^4 \text{ 元} \cdot \text{km}^{-2})$	V
		人均道路面积 $x_2(\text{m}^2/\text{人})$	V
		地均 GDP $x_3/(10^4 \text{ 元} \cdot \text{km}^{-2})$	V
	土地产出水平	地均工业总产值 $x_4/(10^4 \text{ 元} \cdot \text{km}^{-2})$	V
		地均社会消费品零售额 $x_5/(10^4 \text{ 元} \cdot \text{km}^{-2})$	V
		地均地方财政收入 $x_6/(10^4 \text{ 元} \cdot \text{km}^{-2})$	V
		人口密度 $x_7/(\text{人} \cdot \text{km}^{-2})$	V
	土地利用程度	人均建设用地面积 $x_8(\text{m}^2/\text{人})$	∧
		城市用地与人口增长弹性系数 $x_9$	∧
		建设用地与 GDP 弹性系数 $x_{10}$	∧
		建设用地与工业总产值弹性系数 $x_{11}$	∧
	土地生态环境质量	人均绿地面积 $x_{12}(\text{m}^2/\text{人})$	V
		绿化覆盖率 $x_{13}/\%$	V

注:指标属性栏中,“V”表示该指标越大越好,“∧”表示该指标越小越好,在使用物元模型时用到此属性。

本研究以河南省所辖的 17 个地级市为地域研究单元,研究数据来源于《中国城市统计年鉴 2007》,部分数据由该年鉴上的原始数据经处理所得。

### 1.2 研究方法

1.2.1 数据标准化 为了促使数据之间的可比性,对初始数据进行了无量纲化处理。对于越大越有利的指标,采用正向指标计算公式进行处理;对于越小越有利的指标,采用负向指标计算公式进行处理。数据处理公式为:

$$\text{正向指标: } x' = x_{ij} / \max(x_j) \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } x' = \min(x_j) / x_{ij} \quad (2)$$

式中:  $x'$ ——标准化后的指标值;  $x_{ij}$ ——原始指标值;  $x_j$ ——第  $j$  列指标。

1.2.2 主成分分析 主成分分析法能将众多具有相关性的指标重新组合成少数且互不相关的综合指标,从而达到降维的目的<sup>[18-19]</sup>。采用主成分分析方法,计算河南省各省辖市城市土地集约利用水平。在软件 SPSS 13.0 的帮助下,对标准化后的各项指标进行主成分分析。主要计算步骤如下:(1) 根据主成分方差累计贡献率大于 85% 的原则,提取相应的主成分、主成分载荷矩阵和主成分得分系数矩阵;(2) 根据主成分得分系数矩阵,计算各主成分得分;(3) 以各主成分方差贡献率占总方差贡献率的比例作为权重,以各主成分得分为变量,计算各地区城市土地利用集约度的综合得分。

1.2.3 物元模型 20 世纪 80 年代我国数学家蔡文提出了物元分析理论,用于解决复杂的不相容问

题<sup>[20]</sup>。城市土地集约利用指标体系内部存在复杂的非线性关系,因此,物元模型比较适宜于本研究。本研究采用基于欧氏贴近度的模糊物元模型计算河南省各省辖市城市土地集约利用水平。

主要计算步骤如下:(1)确定模糊物元和复合模糊物元;(2)根据从优隶属度原则,计算标准模糊物元和差平方复合模糊物元,其中采用变异系数法确定不同指标间的权重;(3)计算欧氏贴近度,并根据欧氏贴近度的大小对河南省各省辖市城市土地集约利用进行评价。

1.2.4 聚类分析 在软件 SPSS 13.0 的帮助下,将采用主成分分析法和物元模型计算的河南省各省辖市城市土地集约利用结果,分别进行  $K$  均值聚类分析。根据河南省城市土地利用的实际情况,并借鉴相关研究成果<sup>[6,15]</sup>,将城市土地集约利用划分为 4 个等级,即高集约利用、集约利用、适度利用和粗放利用。然后比较主成分分析法和物元模型 2 种方法测度的城市土地集约利用水平的排序和等级划分结果,4 种等级的数量及比例;并借助 ArcGIS 软件,将比较结果从空间分布的角度进行表达。

## 2 结果分析

### 2.1 主成分分析

2.1.1 总方差分解 首先,将 2006 年度河南省 17 个省辖市的经济社会指标,根据式(1)和(2)进行标准化处理。然后,采用软件 SPSS 13.0 进行主成分分析,分别得到样本指标的特征值、方差贡献率和累计方差贡献率等(表 2)。

从表 2 可以看出,前 4 个主成分的累计贡献率达到了 85.99%,因此,可以利用这 4 个主成分对城市土地集约利用作主成分分析。

表 2 特征值、贡献率和累计贡献率

主成分	特征值	贡献率	累计贡献率
1	5.01	38.54	38.54
2	2.52	19.39	57.93
3	2.17	16.71	74.64
4	1.48	11.35	85.99
5	0.74	5.72	91.72
6	0.43	3.28	94.99
7	0.22	1.72	96.71
8	0.19	1.44	98.15
9	0.12	0.90	99.05
10	0.10	0.76	99.81
11	0.02	0.12	99.93
12	0.01	0.05	99.98
13	0.00	0.02	100.00

2.1.2 因子分析 根据主成分载荷矩阵,第 1 主成分与  $x_2$  有较强的相关性,第 2 主成分与  $x_{12}, x_{13}$  有较强的相关性,第 3 主成分与  $x_3, x_4$  和  $x_6$  有较高的相关性,而第 4 主成分与  $x_9, x_{10}$  等有较强的相关性。因此,可以将 4 个主成分分别归结为土地投入因子、土地生态环境质量因子、土地产出因子和土地利用强度因子。

2.1.3 得分计算 根据主成分得分系数,计算各地区 4 个主成分的分别得分。根据 4 个主成分方差贡献率占总方差贡献率的比重计算权重,测算各地区的城市土地集约度的综合得分(表 3)。

表 3 城市土地利用集约度得分

城市名	各主成分得分				综合得分
	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	
郑州	0.399 9	0.423 5	0.982 0	0.242 6	0.497 5
开封	-0.083 7	-0.272 3	0.835 1	0.646 8	0.148 8
洛阳	0.542 2	-0.177 3	0.805 8	0.910 4	0.479 7
平顶山	0.178 3	0.058 8	0.599 2	0.468 7	0.271 5
安阳	0.151 9	0.232 1	1.021 2	0.942 1	0.443 2
鹤壁	0.180 5	0.253 1	0.638 6	0.251 5	0.295 3
新乡	-0.377 5	0.240 3	1.220 6	0.633 3	0.205 8
焦作	0.447 8	-0.135 4	1.099 3	0.559 3	0.457 6
濮阳	0.220 7	0.639 6	0.682 4	0.903 6	0.495 0
许昌	0.272 9	0.356 7	0.834 6	0.3067	0.405 4
漯河	-0.091 1	-0.011 4	0.965 5	0.821 8	0.252 7
三门峡	0.400 9	-0.161 8	0.451 6	0.606 3	0.311 0
南阳	0.391 3	0.146 4	0.409 9	0.695 6	0.379 8
商丘	-0.002 3	0.219 7	0.671 9	0.248 4	0.211 9
信阳	-0.154 2	0.233 6	0.266 7	0.997 5	0.167 1
周口	-0.098 7	-0.120 3	0.473 6	0.767 7	0.122 0
驻马店	-0.222 2	-0.325 6	0.396 3	0.350 2	-0.049 7

### 2.2 物元模型分析

首先,根据式(1)和(2)对各研究单元的各项指标进行标准化处理。其次,确定模糊物元,计算从优隶属度和复合模糊物元。

然后,根据变异系数法确定不同指标间的权重,并计算权重复合物元。

根据变异系数和权重复合物元,计算各城市土地利用集约度的欧式贴近度,即综合得分(表 4)。

表 4 城市土地利用集约度得分

城市名	郑州	开封	洛阳	平顶山	安阳	鹤壁	新乡	焦作	濮阳
综合得分	0.542 3	0.352 3	0.539 9	0.460 3	0.523 9	0.458 7	0.429 5	0.501 1	0.575 8
城市名	许昌	漯河	三门峡	南阳	商丘	信阳	周口	驻马店	
综合得分	0.477 5	0.445 9	0.462 4	0.500 3	0.412 3	0.415 6	0.405 6	0.399 6	

### 2.3 对比分析

为了更好地反映城市土地集约利用水平,对主成分分析法和物元模型 2 种方法计算的结果,从排序、等级划分和空间分布等 3 种角度进行对比分析。

2.3.1 城市土地利用集约度的排序比较 由于本研究分别采用主成分分析法和物元模型 2 种方法,因此测算的城市土地利用集约度的 2 种得分不具有可比性,但是,可以对 2 种方法的测算结果从排序的角度进行比较。

从总体上看,采用 2 种方法计算得出的各城市土地利用集约度得分排序有一定的差异,但区别不大。从排序的角度分析,洛阳市、漯河市和三门峡市 3 个地区的排序结果相同;平顶山市、安阳市等 8 个地区物元模型的排序比主成分分析法排序前进了 1 位;郑

州市、鹤壁市等 4 个地区的排序结果两者相比下降了 1 个位次;开封市和商丘市的排序结果则下降了 2 个位次。总体上看,所有省辖市的顺序差都是控制在 ± 2 的范围之内。

2.3.2 城市土地利用集约度的等级划分及比较 将采用主成分分析法和物元模型计算的城市土地利用集约度得分,分别在软件 SPSS 13.0 中进行 4 种级别的等级划分。总体上看,城市土地利用集约度在前 3 种等级的分布相对均匀且数量较多,“粗放利用”等级上的数量分布均较少(表 5)。从各等级数量上分析,2 种计算方法测算的结果在“集约利用”等级和“粗放利用”等级上数量是相同的。主成分分析法测算的结果在“高集约利用”等级上数量相对较多,而物元模型测算的结果则在“适度利用”等级上数量相对较多。

表 5 2 种计算方法的集约等级划分

方法	结构	高集约利用	集约利用	适度利用	粗放利用	合计
主成分分析法	数量/个	6	4	6	1	17
	比例/%	35.29	23.53	35.29	5.88	100.00
物元模型	数量/个	3	4	9	1	17
	比例/%	17.65	23.53	52.94	5.88	100.00

根据 2 种测算结果的等级差异,郑州市、洛阳市等 7 个地区的城市土地利用集约度等级相同;开封市、平顶山市等 8 个地区的城市土地利用集约度等级出现了下降的态势;仅有安阳市和驻马店市 2 个地区的城市土地利用集约度等级呈现了上升的态势。

而且,不管是呈现上升还是下降态势的地区,等级变化均是在相邻的 2 个等级之间变动。因此,从总体上看,采用主成分分析法和物元模型 2 种方法分别测算的城市土地利用集约度之等级划分虽有区别,但差异较小。

2.3.3 城市土地利用集约度的空间分布 从空间分布的角度分析,采用主成分分析法和物元模型测算的

城市土地利用集约度在等级划分上存在一定的差异,同时也存在共同点(图 1)。两者之间的差异体现在部分地区城市土地集约利用等级采用 2 种方法其结果有一定的差异,比如三门峡市、南阳市等地区。从图 1 可以明显地看出,2 种方法测算的结果在等级划分上存在明显的共同点,豫西、豫南和豫北的部分地区的城市土地集约利用水平相对较高,而豫南和豫东各地区的城市土地集约利用水平则一直相对较低。因而,这也相互印证了主成分分析法和物元模型在城市土地集约利用水平评价上是适宜的,且结果是比较相似的。

2 种计算方法所测算的城市土地利用水平等级变动在空间上也呈现出一定的特征。大部分地

区的城市土地集约利用水平都发生了变化。等级降低和等级提高的地区在数量上基本相等;在空间分布

上,等级保持不变和等级降低的地区从西南向东北呈现间隔式的交替分布状态。

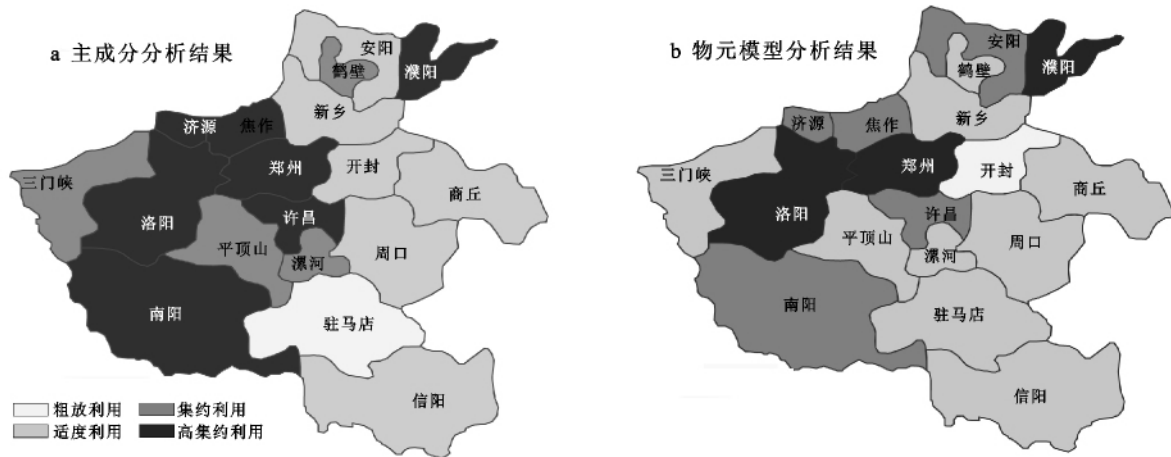


图 1 河南省城市土地利用集约度之等级划分

### 3 结论

(1) 本研究在对城市土地集约利用水平进行评价的同时,实现了方法对方法的检验。利用同一个指标体系,分别采用主成分分析法和物元模型 2 种方法对河南省 17 个省辖市的城市土地利用集约度进行了研究。从评价结果排序的情况看,所有城市的顺序差都能控制在 $\pm 2$ 的范围内。此外,从评价结果之集约等级划分的角度分析,2 种方法测评的结果虽然有所差异,但是同一个城市集约利用等级不管是上升还是下降,等级变化均在相邻等级之间变动。考虑到 2 种评价方法的差异性等因素,这说明在集约利用等级划分上是具有较强的相似性。

(2) 从集约利用等级的空间分布角度分析,2 种评价方法测算的集约度虽有所差异,但也存在很多的共同点。豫西、豫西南和豫北的部分地区(如郑州市、濮阳市、洛阳市、南阳市和焦作市等)的城市土地集约利用水平相对较高,而豫东南和豫东各地区(如开封市、驻马店市、周口市、信阳市等)的城市土地集约利用水平则一直相对较低。

(3) 主成分分析法和物元模型在评价结果上具有一致性,但在内部因素分析上差异较大。主成分分析法通过计算各城市在 4 个主成分的得分,可以深入分析各城市在土地投入水平、土地产出水平、土地利用程度和土地生态环境质量等方面的强弱;而物元模型仅能得出城市土地利用集约度的综合得分,无法深入分析一个城市在哪个方面的强与弱。

(4) 根据主成分分析的详细结果,从总体上看各城市在土地产出和土地利用程度上相对较强,而在土

地投入和土地生态环境质量等方面则相对较弱。从总体上看,河南省城市土地集约利用水平,主要依赖于单位土地面积投入强度提高和城市生态环境改善。因此,未来河南省在城市土地集约利用方面要重视对土地投入水平的提高和土地生态环境质量的改善。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 孙文盛. 大力推进节约集约用地促进经济社会可持续发展:在市长研讨班暨厅局长座谈会上的讲话[J]. 国土资源通讯, 2005(14): 24-29.
- [2] 陆大道,姚士谋,刘慧,等. 2006 中国区域发展报告:城镇化进程及空间扩张[M]. 北京:商务印书馆, 2007: 125-127.
- [3] Tan Minghong, Li Xiubin, Xie Hui, et al. Urban land expansion and arable land loss in China: A case study of Beijing-Tianjin-Hebei region [J]. Land Use Policy, 2005, 22(2): 187-196.
- [4] 王静,邵晓梅. 土地节约集约利用技术方法研究:现状、问题和趋势[J]. 地理科学进展, 2008, 27(3): 68-74.
- [5] 朱天明,杨桂山,万荣荣. 城市土地集约利用国内外研究进展[J]. 经济地理, 2009, 29(6): 977-983.
- [6] 卞兴云,冉瑞平,贾燕兵. 山东省城市土地集约利用时空差异[J]. 地理科学进展, 2009, 28(4): 617-621.
- [7] 渠丽萍,张丽琴,胡伟艳. 城市土地集约利用变化影响因素研究:以武汉市为例[J]. 资源科学, 2010, 32(5): 970-975.
- [8] 聂艳,于婧,胡静,等. 基于系统协调度的武汉城市土地集约利用评价[J]. 资源科学, 2009, 31(11): 1934-1939.
- [9] Luo Xinmao, He Hongwei, Ke Xinli. Evaluation of urban land intensive use based on analytic hierarchy process: a case of Zhongxiang City, Hubei Province, China [J]. Asian Agricultural Research, 2009, 1(10): 38-42.

(下转第 169 页)

别的位置型关键地段可能会随着地区社会经济活动的变化而改变。同时,由于阻力值系经验定性得出,主观性较强,对识别结果的准确性会产生影响;限于研究对象实际情况,缺乏对高原型阻力面及其对应关键地段识别的实证研究。此外,无锡地处长三角地区,其特征虽在一定程度上反映了长三角地区的基本特点,但该尺度下的研究结果是否适用于整个长三角地区等一系列问题,还有待进一步深入探讨,这些也都是未来研究的重要方向和热点问题。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局[J]. 生态学报, 1999,19(1):8-15.
- [2] 俞孔坚. 景观生态战略点识别方法与理论地理学的表面模型[J]. 地理学报,1998,53(S):11-20.
- [3] Forman R T T. Land mosaics: the ecology of landscapes and region [M]. Cambridge, Cambridge University Press, 1995.
- [4] 黎晓亚,马克明,傅伯杰,等. 区域生态安全格局:设计原则与方法[J]. 生态学报,2004,24(5):1055-1062.
- [5] 李纪宏,刘雪华. 基于最小费用距离模型的自然保护区功能分区[J]. 自然资源学报,2006,21(2):217-224.
- [6] 陈利顶,傅伯杰,徐建英,等. 基于“源—汇”生态过程的景观格局识别方法:景观空间负荷对比指数[J]. 生态学报,2003,23(11):2406-2413.
- [7] 岳隽,王仰麟,李贵才,等. 基于水环境保护的流域景观格局优化理念初探[J]. 地理科学进展,2007,26(3):38-45.
- [8] 刘吉平,吕宪国,杨青,等. 三江平原东北部湿地生态安全格局设计[J]. 生态学报,2009,29(3):1083-1090.
- [9] 俞孔坚,李海龙,李迪华,等. 国土尺度生态安全格局[J]. 生态学报,2009,29(10):5163-5175.
- [10] 尹发能,王学雷. 基于最小累计阻力模型的四湖流域景观生态规划研究[J]. 华中农业大学学报,2010,29(2):231-235.
- [11] 赵筱青,王海波,杨树华,等. 基于 GIS 支持下的土地资源空间格局生态优化[J]. 生态学报,2009,29(9):4892-4901.
- [12] 陈利顶,傅伯杰,刘雪华. 自然保护区景观结构设计 with 物种保护:以卧龙自然保护区为例[J]. 自然资源学报,2000,15(2):164-169.
- [10] 朱天明,杨桂山,苏伟忠,等. 长三角地区城市土地集约利用与经济社会发展协调评价[J]. 资源科学,2009,31(7):1109-1116.
- [11] 吴郁玲,曲福田,周勇. 城市土地市场发育与土地集约利用分析及对策:以江苏省开发区为例[J]. 资源科学,2009,31(2):303-310.
- [12] 吴郁玲,周勇. 我国城市土地市场均衡与土地集约利用[J]. 经济地理,2009,29(6):984-988.
- [13] 徐艳,濮励杰,张丽芳,等. 土地集约利用与经济发展时空差异研究:以江苏省为例[J]. 南京大学学报:自然科学版,2009,45(6):810-820.
- [14] 曹银贵,周伟,王静,等. 基于主成分分析与层次分析的三峡库区耕地集约利用对比[J]. 农业工程学报,2010,26(4):291-296.
- [15] 郑新奇,邓红蒂,姚慧,等. 中国设区市土地集约利用类型划分研究[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(2):6-11.
- [16] 范辉,冯德显,余国忠. 河南城市土地集约利用水平差异时空特征研究[J]. 地域研究与开发,2009,28(5):113-118.
- [17] 雷广海,刘友兆,陆效平. 江苏省 13 城市土地利用集约度时空变异及驱动因素[J]. 长江流域资源与环境,2009,18(1):7-13.
- [18] 陈凤,张安明,邹小红. 基于主成分分析法的建设用地需求优先度研究:以重庆市渝东南和渝东北两翼为例[J]. 西南大学学报:自然科学版,2010,32(8):158-162.
- [19] 刘军,赵敏娟. 陕西省杨凌示范区建设用地变化驱动力分析[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(3):108-111.
- [20] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京:科学技术文献出版社,1994:79-84.

(上接第 164 页)