

基于因子分析的城市土地集约利用比较研究^①

杨红梅, 邱道持, 张传华, 黎邦华

西南大学 资源环境科学学院, 重庆 400715

摘要: 构建了一套城市土地集约利用评价的指标体系, 利用多元统计分析中的因子分析法, 对我国特大城市土地集约利用进行了综合评价, 并对我国城市土地集约利用水平进行了比较分析。

关键词: 因子分析; 城市土地集约利用; 比较研究

中图分类号: F301

文献标识码: A

随着城市化的快速推进, 城市用地面积不断扩张, 1981—2003 年城市建设用地面积以年均 6.87% 的速度增加, 每年增加约 1 011 km²。2003 年, 全国城市面积为 28 971.9 km², 而 1981 年仅为 6 720 km², 期间共增加了 4.3 倍。在城市快速扩张的同时, 耕地资源急剧减少。2003 年国土资源公报表明: 耕地资源从 1997 年的 1 300 667 km² 减少到 2003 年的 1 234 000 km², 7 年间共减少了 66 667 km²^[1]。我国人多地少的国情, 决定了节约、集约利用土地资源的重要性。本文采用因子分析方法, 对我国 16 个特大城市土地集约利用水平进行比较分析, 较为全面地论述了目前我国城市土地集约现状和存在问题, 为进一步提高城市土地集约利用水平、采取相应政策措施提供有益参考。

1 城市土地集约利用评价指标体系构建

1.1 城市土地集约利用指标体系建立的原则

城市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, 不能简单用单个或少数几个指标进行评价, 必须建立科学的评价指标体系, 进行全面综合的评价。构建城市土地集约利用评价指标体系必须坚持以下原则:

① 科学发展观导向原则。以前的城市土地集约利用评价多注重物资和资本的集约, 在科学发展观指导下, 城市土地利用不再以追求最大物质产出为唯一目标, 因此, 城市土地集约利用评价也应该关注城市经济、管理、基础设施、环境保护等各个方面, 建立起系统的评价体系。② 动态性原则。一般情况下, 静态研究是建立城市土地集约利用评价的基础, 但由于城市土地集约利用本身就是动态变化的过程, 因此选取动态指标尤其重要。③ 可操作性原则。城市土地集约利用系统是一个庞大的复合系统, 但指标体系选择应尽量简单明了, 其相应指标值的获取要容易、准确可靠, 要选择便于专家和实践者理解和接受的指标。④ 比较研究原则。城市土地集约利用是一个复杂的系统, 其实施是一项复杂的系统工程, 需要涉及多学科的知识, 跨越多学科领域, 指标应尽可能量化, 以利于差距的比较。

1.2 城市土地集约利用评价指标体系

集约是城市和农村相比最大的特点, 突出的表现在: 人口的集约, 物质和资本的密集, 社会的集约^[2]。根据上述构建指标的原则, 在借鉴邱道持的城镇经济利用评价指标体系^[3]基础上, 构建了城市土地集约利用评价指标体系, 分别从物质和资本、人口和社会集约角度对城市土地集约利用程度进行评价(表 1)。

① 收稿日期: 2005-05-19

作者简介: 杨红梅(1980-), 女, 四川绵阳人, 硕士研究生, 主要从事国土资源与区域开发研究。

1.2.1 物质和资本集约指标

城镇土地集约利用是指以合理布局、优化用地结构和可持续发展的思想为依据,通过增加存量土地投入,改善经营管理等途径,不断提高土地的使用效率和经济效益^[4].因此城市物质集约指标主要选择城市土地经济投入、产出指标.根据文献[3]的综合评价指标体系^[3],选择了全社会固定资产投资额(X_1)…(X_{10})10个评价指标.

1.2.2 人口集约指标

人均用地面积是衡量城市土地集约利用的一个重要指标^[5],但考虑到其它所选指标均为正指标,因而把人均用地面积转化为人口密度来表示.本文主要选择总人口(X_{11})和人口密度(X_{12})作为评价指标.

1.2.3 社会集约指标

从系统的观点来看,城市是一个包含经济社会生态的巨系统,城市绿化覆盖率(X_{14})是反映城市环境质量高低的一个重要指标.同时,高等院校是优质人才的产地,又是发展先进科技的重要基地,我国自八十年初期设立国家科学基金以来,历年高校均能争取到占总数60%以上^[4].因此,把高校数量(X_{13})作为反映城市社会文化密集程度的一个指标.

表 1 城市土地集约利用评价指标体系

Table 1 The Index System of Evaluation of Land Intensive Use in Metropolis

目 标	指 标	
城市土地集约利用评价	物质和资本集约	1. 地均社会固定资产投资额 X_1 /万元·km ⁻²
		2. 地均二、三产业增加值 X_2 /万元·km ⁻²
		3. 地均社会总产值 X_3 /万元·km ⁻²
		4. 地均工业总产值 X_4 /万元·km ⁻²
		5. 地均社会消费品零售总额 X_5 /万元·km ⁻²
		6. 地均工业企业利税总额 X_6 /万元·km ⁻²
		7. 地方财政收入 X_7 /万元·km ⁻²
		8. 地均社会总产值 X_8 /万元·km ⁻²
		9. 应交增值税额 X_9 /万元·km ⁻²
		10. 人均地方财政收入 X_{10} /万元·km ⁻²
	人 口 集 约	11. 人口 X_{11} /万人
		12. 人口密度 X_{12} /人·km ⁻²
	社 会 集 约	13. 高校数量 X_{13} /所
		14. 建成区绿化覆盖率 X_{14} /%

注:上述指标值来自《中国城市统计年鉴 2002》^[6].

2 城市土地集约利用评价模型

因子分析是一种把变量从高维到低维作降维处理,从高维空间到低维空间的映射,保持样本在高维空间的某种“结构”,但同时又能够保留原变量大部分信息的一种多元统计分析方法^[7].

城市土地集约利用是由众多因子共同作用的结果,所选指标也包含多个方面(经济、社会、人口等),事实上所选指标难免会信息交叉,因此本文利用因子分析方法,对14个样本(人口超过200万的特大城市)有关城市土地集约利用水平的信息进行“提纯”(剔除交叉信息),之后进行有效信息的综合.最后,每个样本均被赋予一个反映相应城市土地集约利用水平的、含有土地集约利用结构性特征的综合评价价值.

2.1 评价指标的标准化

样本所包含的14个原始变量具有不同的量纲,为了使不同的数据具有可比性,须对原始数据进行标准化处理,消除量纲的影响.本文采取方差标准化法对原始数据进行标准化处理.设有 n 个样本,每个样本包含 m 个变量: X_1, X_2, \dots, X_m ,则 X_{ij} 为原始数据矩阵.在同一指标下,则原始数据标准化值为

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}}{\sigma} \quad i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

式中, σ 为 X_j 的标准差.

将标准化后数据 Z_j 组成新的矩阵, 为了方便, 仍然记为 $[Z_{ij}]_{n \times m} = [X_{ij}]_{n \times m}$. 即 n 行 m 列标准化决策矩阵.

2.2 利用主成分分析方法提取公因子

主成分分析方法通过坐标变换手段, 将原来含有 m 个变量的 X_i 作线性变化, 转化为另一组不相关的变量 y_i

$$\begin{cases} y_1 = U_{11}X_1 + U_{21}X_2 + \dots + U_{n1}X_m \\ y_2 = U_{12}X_1 + U_{22}X_2 + \dots + U_{n2}X_m \\ \vdots \\ y_n = U_{1n}X_1 + U_{2n}X_2 + \dots + U_{mn}X_m \end{cases} \quad (2)$$

y_1, y_2, \dots, y_n 为原有变量的第 1, 2, \dots, n 个主成分, 其中, y_1 在总方差中占的比例最大, 综合原有变量的能力最强, 其余主成分在总方差中占的比例逐渐减少, 即综合原有变量的能力依次减弱. 主成分则选取前面 n 个方差最大的主成分, 这样达到了因子分析减少变量个数的目的, 同时又能够以较少的因子反映原有变量绝大部分信息. 上述坐标变换通过 Spss12.0 在 Windows 中实现.

2.3 根据方差累计贡献率提取特征根

因子分析将常用的城市土地评价指标变量社会固定资产投资(X_1), \dots 城市绿化覆盖率(X_{14})等 14 个变量中相关或重叠的信息, 进行必要的剔除, 也对上述 14 个变量进行了归并, 得到因子提取结果(表 2). 前 3 个特征根的累计贡献率已经达到 86.742%(一般认为大于 70%, 即可提取主要信息), 即 14 个变量反映的信息可由 3 个主成分($\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \approx 12.2$ 个变量)反映原变量 86.742% 的信息. 因此, 在 14 个特征根中提取前 3 个特征根.

表 2 因子分析总方差解释
Table 2 Total Variance Explained

因 子	提 取 值			旋转后提取值		
	特征根	方差/%	累计方差/%	特征根	方差/%	累计方差/%
F_1	9.185	66.606	66.143	9.179	65.562	65.502
F_2	1.588	76.732	77.670	1.495	76.241	76.241
F_3	1.401	86.742	87.090	1.470	10.501	86.742

2.4 选择方差最大正交旋转进行变换

未经旋转的因子载荷矩阵在许多变量上都有较高的载荷, 按照方差最大法对因子载荷矩阵旋转, 使因子的含义更加清晰, 便于对公共因子重新命名, 即根据各公共因子对原有变量的载荷对因子进行重新解释. 旋转后公共因子对原有变量的载荷矩阵如表 3 所示.

从表 3 可以看出, 第一因子(F_1)在变量 $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_7, X_9$ 上有较高的载荷, 表明第一因子反映了这些变量较多的信息, 因此可知 F_1 是从经济效益方面反映土地集约利用程度, 可命名为经济集约因子. 第二因子(F_2)在变量 X_{12} 上有较高的载荷, 因此, 第二因子可命名为人口集约因子. 第三因子(F_3)在 X_{14} 上有较高的载荷, 主要是从环境方面反映城市土地集约利用, 可命名为环境集约因子. 这 3 个因子的物理意义可用上述方法解释, 它们是剔除相关信息后的提纯, 是从十四维空间到三维空间的降维处理结果.

表 3 因子成分得分系数矩阵

Table 3 Component Score Coefficient Matrix

公共因子	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
F_1	0.974	0.909	0.993	0.984	0.906	0.961	0.963	0.703	0.843	0.776	-0.150	0.973	0.040	-0.022
F_2	-0.069	0.033	0.024	0.111	-0.213	0.157	-0.055	0.272	-0.210	-0.467	-0.531	0.087	0.169	0.866
F_3	-0.064	0.066	-0.019	0.006	-0.163	0.074	0.031	0.412	-0.328	-0.062	0.709	0.079	0.796	0.063

2.5 根据特征根的贡献率大小进行加权平均计算综合得分

将因子分析结果进行综合评价判定, 根据表 3 的因子得分系数和标准化后的变量原始数据, 可计算出

因子综合得分 F_i (表 4).

表 4 城市各因子得分表

Table 4 The Integrated Score of Components of Metropolis

因子	北京	天津	上海	武汉	沈阳	哈尔滨	长春	大连	南京	重庆	长沙	广州	西安	成都	杭州	青岛
F_1	1.230	0.344	3.097	0.089	-0.390	-0.765	-0.578	-0.594	-0.240	-0.362	-0.774	0.705	-0.673	-0.588	0.012	-0.513
F_2	-2.300	-0.265	1.580	-0.714	0.453	0.489	-0.799	-0.481	-0.646	-0.514	1.514	-0.158	0.034	1.347	-0.219	0.678
F_3	-0.152	-0.811	0.192	0.002	-0.897	-0.563	0.349	0.701	0.881	-1.532	-0.184	-0.066	-0.208	-1.003	0.437	2.854

根据表 3 中计算出的各因子特征根, 可计算出样本的综合得分:

$$V = \lambda_1 F_1 + \lambda_2 F_2 + \dots + \lambda_n F_n \tag{3}$$

其中, V 为因子分析样本综合分值, F_1, F_2, \dots, F_n 为提取的 n 个公共因子, $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 为相应公共因子的特征根. 样本综合分值折线图如图 1 所示.

综合得分值的计算在某种意义上是进一步的降维分析, 当然这些综合得分值只具有相互比较的意义. V 值是含有结构性特征的从多维空间到一维空间的映射, 完全不同于一般的诸如土地利用经济效益, 土地产出等指标.

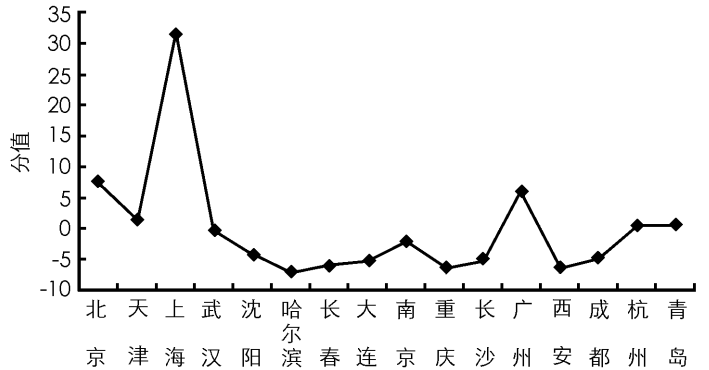


图 1 特大城市土地集约利用折线图

Fig. 1 The Broken Line of Land Intensive Use in Metropolis

3 评价结果分析

因子分析的结果, 具有相互比较的意义, 用于对各样本城市土地集约利用水平作进一步比较研究.

3.1 城市土地集约利用总体水平较低, 提高潜力大

从图 1 可以看出, 大多数城市土地集约利用水平较低, 大于均值的城市只有上海、北京、天津、广州、杭州和青岛, 占样本总量的 37.5%, 另有 62.5% 的城市位于均值之下, 可见, 全国城市土地集约利用水平普遍有待提高, 这也反映了我国城市化加速时期城市外延扩张过快, “薄片城市”现象突出^[2]. 我国城市化水平从改革开放初的 17.92% 上升到 40.53%, 只上升了 21.18%, 而城市总面积由 6720 km² 扩大到 28971.9 km², 净增了 22251.9 km², 城市面积扩张的速度超过了城市化率提高的速度. 从 1997-2001 年全国 31 个特大城市主城区城市用地规模增长弹性系数达 2.26, 超过合理限度 1.12 的 1 倍以上. 土地资源是不可再生的重要资源, 土地是否合理、高效利用, 事关当前粮食生产乃至整个经济的健康发展和社会稳定.

我国城市土地集约利用现状水平较低, 说明了提高城市土地节约利用水平潜力大, 还有较大的空间可以挖掘. 因此, 今后应严格控制城市平面扩张, 更进一步注重城市“内涵挖潜”, 提高城市用地“立体化”水平, 这是我国实行“世界最严格的耕地保护制度”的必然要求, 也是促进经济社会可持续发展的正确选择.

3.2 城市土地集约利用水平地区差异显著

我国城市土地集约利用水平不仅总体水平不高, 而且区域差异显著. 从个体差异看, 所有样本城市土地集约利用水平极差 R 为 38.18, 样本标准差 σ 为 9.12, 可见各城市集约利用水平对均值的偏离程度相当显著. 其中, 集约利用水平最高的城市上海(31.070), 高于样本标准差的 3 倍, 属于高度集约化城市.

从地区差异来看, 我国城市土地集约利用水平是东高西低, 南高北低. 以大兴安岭-太行山-武陵山为界, 将 16 个样本城市分为东、西两大地区, 西部有成都、重庆和西安, 其余为东部城市. 东部城市土地集约利用平均水平为 1.826, 高于均值; 西部为 -5.880, 远低于全国平均水平, 可见东西差异显著. 又以秦岭-淮河为界把样本城市分为南、北两个片区, 以南的城市有广州、上海、武汉、重庆、南京、成都、杭州、长沙, 其余为北方城市. 南方城市土地集约利用平均水平为 0.210, 高于全国平均水平. 北方城市为 -2.74, 样本城市中仅有北京、天津, 其余平均水平都远低于全国平均水平. 其中, 全国城市土地集约利用水

平最低城市——哈尔滨就在北方区域。

3.3 城市土地集约利用水平因子差异

从表 4 可看出, 各城市因子得分高低差异明显, 由此可分析各城市存在的问题。对于经济集约因子 (F_1), 分值最高的是上海 (3.0970), 最低的是长沙 (-0.774)。上海的人均 GDP 和地均利税都较高, 可见, 长沙市今后应进一步加快经济发展步伐, 提高城市土地资产价值。

对于人口集约因子 (F_2) 来说, 分值最高的也是上海 (1.580), 最低的是北京 (-2.300)。上海市作为全国的经济、文化中心对人口具有较强的凝聚力, 人口密度高。而北京作为全国的政治、经济、文化中心, 把“宜居城市”作为建设目标, 由于水资源和生态环境承载力限制, 严格控制人口增长, 因而人口集约因子得分较低。

对于社会环境集约因子 (F_3) 来说, 分值最高的是青岛 (2.854), 最低的是重庆 (-1.532)。青岛在 2000 年就获得了国家环保城市称号, 市区空气质量达到国家空气质量二级标准。青岛今后应利用良好的经济基础, 着力发展循环经济, 有效利用和保护好山海资源, 达到绿色奥运的目标。重庆是以重工业为主的新兴直辖市, 环境保护和治理显得尤其重要。目前, 重庆市已被列为绿色 GDP 试点城市, 因此重庆市今后应大力发展循环经济, 把环境保护指标作为企业准入门槛, 限制重污染企业, 加大环境治理力度, 提升城市环境质量, 提高城市生态效益。

参考文献:

- [1] 国土资源部. 2003 年中国国土资源公报 [J]. 中国国土资源报, 2004-04-12(2).
- [2] 王 霞, 尤建新. 城市土地经济学 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2004: 22-25.
- [3] 邱道持, 薛俊菲, 廖和平. 小城镇土地利用经济评价探讨 [J]. 西南师范大学学报 (自然科学版), 2001, 26(5): 616-621.
- [4] 陶志红. 城市土地集约利用几个基本问题探讨 [J]. 中国土地科学, 2000, 14(5): 1-5.
- [5] 庄世杰. 高校科技开发存在的问题及其对策 [J]. 华侨大学学报, 1994(3): 125-128.
- [6] 国家统计局城市社会经济调查总队. 中国城市统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2003.
- [7] 王秀红, 何书金, 张镜铨, 等. 基于因子分析的中国西部土地利用程度分区 [J]. 地理研究, 2001, 20(6): 731-738.

Using Factor Analysis for Evaluation of Land Intensive Use in Metropolis

YANG Hong mei, QIU Dao chi, ZHANG Chuan hua, LI Bang hua

School of Resource and Environment Science, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: This article constructs a set of index system of evaluation of land intensive use in metropolis, and integrated evaluation of land intensive use of metropolis is made by Factor Analysis. Based on the integrated score of metropolis, the comparison between the metropolis has been put forward. It is a beneficial exploration of evaluation of land intensive use in metropolis.

Key words: factor analysis; the intensive use of city land; comparative study

责任编辑 胡 杨