

## 应用主成分分析法对建设用地指标的分解

阙泽胜, 张俊平, 王璐\* (华南农业大学信息学院, 广东广州 510642)

**摘要** 建设用地指标的合理分解是土地利用总体规划修编中的难点, 以湖南省资兴市为例, 应用主成分分析法对指标分解进行了探索。结果表明, 资兴市建设用地需求分值最高的 5 个乡镇依次是鲤鱼江镇、皮石乡、三都镇、唐洞办事处、东江镇; 基于主成分分析法的资兴市建设用地指标分解结果与实际调查结果基本一致, 可以给实际指标分解提供参考依据。

**关键词** 主成分分析法; 土地利用总体规划; 建设用地指标分解; 资兴市

**中图分类号** F301.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)24-11664-02

## Decomposition of Construction Land Indices Applied by Principal Component Analysis Method

QUE Ze-sheng et al (Information College, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642)

**Abstract** The scientific decomposing of construction land indices was a difficulty of overall land use planning. Decomposing construction land indices in Zixing city of Hunan province applied by principal component analysis method were explored. The result showed that the highest demand score of 5 towns were Liyu river town, Pishi town, Sandu town, Tangdong office and Dongjiang town; It was easy to find that the result of decomposed indices based on principal component analysis method in Zixing city was consistent with the investigation, which can provide a reference for index decomposition.

**Key words** Principal component analysis method; Overall land use planning; Indices decomposing of construction land; Zixing city

土地评价是土地利用规划的重要方面, 也是进行土地利用总体规划指标分解的主要依据。其确定权重方面常用的特尔非法和 AHP 法带有较强的主观性, 而主成分分析法在土地规划、土地评价等方面能相对客观地确定评价因子的权重, 目前已在地理学研究中被广泛采用<sup>[1-3]</sup>。笔者以湖南省资兴市新一轮土地利用总体规划修编项目为背景, 对郴州市下达的建设用地指标采用该方法进行指标分解, 以期为规划修编指标分解提供一定的参考。

## 1 研究区概况

资兴市位于湖南省东南部, 湘、粤、赣三省交汇处, 113°09' ~ 113°44' E, 25°34' ~ 26°17' N, 所辖面积 271 575. 15 hm<sup>2</sup>, 包括 28 个乡镇。东临郴州苏仙区, 南同汝城、宜章接壤, 北临永兴, 属于亚热带季风湿润区, 距京广线和 107 国道仅 30 km, 经过境内的有许(家洞)一三(都)铁路线、S322 线、S213 线、郴资桂高等级公路, 交通网络发达。2005 年全市土地利用结构中, 农用地 241 279. 31 hm<sup>2</sup>, 占全市土地总面积的 88. 84%; 建设用地总面积 22 991. 38 hm<sup>2</sup>, 占全市土地总面积的 8. 47%; 其中居民点及独立工矿用地面积 6 000. 53 hm<sup>2</sup>, 交通用地为 472. 50 hm<sup>2</sup>, 水利设施用地 16 518. 35 hm<sup>2</sup>, 占建设用地的比例分别为 26. 10%、2. 05% 和 71. 85%; 未利用地 7 304. 46 hm<sup>2</sup>, 占全市土地总面积的 2. 69%。

## 2 数据来源与研究思路

**2.1 数据来源** 土地资源数据为湖南省资兴市国土资源局提供的 2005 年规划基期年数据; 社会经济数据来源于《资兴市 2005 年统计年鉴》。

**2.2 研究思路** 首先, 构建评价指标体系。评价指标体系因子的选取应遵循系统性、代表性、可比性、完整性等原则, 并兼顾数据的可得性、可操作性等因素。故笔者结合资兴市实际情况, 从交通、人口、经济、城市化共 4 个层次选出对建设用地需求影响关系密切的 7 个指标, 包括道路面积密度、

人口自然增长率、地区生产总值、建设用地固定资产投资强度、人均平均可支配收入、城镇用地强度、城市化水平, 并构建了资兴市建设用地需求评价指标体系(表 1)。

表 1 资兴市建设用地需求评价指标体系

Table 1 Comprehensive evaluation system of indices on demand for construction land in Zixing City

| 类型 Type          | 指标 Index   |
|------------------|--|
| 交通 Traffic       | 道路面积密度 Road area density (%)   |
| 人口 Population    | 人口自然增长率 (%)<br>Natural growth rate of population%  |
| 经济 Economy       | 地区生产总值(万元) Regional total output value<br>建设用地固定资产投资强度(万元/hm <sup>2</sup> )<br>Investment intensity of fixed assets in construction land<br>人均平均可支配收入(元)<br>Average disposable income per capita |
| 城市化 Urbanization | 城市化水平(%) Urbanization level<br>城镇用地强度(%) Urban land use strength   |

其次, 采用主成分分析法对评价指标因子进行分析。主成分分析法在减少指标相关性、避免信息重叠和克服确定权重的主观片面性等方面显示了其独特的作用。采用 SPSS 软件可以对指标进行标准化处理, 无需先对数据进行归一化处理。主成分分析法的研究步骤如下: ①建立  $n$  个研究区域  $p$  个指标的原始数据矩阵  $M_{ij}$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, \dots, p$ ); ②计算指标的相关系数矩阵  $R_{jk}$ , 对评价因子进行相关性检验; ③求特征值  $\lambda_k$  ( $k=1, 2, 3, \dots, p$ ) 和特征向量  $L_k$  ( $k=1, 2, 3, \dots, p$ ); ④计算贡献率和累积贡献率, 根据信息量即累积贡献率要求对评价因子降维, 建立评价模型; ⑤计算主成分指标的权重  $W_j$ ; ⑥计算主成分得分矩阵  $Y_{ij}$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, \dots, m$ )。

最后, 研究区域评价和指标分解。根据多指标加权综合评价模型  $F_i = \sum_{j=1}^p W_j \times Y_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, p$ ), 计算综合评价分; 然后根据综合评价分值计算出每个评价单元的权

重并进行指标分解。用公式  $F_i' = \frac{F_i - \min_{i=1}^n (F_i)}{\max_{i=1}^n (F_i) - \min_{i=1}^n (F_i)}$  ( $i=1, 2, \dots, n$ )

**作者简介** 阙泽胜(1984-), 男, 福建龙岩人, 硕士研究生, 研究方向: 地理信息系统与土地资源管理。\* 通讯作者, E-mail: seli-napple@163.com。

**收稿日期** 2009-05-25

2,3, ..., n) 将综合分归一化处理。计算评价单元的权重  $W_i'$   
 $= \frac{F_i'}{\sum_{i=1}^n F_i'}$  ( $i=1,2,3, \dots, n$ ), 并进行指标分配  $q_i = W_i' \times Q$  ( $i =$   
 $1,2,3, \dots, n$ ), 其中  $Q$  为待分配的指标总量、 $q_i$  为第  $i$  个研究  
 区所分解得到的指标。

### 3 数据分析与指标分解

#### 3.1 数据分析

3.1.1 主要因子分析。以资兴市所辖的 28 个乡镇为基本  
 单元, 对全市 28 个乡镇共 196 个数据根据主成分分析法的  
 原理和步骤运用 SPSS 软件进行统计分析, 发现 KMO 检验值  
 为: 0.843 > 0.700, 表明可以进行主成分分析。根据累积贡献

率  $\geq 85\%$ , 提取出前 3 个主因子, 其载荷系数、特征值、贡献  
 率和累积贡献率见表 2。

从因子载荷上分析道路面积密度(0.919)、地区生产总  
 值(0.792)、人均评价可支配收入(0.909)、城市化水平  
 (0.939)、城镇用地强度(0.909)在因子上载荷量均大于  
 0.700, 它们反映交通、经济、城市化对建设用地需求强烈的  
 密切因子, 可称为交通经济城市化需求强烈因子; 且因子 1  
 的特征值 4.240 对应的贡献率 60.578% 高于其他 2 个特征  
 值的贡献率, 表明资兴市经济迅速发展、城市化进程加快以  
 及交通先行政策对建设用地需求强烈。

表 2 主成分因子的旋转矩阵

Table 2 Rotated matrix of main composition factors

| 主成分因子<br>Main composition factors | 道路面积密度<br>Road area density | 人口自然增长率<br>Natural growth rate of population | 地区生产总值<br>Regional total output value | 建设用地固定资产投资强度<br>Investment intensity of fixed assets in construction land | 人均平均可支配收入<br>Averagedisposable income per capita | 城市化水平<br>Urbanization level | 城镇用地强度<br>Urban land use strength | 特征值<br>Eigen value | 贡献率//%<br>Contribution rate | 累积贡献率//%<br>Accumulated contribution rate |
|-----------------------------------|-----------------------------|--|---------------------------------------|---|--|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------|---|
| 因子 1 Factor 1                     | 0.919                       | 0.391  | 0.792                                 | 0.289   | 0.909  | 0.939                       | 0.909                             | 4.240              | 60.578                      | 60.578                                    |
| 因子 2 Factor 2                     | 0.167                       | 0.100  | -0.283                                | 0.934   | -0.071   | -0.178                      | -0.007                            | 1.027              | 14.675                      | 75.253                                    |
| 因子 3 Factor 3                     | -0.136                      | 0.913  | -0.045                                | -0.088  | -0.089   | 0.039                       | -0.139                            | 0.891              | 12.733                      | 87.986                                    |

建设用地固定资产投资强度(0.934)在因子 2 上有较大  
 载荷, 反映现有投资对建设用地需求潜在的影响程度, 可称  
 为建设投资潜在需求因子。

人口自然增长率(0.913)在因子 3 上有较大载荷, 反映  
 社会因素对建设用地需求间接影响因子, 可称为社会影响间  
 接因子。

表 3 资兴市建设用地需求综合评价

Table 3 Comprehensive evaluation score of demand for construction land in Zixing City

| 乡镇名称<br>Township name | 综合分<br>Comprehensive score | 乡镇名称<br>Township name | 综合分<br>Comprehensive score |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 唐洞街道办事处               | 3.374                      | 何家山乡                  | -0.198                     |
| 兴宁镇                   | 1.307                      | 坪石乡                   | -1.530                     |
| 三都镇                   | 4.075                      | 团结瑶族乡                 | -1.370                     |
| 鲤鱼江镇                  | 7.510                      | 香花乡                   | 1.057                      |
| 蓼江镇                   | -0.753                     | 高码乡                   | 1.262                      |
| 七里镇                   | -0.095                     | 彭市乡                   | -0.691                     |
| 东江镇                   | 1.442                      | 汤市乡                   | -0.894                     |
| 州门司镇                  | -0.865                     | 波水乡                   | -3.352                     |
| 青腰镇                   | -1.273                     | 皮石乡                   | 5.156                      |
| 黄草镇                   | -2.103                     | 烟坪乡                   | -2.465                     |
| 濠口镇                   | -2.110                     | 兰市乡                   | -1.264                     |
| 白廊乡                   | -3.039                     | 清江乡                   | -0.752                     |
| 碑记乡                   | -1.469                     | 龙溪乡                   | -1.113                     |
| 连坪乡                   | 0.836                      | 东坪乡                   | -0.682                     |

3.1.2 综合水平分析。首先对 3 个主成分因子的特征值归  
 一化, 计算得到 3 个主成分因子的权重分别为 0.689、0.167、  
 0.145; 然后采用指数加权求和法计算各评价单元主因子得  
 分, 计算公式:

$$F = \sum_{i=1}^3 (w_i \times F_i)$$

式中,  $F_i$  为第  $i$  个主因子的得分、 $w_i$  为第  $i$  个主因子的权重。  
 具体计算结果见表 3。

由表 3 统计结果可知, 资兴市建设用地需求综合评价  
 在 7.510 ~ 3.352, 分值最高的 5 个乡镇依次是鲤鱼江镇、皮  
 石乡、三都镇、唐洞办事处、东江镇。由于这些乡镇多分布  
 在资兴市交通网发达、经济发展迅速或是城市化水平高的地  
 区, 故综合分相对较高。分值最低的 5 个乡镇依次为波水  
 乡、白廊乡、烟坪乡、濠口镇、黄草镇。这些乡镇多为交通不  
 便的偏远山区, 或是经济发展缓慢, 没有特色产业, 故分值相  
 对较低。

3.2 指标分解结果 将各单元的综合得分进行归一化处  
 理, 并换算为各单元在资兴市的综合比重进行建设用地的指  
 标分解, 分解结果见表 4。

表 4 资兴市新增建设用地指标总规模分解指标

Table 4 Decomposable index of whole gross scale of additional demand for construction land in Zixing City

| 乡镇名称<br>Township name | 指标<br>Index | 乡镇名称<br>Township name | 指标<br>Index |
|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| 唐洞街道办事处               | 103.912     | 何家山乡                  | 48.728      |
| 兴宁镇                   | 71.980      | 坪石乡                   | 28.150      |
| 三都镇                   | 114.733     | 团结瑶族乡                 | 30.625      |
| 鲤鱼江镇                  | 167.798     | 香花乡                   | 68.115      |
| 蓼江镇                   | 40.154      | 高码乡                   | 71.278      |
| 七里镇                   | 50.314      | 彭市乡                   | 41.117      |
| 东江镇                   | 74.067      | 汤市乡                   | 37.972      |
| 州门司镇                  | 38.418      | 波水乡                   | 0.000       |
| 青腰镇                   | 32.115      | 皮石乡                   | 131.434     |
| 黄草镇                   | 19.293      | 烟坪乡                   | 13.711      |
| 濠口镇                   | 19.191      | 兰市乡                   | 32.264      |
| 白廊乡                   | 4.837       | 清江乡                   | 40.176      |
| 碑记乡                   | 29.092      | 龙溪乡                   | 34.586      |
| 连坪乡                   | 64.697      | 东坪乡                   | 41.245      |

注: 表中建设用地指标单位为  $hm^2$ 。

Note: Unit of constructed land index in table is  $hm^2$ .

物中释放出来<sup>[20]</sup>,使污染加重,因此 Zn 的潜在生态危害较大。

对 Pb 的可提取态进行分析,发现 Pb 以有机物及硫化物结合态为主,铁锰结合态次之,这与 Galan 等<sup>[21]</sup>对沉积物和土壤中 Pb 的形态分布研究不太一致。Serif 等用 BCR 方法对土耳其湖泊沉积物重金属元素提取时,发现连续提取过程的污染会引起部分结果误差较大,所提取的 Pb、Zn 个别测定结果误差较大可能与提取过程中的污染有关<sup>[22]</sup>。

Cd 的形态分布是:残渣态占总量的 51%,可交换态占总量的 21%,有机物结合态占总量的 16%。铁锰结合态为 12%,虽然主要以残渣态为主,但交换态含量较高,说明 Cd 被沉积物吸附是其主要的表现形式,与朱光伟等<sup>[23]</sup>对 Cd 的研究结论相符。交换态 Cd 极易迁移转化,在水中通过生物的富集而进入食物链,给人类健康带来一定的威胁。

就 Ni 而言,有机物结合态占总量的 36%,残渣态占 32%,铁锰氧化态占总量的 20%,可交换态占总量的 12%。有机物结合态较高,这与相关研究<sup>[18]</sup>结果相符。

#### 4 结论

高塘湖底泥重金属平均含量除 Zn 未超过淮南市土壤背景值以外,其余重金属全部超标,其中超标最严重的是 Cd,最大值是淮南市土壤背景值的 57 倍之多,说明高塘湖底泥重金属的累积非常严重。Cu、Zn、Pb、Ni、Cd 之间都存在较显著的相关性。

逐级提取的研究结果表明,Cu、Zn、Pb、Cd 主要以残渣态的形式存在,表现出较弱的迁移性,Ni 主要以有机物结合态的形式存在。虽然重金属主要存在于残留态中,但是铁锰氧化态、有机物结合态的质量分数也很高,对环境有潜在的危害性,其中重金属元素 Cd 的可交换态高达 21%,此部分极易转化,给环境以及人类健康带来一定威胁。只有 Cu 的可交换态较低,对环境的直接影响较小。在沉积物环境治理和生态恢复过程中,应对 Cd、Ni、Pb 的生物毒性加以关注。

#### 参考文献

[1] 桑稻姣,程建军. 墨水湖底泥重金属污染现状与评价研究[J]. 安徽农

业大学学报,2008,35(3):469-472.

[2] 祝云龙,姜加虎,孙占东,等. 洞庭湖沉积物中重金属污染特征与评价[J]. 湖泊科学,2008,20(4):477-485.

[3] 何光俊,李俊飞,谷丽萍. 河流底泥的重金属污染现状及治理进展[J]. 水利渔业,2007,27(5):60-62.

[4] 郑习键. 珠江广州河段底泥的污染分析[J]. 长江建设,1996(5):17-18.

[5] 程杰,李学德,花日茂,等. 巢湖水体沉积物重金属的分布及生态风险评价[J]. 农业环境科学学报,2008,27(4):1403-1408.

[6] 淮南市环境保护局. 2007 年淮南市环境质量报告书[R]. 2007.

[7] NULL. 高塘湖[EB/OL]. (2008-04-01)[2009-02-25]. <http://www.huainan.gov.cn/hnzfw/template/hnzfw/narticlecontent.jsp?id=23854>.

[8] TESSIER A, CAMPBELL P G C, BISSON M. Sequential extraction procedure for the speciation of trace metals[J]. Analytical Chemistry, 1979, 51: 844-851.

[9] QUEVAUVILLER P H, RAURET G, LOPEZ-SANCHEZ J F, et al. Certification of trace metal extractable contents in a sediment reference material (CRM601) following a three-step sequential extraction procedure[J]. Sci Total Environ, 1997, 205: 223-224.

[10] 陈静生,董林,邓宝山,等. 铜在沉积物中各相中分配的试验模拟与数值模拟研究——以鄱阳湖为例[J]. 环境科学学报,1987,7(2):140-149.

[11] 朱英. 东平湖重金属污染分布特征及其存在形态的研究[D]. 济南:山东大学,2005.

[12] 孙贤斌. 淮南市土壤重金属污染生态研究[D]. 芜湖:安徽师范大学,2003.

[13] GB15618-1995 土壤环境质量标准.

[14] 李洪伟. 淮南矿区土壤重金属污染的初步调查研究[D]. 淮南:安徽理工大学,2006.

[15] 冯素萍,高连存,叶新强. 河流底泥沉积物分子形态综合分析[J]. 环境科学研究,2003,16(3):27-30.

[16] 刘培陶. 淮南粉煤灰中重金属元素形态分析[D]. 淮南:安徽理工大学,2007.

[17] 张立,袁旭音,邓旭. 南京玄武湖底泥重金属形态与环境意义[J]. 湖泊科学,2007,19(1):63-69.

[18] 王海,王春霞,王子健. 太湖表层沉积物中重金属的形态分析[J]. 环境化学,2002,21(5):430-435.

[19] 徐圣友,叶琳琳,朱燕,等. 巢湖沉积物中重金属的 BCR 形态分析[J]. 环境科学与技术,2008,31(9):20-23.

[20] 陈磊,徐颖,朱明珠. 秦淮河沉积物中重金属总量与形态分析[J]. 农业环境科学学报,2008,27(4):1385-1390.

[21] GALAN E, GOMEZ-ARIZA J L, GONZALEZ I, et al. Heavy metal partitioning in river sediments severely polluted by acid mine drainage in the Iberian Pyrite Belt[J]. Applied Geochemistry, 2003, 18: 409-421.

[22] 刘恩峰,沈吉,朱育新. 重金属元素 BCR 提取法及在太湖沉积物研究中的应用[J]. 环境科学研究,2005,18(2):57-60.

[23] 朱光伟,陈英旭,周根娣,等. 运河(杭州段)沉积物中重金属分布特征及变化[J]. 中国环境科学,2001,21(1):65-69.

(上接第 11665 页)

表 4 结果显示,资兴市未来建设用地发展除了市区及周边乡镇(即唐洞办事处、鲤鱼江镇、东江镇和高码乡)外,皮石乡、兴宁镇、香花乡和连坪乡可作为资兴市未来发展的重要乡镇。波水乡、白廊乡、烟坪乡、滁口乡、黄草镇等乡镇应发展交通和生态建设,扶持特色产业,发展以生态旅游为主的经济。

根据实际调查的结果,发现东江镇、高码乡和香花乡的建设用地需求总规模比预测的高出许多,原因是资兴市未来发展的政策主观性强,同时实际调查中存在部分乡镇虚报指标问题;虽然其他的乡镇中有些乡镇建设用地增量为负值,但实际调查结果与预测的结果总体趋势基本一致。

#### 4 结论

研究表明,基于主成分分析法的土地利用总体规划

建设用地指标分解结果可作为实际指标分解的参考标准,但考虑到未来经济社会发展中存在着一一定的不确定性,在实际应用中需根据规划期内各地区重点项目的布局情况对分解指标做适当地调整。同时,鉴于主成分分析法在土地规划修编指标分解中的应用目前尚处于探索阶段,其分析结果的可行性还有待进一步研究;采用的评价因子是否全面,且实际的基础数据是否真实可靠直接影响到指标分解结果,今后仍有待在土地规划修编中进一步探索新的理论和方法。

#### 参考文献

[1] 从明珠,欧向军,赵清,等. 基于主成分分析法的江苏省土地利用综合分区研究[J]. 地理研究,2008,27(3):574-582.

[2] 张晓玲,戴吉开,关欣,等. 基于主成分分析法的城市土地利用潜力评价[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(1):113-116.

[3] 贺奋琴,何政伟,胡振琪,等. 改进的主成分分析法自动发现土地覆盖变化[J]. 成都理工大学学报:自然科学版,2007,34(1):92-96.