

# 基于主成分分析法和 AHP-GEM 模型的 区域新增建设用地指标合理配置 ——以江苏省为例

殷少美<sup>1,2</sup>, 金晓斌<sup>1</sup>, 周寅康<sup>1</sup>, 赵姚阳<sup>1</sup>, 李纪军<sup>2</sup>

(1. 南京大学 国土资源与旅游学系, 南京 210093; 2. 扬州市国土资源局, 江苏 扬州 225009)

**摘要:** 为从理论上科学合理地配置各子区域的新增建设用地指标, 以江苏省为例, 初步选取了影响区域新增建设用地合理配置的 13 项指标, 为避免指标间的多重共线性, 应用主成分分析法将这些指标综合归并为人口资源、经济社会、城镇发展 3 个综合因子。在此基础上, 采用 AHP-GEM 模型对江苏省的新增建设用地指标进行了理论上的配置, 结果表明: 江苏省新增建设用地指标分配值可以分为 4 个层次: 苏州、无锡和南京, 理论上所应分配的新增建设用地面积占全省总量的比例均大于 10%, 其中, 苏州最多, 为 18.80%, 无锡、南京次之, 分别为 16.78% 和 11.20%; 南通和常州, 分别为 7.93% 和 7.81%, 其比例在 7.5% 至 8% 之间; 扬州、镇江、盐城、泰州和徐州, 分别为 6.03%、5.91%、5.51%、5.33% 和 5.00%, 其比例占全省的 5.5% 左右; 淮安、连云港和宿迁, 分别为 3.65%、3.03% 和 3.01%, 其比例在 3% 左右。通过比较, 理论上计算的结果与实际分配情况大致吻合。

**关 键 词:** 新增建设用地配置; 主成分分析法; AHP-GEM 模型; 江苏省

**中图分类号:** F301.2    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3037(2007)03-0372-08

## 1 引言

土地, 历来是人类赖以生存和发展的物质基础, 是人类创造财富的基本源泉。随着经济的发展, 人口的增加, 城市化进程的推进, 土地作为一种资源, 其数量的有限性及其经济供给的稀缺性与土地社会需求的增长性之间的不协调, 成为区域土地利用的核心问题<sup>[1,2]</sup>。土地能否得到合理和有效利用, 直接关系到人类社会经济能否持续协调发展, 能否保证不断增长的人口得到充分的食物需求, 能否维护人类生活的良好环境质量。而土地合理利用的目的是把土地作为生产要素, 与其它要素一起共同形成优化的结构和布局<sup>[3]</sup>, 其实质是一个土地利用配置的问题, 即如何实现区域有限的土地资源持续地在各子区域间、部门间、用途间的合理分配。

对于土地资源的合理配置, 人们较多的是研究一定区域的土地资源如何在各部门间、各用途间的合理配置<sup>[4-6]</sup>, 而很少研究区域土地资源在各子区域之间的合理配置, 特别是新增建设用地指标的合理配置。在实际工作中, 对于新增建设用地指标在各区域之间的配置, 一般是通过土地利用总体规划和土地利用年度计划来实现。首先, 各地方在土地利用总体规划的用地范围内根据当地的经济发展水平、固定资产投资额等相关指标编制年度土地利用计划,

收稿日期: 2006-09-25; 修订日期: 2006-11-15。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40371020); 南京大学“985”工程建设项目“城市化与城市科学平台”。

第一作者简介: 殷少美(1973-), 女, 湖南株洲人, 博士研究生, 主要从事土地利用、土地资源管理等方面的研究。

E-mail: ysm008@163.com

层层上报, 然后通过批准后再分层下达。而在下达的过程中, 存在一个土地利用计划指标的分解过程。在分解过程中, 并不是完全根据各地当初上报的土地利用计划下达, 往往是领导人或者是几个相关人员凭主观经验判断, 缺乏足够的依据和科学性。同时, 在目前的国家级或省市级的土地利用总体规划编制或修编过程中, 最重要的是规划期内新增建设用地的分配问题, 各省市从不同角度提出各自的指标要求, 需求远大于供给, 矛盾巨大。因此, 迫切需要寻求一种科学客观的方法对目前土地利用总体规划修编中的新增建设用地指标配置问题提供参考。正是基于以上这些原因, 本文试图以区域新增建设用地指标分配所涉及的影响因素为对象, 从新增建设用地配置所涉及到的人口、资源、经济、社会等角度, 初步选取 13 项指标, 采用主成分分析法对这些指标进行综合归并。在此基础上, 建立区域新增建设用地分配的 AHP-GEM 模型, 从而为区域新增建设用地指标配置提供一种新的理论方法。

江苏位于中国东部沿海地区, 处于中国经济最为发达的长江三角洲地区, 包含 13 个地级城市。随着现代化建设事业的全面推进, 江苏省在全国经济发展的地位越来越重要。一方面, 经济的发展提高了当地人民的物质文化生活水平; 另一方面, 各地发展经济建设需要大量的建设用地指标, 而如何协调和解决好各子区域的建设用地指标需求问题成为亟待研究的问题。以江苏省为例, 具有典型的代表性, 对建设用地指标在区域间合理配置具有借鉴意义。

## 2 区域建设用地合理配置的评价指标体系

影响区域土地利用、建设用地指标配置的因素有很多, 如地区的人口状况、经济发展速度、产业政策和状况、资源状况等等<sup>[9]</sup>。考虑到数据的可获得性和指标体系的完备性、层次性, 初步从人口、资源、经济、社会等方面选取了 13 项指标, 分别是: 总人口、非农业人口、土地总面积、工业增加值、固定资产投资额、房地产开发投资额、人均地区生产总值、人均地方财政收入、实际利用外资、社会消费品零售总额、城镇居民人均可支配收入、人均 GDP 即单位用地产出值、人均住房面积。如果将这些指标直接纳入分析不仅复杂、难以取舍, 而且可能因为多重共线性而无法得出正确结论, 因此, 利用主成分分析法将原来的多个指标组合成相互独立的少数几个能充分反映总体信息的指标。

以江苏省 13 个地级市 2005 年的上述指标建立原始数据矩阵(表 1)。由于各指标量纲不同, 采用式(1)对原始数据进行标准化处理, 从而得到标准化后的数据矩阵。

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} \quad (i=1, 2, \dots, 13; j=1, 2, \dots, 13)$$
$$S_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \quad (n: \text{指标个数}) \quad (1)$$

式中,  $x'_{ij}$  为第  $i$  个区域第  $j$  个因子的标准化值,  $x_{ij}$  为第  $i$  个区域第  $j$  个因子的原始数据,  $\bar{x}_j$  为第  $j$  个因子的平均值<sup>[10,11]</sup>。

利用 SPSS 软件对标准化后的数据矩阵进行处理。用方差最大法进行正交旋转, 旋转收敛的最大迭代系数为默认值 25, 按照特征值大于 1 和累计贡献率大于 80% 的原则进行选择<sup>[12]</sup>。计算结果表明: 上述指标可以归并为 3 类综合因子, 分别是人口资源类( $X_1$ )、社会经济类( $X_2$ )、城镇发展状况类( $X_3$ ), 它们第一主成分的方差贡献率分别为 89.7%、86.1%、81.5%, 包含了原来因子的大部分信息, 可以代表各指标的主要特征。各综合因子所概括包含的指标如表 2 所示。

表 1 2005 年江苏省各地市相关经济社会环境指标

Table 1 Population, economic, social and environmental data of Jiangsu Province in 2005

城市	总人 口/ 10 <sup>4</sup> 人	非农业 人口/ 10 <sup>4</sup> 人	土地总 面积/ km <sup>2</sup>	工业增 加值/ 10 <sup>8</sup> 元	固定资 产投资 额/10 <sup>8</sup> 元	房地产 开发投 资额/ 10 <sup>8</sup> 元	人均国 内生产 总值/ 元	人均地方 财政收入 /元	实际利 用外资 /10 <sup>4</sup> 美 元	社会消 费品零 售总额 /10 <sup>8</sup> 元	城镇居 民人均 GDP/ 元	地均 GDP/ (元/ m <sup>2</sup> )	人均住 房面积 (m <sup>2</sup> / 人)
南京	595.8	379.09	6582	903.91	1 116.44	296.14	35 510	8 562.77	141.78	1 004.99	14 997	36.66	25.64
无锡	452.84	167.12	4788	1 353.13	890.81	227.74	50 958	9 314.55	20.07	824.1	16 005	58.58	30.27
徐州	925.31	234.92	11 258	399.6	435.23	62.57	13 697	1 569.85	2.61	396.04	11 185	10.77	24.83
常州	351.63	116.33	4 375	600.68	534.7	114.27	31 997	6 269.37	7.31	444.08	14 589	29.76	28.56
苏州	606.9	249.86	8 488	2 466.06	1 233.76	414.33	54 164	11 832.26	51.16	905.07	16 276	47.44	27.37
南通	770.86	160.52	8 001	552.22	370.69	80.05	19 979	2 220.77	15.32	536.41	12 384	18.4	30.44
连云港	472.18	117.18	7 500	98.17	220.28	35.36	10 003	1 191.92	2.75	182.08	10 006	6.08	31.82
淮安	526.48	127.91	10 072	160.3	232.46	45.31	11 255	1 435.19	0.68	198.62	9 115	5.58	28.13
盐城	798.67	196.493	14 983	271.53	264.27	52.24	12 849	1 087.93	1.62	316.91	10 580	6.75	26.14
扬州	456.31	141.14	6 634	381.52	295.55	73.14	20 389	2 564.7	5.26	306.89	11379	13.9	31.6
镇江	267.61	95.13	3 847	360.25	262.77	60.48	29 534	4 425.1	5.96	241.39	12 394	21.67	27.18
泰州	502.05	117.54	5 791	332.03	218.69	47.24	17 474	2 249.58	4.56	233.81	11 122	14.15	32.61
宿迁	524.54	84.7	8 555	55.01	124.55	37.17	7 570	492.43	0.33	109.5	7 208	4.39	37.26

注: 数据来源于 2006 年江苏省统计年鉴和 2005 年度江苏省土地变更调查报告。

表 2 区域建设用地合理配置指标体系

Table 2 The index system for rational allocating the newly added quota of construction land

综合因子	指标
人口资源状况 (X <sub>1</sub> )	土地总面积 X <sub>11</sub> (km <sup>2</sup> )
	总人口 X <sub>12</sub> (10 <sup>4</sup> 人)
经济社会发展水平 (X <sub>2</sub> )	工业增加值 X <sub>21</sub> (10 <sup>8</sup> 元)
	固定资产投资额 X <sub>22</sub> (10 <sup>8</sup> 元)
	房地产开发投资额 X <sub>23</sub> (10 <sup>8</sup> 元)
	人均国内生产总值 X <sub>24</sub> (元)
	人均地方财政收入 X <sub>25</sub> (元)
	实际利用外资 X <sub>26</sub> (10 <sup>4</sup> 美元)
	社会消费品零售总额 X <sub>27</sub> (10 <sup>8</sup> 元)
	城镇居民人均可支配收入 X <sub>28</sub> (元)
城镇发展状况 (X <sub>3</sub> )	地均 GDP 即单位用地地产出值 X <sub>29</sub> (元 / m <sup>2</sup> )
	非农业人口 X <sub>31</sub> (10 <sup>4</sup> 人)
	人均住房面积 X <sub>32</sub> (m <sup>2</sup> / 人)

3 建设用地指标配置的 AHP-GEM 模型

建设用地指标分配是一个涉及到多方参与和存在利益冲突的复杂问题, 评价指标确定后, 选择一种适当的理论方法对新增建设用地数量进行合理配置具有重要的意义。GEM 法 (Group eigenvalue method)<sup>[13]</sup>是一个群组决策的特征根法, 由 S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, ..., S<sub>m</sub> 组成 m 个专家群组决策系统 G, 评价 n 个对象 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, ..., B<sub>n</sub>。第 i 个专家 S 对第 j 个被评目标 B<sub>j</sub> 的评分值 x<sub>ij</sub> [I, J](I=1, 2, ..., m; J=1, 2, ..., n)。x<sub>ij</sub> 的值越大, 目标 B<sub>j</sub> 越优。S<sub>i</sub> 及其群组 G 的评分组成 n 维列向量 x<sub>i</sub> 和 m×n 阶矩阵 X:

$$x_i=(x_{i1},x_{i2},\dots,x_{in})^T \quad E^n$$
$$X=(x_{ij})_{m \times n}=\left| \begin{array}{cccc} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{array} \right|$$

它们是专家和群组在一次决策过程中所作的结论, 代表各自对被评物的估价值。由于专家的决策水平不仅取决于他的专业水平、经验、知识面和综合能力, 而且与决策时的精神状态、情绪和偏好密切相关, 因此, 现实中决策可靠性达到最大值 1 的专家是不存在的。GEM 法的本质是寻找评分向量与群体中各专家 ( $S_1, S_2, \dots, S_n$ ) 夹角之和最小的专家, 即理想 (最优) 专家  $S^*$ , 其评分向量  $x^*=(x^*_1, x^*_2, \dots, x^*_n)$   $E^n$  即为各方案的排序。经推导<sup>[13]</sup>, 理想专家  $S^*$  的评分向量  $x^*$  即为矩阵  $F=x^Tx$  对应于其最大特征根  $\lambda_{\max}$  的正特征向量。

从 GEM 方法的原理和特点可以看出, 与同是群组决策方法的 AHP 法相比, 无需另求被评目标的两两权重比较判断矩阵, 克服了 AHP 法中有时判断矩阵的不一致性, 绕开了构造判断矩阵这一步骤, 所以它较之于 AHP 法简捷。但 GEM 法在考虑问题时会过于笼统、结构模糊, 因此有学者<sup>[14]</sup>提出将 AHP 方法与 GEM 方法相结合, 既保留了 AHP 法中建立递阶层次结构这一科学分析问题的过程, 又采用 GEM 法中的专家直接打分。

区域新增建设用地配置实质上是一个群组决策过程, 但是选择哪种群组决策方法至关重要。基于 AHP-GEM 模型的特点, 本文拟在采用主成分分析方法建立准则层 (综合因子) 的基础上, 应用这一模型对江苏省各市的新增建设用地需求进行合理配置。具体算法思路如下。

3.1 建立递阶层次结构

根据 AHP 的思路, 建立递阶层次, 如图 1 所示。

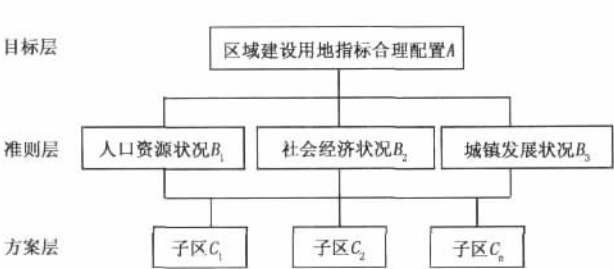


图 1 区域新增建设用地指标合理配置递阶层次结构模型

Fig.1 The layer structure model for rational allocating the newly added quota of construction land

3.2 构造专家评分矩阵

首先, 各位专家结合自己的专业水平、经验、知识面和综合能力, 对准则层相对于目标层重要性直接打分, 分值不受限定 (一般为非负数), 从而构造准则层对于目标层的专家评分矩阵。如专家 1 结合自己的专业水平、经验、知识面和综合能力, 认为社会经济状况对区域建设用地配置的影响更大, 他可以赋予  $B_2$  以较高的分值。在本次研究中, 为了使评估结果准确、可靠, 在综合考虑了各方面的因素之后, 选取国土、规划、建设、房管等相关部门及高校和科研院所的 10 位专家组成专家组进行评判。10 位专家  $S_1, S_2, \dots, S_{10}$  结合自己的专业水平、经验、知识面和综合能力, 分别对评价综合因子  $B_1, B_2, B_3$  打分, 构造准则层 (B) 对于目标层 (A)  $3 \times 10$  的专家评分矩阵。

同理, 各位专家可根据各区域的社会经济状况、人口资源、社会生活状况等 (表 1), 对各区域中的每一综合因子打分, 构造方案层对于每一准则层的专家打分矩阵。以综合指标社会经济状况为例, 如专家认为苏州的社会经济状况最优, 可赋予苏州以最高分, 其它各区域再根据其社会经济发展状况分别一一赋值。10 位专家分别对 13 个子区域的社会经济状况进

行评分,从而构成  $C_i$  在  $B_2$  上的  $13 \times 10$  的评分矩阵。同样,可构造各子区域人口资源状况和城镇发展状况的评分矩阵。

3.3 元素相对权重的计算

按照 GEM 法,通过归一化处理,计算准则层对于目标层的相对权重,方案层对于准则层的相对权重。具体算法如下:

将评分矩阵  $X$  转置自乘记为  $F$ ,即  $F = x^T x$ ,这里,  $F$  的最大特征根对应的特征向量就是最优决策  $x^*$ 。在精度要求为 的条件下,采用数值代数中的幂法可以很方便地求出  $x^*$ ,即

命  $k=0, y_0=(1/n, 1/n, \dots, 1/n)^T \in E^n$ , 且有

$$y_i=F \cdot y_0 \tag{2}$$

$$z_i=y_i / \sum y_i \tag{3}$$

命  $k=1, 2, \dots$ , 且有

$$y_{k+1}=F \cdot z_k \tag{4}$$

$$z_{k+1}=y_{k+1} / \sum y_{k+1} \tag{5}$$

用  $|z_{k+1}-z_k|$  表示  $z_k$  与  $z_{k+1}$  对应分量之差的绝对值最大者,判断  $|z_{k+1}-z_k| < \epsilon$  是否成立?若是,则  $z_{k+1}$  即为所求的  $x^*$ ,否则转入步骤 。

采用上述方法,在满足  $|z_{k+1}-z_k| < 0.0001$  的情况下,得到准则层  $B$  对于目标层  $A$  的权重  $(W_{B1}, W_{B2}, W_{B3})^T = (0.0175, 0.9061, 0.0764)^T$ 。同理,可以得到各个区域  $C_i$  相对于其上层准则层(综合评价因子)  $B_1, B_2, B_3$  的权重,即各区域在人口资源状况、社会经济状况、城镇发展状况的得分权重,分别为  $(0.0479, 0.0240, 0.1407, 0.0212, 0.0875, 0.0741, 0.0687, 0.1139, 0.1853, 0.0516, 0.0080, 0.0384, 0.1388)^T$ 、 $(0.1109, 0.1765, 0.0398, 0.0803, 0.1995, 0.0803, 0.0290, 0.0358, 0.0516, 0.0623, 0.0564, 0.0503, 0.0273)^T$ 、 $(0.1403, 0.0976, 0.1510, 0.0655, 0.0751, 0.0684, 0.0364, 0.0268, 0.0673, 0.0386, 0.1027, 0.0920, 0.0386)^T$ 。

3.4 确定方案层的最后排序

自上而下,合成评价指标  $C_i$  相对于目标层  $A$  的组合权重,确定方案层的最后排序<sup>[15]</sup>。如表 3 所示:

表 3 方案层对于目标层的组合权重  
Table 3 The combination weight of plan layer relative to object layer

评价 指标	指标组 合权重	相对目标 A 权重												
		南京 (C <sub>1</sub> )	无锡 (C <sub>2</sub> )	徐州 (C <sub>3</sub> )	常州 (C <sub>4</sub> )	苏州 (C <sub>5</sub> )	南通 (C <sub>6</sub> )	连云港 (C <sub>7</sub> )	淮安 (C <sub>8</sub> )	盐城 (C <sub>9</sub> )	扬州 (C <sub>10</sub> )	镇江 (C <sub>11</sub> )	泰州 (C <sub>12</sub> )	宿迁 (C <sub>13</sub> )
B <sub>1</sub>	0.0175	0.0008	0.0004	0.0025	0.0004	0.0015	0.0013	0.0012	0.0020	0.0032	0.0009	0.0001	0.0007	0.0024
B <sub>2</sub>	0.9061	0.1005	0.1600	0.0360	0.0728	0.1808	0.0728	0.0263	0.0325	0.0467	0.0565	0.0511	0.0456	0.0247
B <sub>3</sub>	0.0764	0.0107	0.0075	0.0115	0.0050	0.0057	0.0052	0.0028	0.0020	0.0051	0.0029	0.0078	0.0070	0.0029
方案组合权重		0.1120	0.1678	0.0500	0.0781	0.1880	0.0793	0.0303	0.0365	0.0551	0.0603	0.0591	0.0533	0.0301

3.5 建设用地指标的分配确定

从表 3 可以看出,方案层  $C_i$  对于目标层  $A$  的组合权重反映了各区域建设用地指标的分配比例,即:  $C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6 C_7 C_8 C_9 C_{10} C_{11} C_{12} C_{13} = 0.1120 0.1678 0.0500 0.0781 0.1880 0.0793 0.0303 0.0365 0.0551 0.0603 0.0591 0.0533 0.0301$ , 将江苏省 2005 年新增的建设用地面积  $22\,356.28\text{hm}^2$  分配到 13 个地级城市,则 13 个地级城市的建设用地指标如表 4 和图 2 所示。



表 4 江苏省 13 个城市新增建设用地指标模型计算分配值

Table 4	The result of applying model to allocate the newly added construction land of 13 cities													
城市	南京	无锡	徐州	常州	苏州	南通	连云港	淮安	盐城	扬州	镇江	泰州	宿迁	
模型计														
算值 / 2	504.33	3 752.04	1 118.21	1 747.08	42 03.88	1 772.77	676.39	815.95	1 232.48	1 348.06	1 320.88	1 190.80	673.40	
hm <sup>2</sup>														

从表 3、表 4 可以看出, 江苏省的建设用地分配比例大致可以划分为 4 个层次。苏州、无锡、南京所新增的建设用地占全省的比例处于第一个层次, 理论分配比例均大于 10%, 苏州最多, 为 18.80%, 无锡、南京次之, 分别为 16.78%和 11.20%; 南通 7.93%, 常州 7.81%, 处于第二个层次; 扬州 6.03%, 镇江 5.91%, 盐城 5.51%, 泰州 5.33%, 徐州 5.00%, 所得的建设用地比例处于第三个层次, 在 5.5%左右; 淮安 3.65%, 连云港 3.03%, 宿迁 3.01%, 分配的建设用地面积比例在 3%左右, 可以划归为第四个层次。

3.6 应用 AHP-GEM 模型计算的结果与实际分配的结果相比较

将 AHP-GEM 模型计算的 2005 年江苏省地级城市建设用地指标理论分配值(表 5)与实际分配的结果相比较(图 2)可以看出: 模型计算的结果基本上反映了各子区域对新增建设用地需求, 与实际利用结果相比, 曲线大致吻合, 但还存在一定程度的差异, 特别是南通、盐城、宿迁 3 个城市。这主要是因为 2005 年各市实际利用的新增建设用地面积并无严格的理论依据, 它只是自发地与各区域人口经济资源等相适应的一种配置结果; 同时, 该模型计算的结果仅仅是理论配置面积, 而在实际的分配过程中, 因为一些特殊原因的影响, 如突发的大型项目的开工建设等等, 会影响实际的建设用地使用面积。因而, 用此种模型计算的指标可以作为各子区域新增建设用地指导性的控制数据, 实际分配的新增建设用地指标可以根据实际情况在这一数据上下稍微浮动。

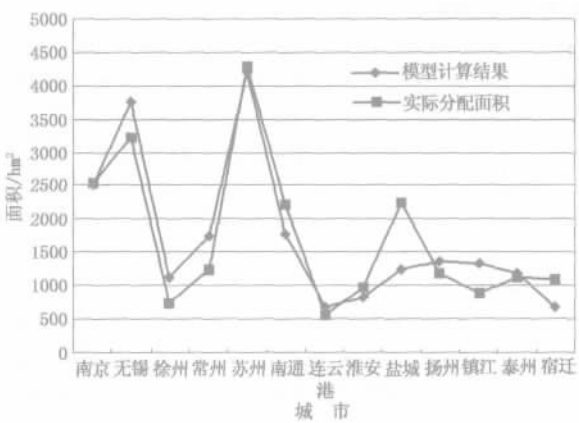


图 2 模型计算结果与实际分配面积的比较  
Fig.2 Comparison between the model-computing result and the actual allocation

表 5 2005 年江苏省 13 个城市新增建设用地指标实际分配值

Table 5	The actual allocation of newly added construction land of 13 cities in 2005													
城市	南京	无锡	徐州	常州	苏州	南通	连云港	淮安	盐城	扬州	镇江	泰州	宿迁	
实际分														
配面积	2 531.78	3 230.07	740.87	1 243.16	4 297.66	2 220.65	5 65.40	974.12	2 240.38	1 191.72	878.09	1 135.27	1 107.10	
/hm <sup>2</sup>														

注: 实际分配面积数据来源于江苏土地市场网: <http://www.landjs.com/web/landprovide-stat.aspx>. 2005.

4 结论与建议

(1) 模型配置结果基本上反映了各城市的建设用地需求量, 与实际情况基本吻合。研究结果对江苏省城市新增建设用地指标的配置具有一定的指导意义, 可以为区域新增建设用

地配置提供一种新的理论方法。

(2) 建设用地指标在各子区域的合理配置, 采用 AHP-GEM 模型, 通过群组专家决策系统对多个被评目标作评判决策, 可以更为客观地对一个区域总的建设用地指标进行合理配置, 避免了各子区域的盲目用地, 避免了个别领导人或相关人员的主观臆断。同时, 此种理论模型综合了 AHP 和 GEM 的长处, 既克服了 AHP 方法中判断矩阵的不一致性, 又绕开了 GEM 法在考虑问题时过于笼统、结构模糊的问题。因此, 这一模型既解决了现实生活中的群组决策问题, 又具有很好的理论基础。

(3) 在区域新增建设用地分配的评价指标体系中, 各子区域的社会经济资源环境指标值应该是一项预测值或规划值, 这样才能对“未来”的新增建设用地指标值进行合理配置。尽管本研究是以 2005 年为例, 但从研究结果来看, 本研究建立的区域建设用地配置的评价指标体系和采用的计算模型能客观实际地反映江苏省各子区域对建设用地的需求。在具体操作时, 各个区域可以根据地域性、科学性、全面性等原则确定评价指标体系和配置时点。

(4) AHP-GEM 模型不仅适合于省级新增建设用地指标的配置, 也可以用于国家级、县级的新增建设用地指标配置。

## 参考文献(References):

- [1] David Rhind, Ray Hudson. Land Use[M]. London: Methuen, 1980.3- 11
- [2] 王万茂.论土地生态经济学与土地生态经济系统[J].地域研究与开发, 1993, 12(3):5 -10.[WANG Wan-mao.Land zoology economics and its system.Terrain Research and Development, 1993, 12(3):5- 10.]
- [3] 王家梁.土地市场与土地资源优化配置[M].北京:中国农业科技出版社, 1994.1 -7.[WANG Jia-liang.Land Market and Land Resources Optimized Allocating.Beijing:China Agriculture Science and Technology Press, 1994.1- 7.]
- [4] 刘彦随.土地利用优化配置中系列模型的应用——以乐清市为例[J].地理科学进展, 1999, 18(1):26 -31.[LIU Yan-shui. The applying of series model in the land optimized allocating—Example of Leqing.Progress in Geography, 1999, 18(1): 26- 31.]
- [5] 严金明.简论土地利用结构优化与模型设计[J].中国土地科学, 2002, 16(4):20 -25.[YAN Jin-ming.Discuss concisely land use structure-optimized and model design.China Land Science, 2002, 16(4):20- 25.]
- [6] 胡业翠,赵庚星.农业可持续发展与土地资源优化配置[J].农业现代化研究, 2002, (3):102 -105.[HU Ye-cui,ZHAO Geng-xing.Agriculture sustainable development and land resources optimized allocating.Agriculture Modernization Research, 2002, (3):102- 105.]
- [7] 宋艳玲.土地资源优化配置途径[J].宁夏农林科技, 2001, (5):48 -53.[SONG Yan-lin.The way of land resources optimized allocating.Farming and Forestry Science and Technology of Ningxia, 2001, (5):48- 53.]
- [8] 倪绍祥,刘彦随.区域土地资源优化配置及其可持续利用[J].农村生态环境, 1999, 15(2):8 -12.[NI Shao-xiang,LIU Yan-shui.Local land resources optimized allocating and sustainable use.Rural Ecology Environment, 1999, 15(2):8- 12.]
- [9] 金晓斌,周寅康,彭补拙.全面小康建设的定量评价与足迹分析——以江苏省为例[J].中国人口·资源与环境, 2004, 14(1): 7 -11.[JIN Xiao-bin,ZHOU Yin-kang,PENG Bu-zhuo.Quantitative evaluation research on all-round well-off society construction:A case study of Jiangsu Province.China Population, Resources and Environment, 2004, 14(1):7- 11.]
- [10] 侯文.对应用主成分进行综合评价的探讨[J].数理统计与管理, 2006, 25(2):211 -214.[HOU Wen. Discussing to comprehensive evaluation by principal component.Application of Statistics and Management, 2006, 25(2):211- 214.]
- [11] 何贤杰,吴初国,刘增拙,等.石油安全指标体系与综合评价[J].自然资源学报, 2006, 21(2):245 -248.[HE Xian-jie,WU Chu-guo,LIU Zeng-zhuo,et al.Indicator system and comprehensive appraisal for petroleum security.Journal of Natural Resources, 2006, 21(2):245- 248.]
- [12] 薛薇.统计分析与 SPSS 的应用[M].北京:中国人民大学出版社, 2001.250 -259.[XUE Wei.Statistics Analysis and SPSS Application.Beijing:China Renmin University Press, 2001.250- 259.]
- [13] 邱菀华.群组决策特征根法[J].应用数学和力学, 1997, 18(11):1027 -1031.[QIU Wan-hua.Group eigenvalue method.Applied

Mathematics and Mechanics,1997,18(11):1027- 1031.]

- [14] 洪源源,邱苑华.AHP、GEM 及其综合算法[J].中国管理科学,2000,12(4):36 -42.[HONG Yuan-yuan,QIU Wan-hua.An integrated arithmetics of AHP and GEM.Chinese Journal of Management Science,2000,12(4):36- 42.]
- [15] 李如忠,金菊良,钱家忠,等.基于指标体系的区域水资源合理配置初探[J].系统工程理论与实践,2005,3(3):125 -132.[LI Ru-zhong,JIN Ju-liang,QIAN Jia-zhong,et al.Water resources allocation in a region based on evaluation index system. Systems Engineering—Theory & Practice,2005,3(3):125- 132.]

## Allocation of Newly-added Quota of Regional Construction Land Based on Principal Components Analysis and AHP-GEM Model —A Case Study of Jiangsu Province

YIN Shao-mei<sup>1,2</sup>, JIN Xiao-bin<sup>1</sup>, ZHOU Yin-kang<sup>1</sup>, ZHAO Yao-yang<sup>1</sup>, LI Ji-jun<sup>2</sup>

(1.Department of Land Resources and Tourism, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

2.Yangzhou Land Resource Bureau, Yangzhou 225009, China)

**Abstract:** The newly added quota of construction land is very vital to the regional economic development. With the rapid growth of economy, the contradiction between construction land supply and demands has become further sharpened due to the scarcity of land resources. Therefore rational allocation of construction land is becoming more and more urgent.

In order to allocate the newly added regional construction land rationally and scientifically, taking Jiangsu as an example, this paper first selects 13 factors as original indexes. Then principal components analysis method is applied to integrate these factors into three indexes, which are population resource, economic society, and urban development. Based on these indexes, the study applies AHP-GEM model to allocate the newly increased quota of construction land in Jiangsu Province. Result shows that the proportions of the allocation could be divided into four levels. In all of the three first level cities, Suzhou has the maximum allocated proportion (18.80%), followed by Wuxi and Nanjing with the percentages of 16.78 and 11.20 respectively. The second level consists of Nantong (7.93%) and Changzhou (7.81%). At the third level, Yangzhou, Zhenjiang, Yancheng, Taizhou and Xuzhou are allocated 6.03%, 5.91%, 5.51%, 5.33%, and 5.00% respectively. Finally, Huai'an, Lianyungang and Suqian belong to the forth level with the percentages of 3.65, 3.03 and 3.01 respectively.

At the end of this paper, conclusions and suggestions for the newly added construction land allocation are presented. (1) The result basically reflects the increased construction land demand in a region. (2) AHP-GEM model combines the advantages of both AHP method and GEM method. Hence, it is more objective to allocate the newly added construction land quota using AHP-GEM model. (3) Choosing an appropriate index is important to apply this model. This index should better be a forecast value. (4) With minor modifications, this model can be adopted to allocate the newly added construction land at all levels, such as state, provincial, and county levels etc.

**Key words:** the newly added quota of construction land; principal components analysis method; GEM-AHP model; Jiangsu Province