

基于 AHP 的土地集约利用水平模糊综合评价

崔娟敏¹, 季文光^{1,2}

(1. 河北民族师范学院, 河北 承德 067000; 2. 沈阳建筑大学 管理学院, 沈阳 110168)

摘 要: 探讨 AHP 与模糊理论相结合的方法在土地集约利用评价中的运用, 提出了基于 AHP 的土地集约利用的模糊综合评价方法, 为土地集约利用评价提供一种精确方法。以河北省为例, 与北京市、湖南省、黑龙江省、甘肃省的实际数据, 建立土地集约利用评价指标体系, 运用 AHP 确立了各评价指标的权重。并对 AHP 的判断矩阵进行了一致性检验, 针对土地集约利用评价的特点, 确立了各指标对土地集约利用评价的隶属度函数, 在此基础上, 运用模糊综合评价方法, 对不同地区的土地集约利用水平进行综合评价。结果表明: 河北省土地集约利用总体水平居全国中上水平, 其土地利用结构合理性指标和土地利用程度指标居全国的中上水平, 而土地投入强度指标不高, 土地使用的效果指标略差。通过研究结果可靠性分析证实, 基于 AHP 的模糊综合评价是进行土地集约利用评价的可靠方法。

关键词: AHP; 土地集约利用; 模糊; 综合评价

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)04-0122-04

AHP-based Fuzzy Comprehensive Evaluating for Land Intensive Use Level

CUI Juan-min¹, JI Wen-guang^{1,2}

(1. Hebei Normal University Nationalities, Chengde, Hebei 067000, China;

2. School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

Abstract: AHP and fuzzy theory of the method of combining the intensive use of land evaluation of the use of land is proposed based on intensive use of AHP fuzzy comprehensive evaluation method for the intensive use of land to provide an accurate method of evaluation. And the actual data of Hebei Province, and Beijing, Hu'nan province, Heilongjiang Province, Gansu Province, the actual data, the establishment of intensive land use evaluation system using AHP to establish the weight of each index. AHP judgments and matrix consistency test for the evaluation of the characteristics of intensive use of land and established the intensive use of land evaluation index membership functions, on this basis, the use of fuzzy comprehensive evaluation method, for different areas of land intensive use of the comprehensive evaluation, the results show that: Hebei Province overall level of intensive use of land in the upper level of the nation, its land use structure index and a reasonable degree of land use indicators in the nation's middle and upper levels, while the intensity of land investment index is not high, the effects of land use indicators slightly worse. Confirmed by studying the results of reliability analysis, based on fuzzy comprehensive evaluation of AHP's intensive use of land evaluation is the exact method.

Key words: analytical hierarchy process(AHP); land intensive use; fuzzy; comprehensive evaluating

土地的集约利用是指通过对土地投入的增加, 改善土地的经营和管理, 以提高土地收益的一种经营方式。《国民经济和社会发展的第十一个五年规划纲要》提出“加快建设资源节约型、环境友好型社会”, “立足于节约资源、保护环境、推动发展, 把促进经济增长方式的根本转变作为着眼点, 促使经济增长由主要依靠增加资源投入带动向主要依靠提高资源利用率带

动转变”。《国务院关于深化改革严格土地管理的决定》(国发[2004]第28号)明确提出要强化节约和集约用地政策, 要严格控制建设用地的增量, 积极盘活存量土地, 把节约集约用地放在首位, 重点在盘活存量上下功夫。

层次分析法(AHP)由美国著名运筹学家匹兹堡大学萨蒂教授于20世纪70年代初期首次提出^[1-3]。

是将决策总是有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础上进行定性和定量分析的决策方法。本文利用该方法确定土地集约利用评价指标的权重。模糊综合评价是以模糊数学为基础,应用关系合成原理,将一些边界不清和不易定量的因素定量化,进行综合评价的一种方法^[4-5]。土地的集约利用水平是一个比较模糊的概念,选择模糊综合评价方法对其评价具有可行性。目前关于 AHP 与模糊理论相结合的方法运用到土地的集约利用评价中的研究还很少。

1 建立模糊综合评价模型

1.1 评价指标确定

将土地的集约利用评价指标体系分两个层次,第一层次为土地利用结构合理性指标、土地利用程度指标和土地投入强度指标、土地使用的效果指标 4 大类。第二层次为各类具体指标共 14 项。

1.2 评价指标权重确定

采用 AHP 来确定土地的集约利用指标体系的权重^[6]。利用比率标度技术对各指标的相对重要性进行判断。比率标度法根据两个因素重要程度相比结果分别赋予相应的标度(5/5= 1, 6/4= 1.5, 7/3= 2.3, 8/2= 4, 9/1= 9) (同等重要、略重要、显著重要、非常重要与特别重要),如果重要程度处于上述各情况中间,则赋予相应的标度为(5.5/4.5= 1.2, 6.5/3.5= 1.9, 7.5/2.5= 3, 8.5/1.5= 5.7)。由比率标度法得到判断矩阵,对判断矩阵求最大正特征根,并用方根法求解得到各指标权重。

1.3 AHP 判断矩阵的一致性

(1) 检验 λ_{\max}

$$AW = \lambda_{\max} W \tag{1}$$

式中: λ_{\max} ——判断矩阵 A 的最大特征根; W ——对应于 λ_{\max} 的特征向量,在求出 W 后,用公式(2)求得。

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{w_i} \tag{2}$$

式中: $(AW)_i$ ——向量 AW 的第 i 个分量; n ——矩阵阶数; w_i —— λ_{\max} 的第 i 个特征向量。

(2) 一致性检验。利用一致性指标、随机一致性指标和一致性比率做一致性检验。若检验通过,特征向量(归一化后)即为权向量,若不通过,需重新构成对比矩阵。

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \tag{3}$$

(3) CR 值检验。引入 RI(平均随机性一致性指标)对 CI 进行修正。

表 1 平均随机一致性指标 RI 标准值

阶数	3	4	5	6	7	8	9
RI 值	0.51	0.90	1.12	1.25	1.35	1.42	1.46

当阶数大于 2 时, CI 与 RI 之比记为 CR(一致性比率),当 $CR = CI / RI < 0.10$ 时,即认为判断矩阵具有满意一致性,否则要调整判断矩阵,使其具有满意一致性。

1.4 模糊综合评价

各指标对于土地的集约利用的隶属度为:

$$\mu_i(x_i) = r_i = \begin{cases} 0 & 0 \leq x_i \leq x_{\min,i} \\ \frac{x_i - x_{\min,i}}{x_{\max,i} - x_{\min,i}} & x_{\min,i} < x_i \leq x_{\max,i} \\ 1 & \text{其它} \end{cases} \tag{4}$$

式中: $\mu_i(x_i)$ —— x_i 的土地的集约利用隶属度; x_i ——指标 i 的原始土地的集约利用数值; $x_{\max,i}$ ——该指标值序列里最大值; $x_{\min,i}$ ——该指标序列里最小值。

被评价土地的集约利用模糊综合评价值计算公式 C 为土地的集约利用模糊综合评价值,土地的集约利用模糊综合评价值越大,表明土地的集约利用程度越高。

$$C = (W_1^{(1)}, W_2^{(1)}, \dots, W_k^{(1)}) (C_1 \ C_2 \ \dots \ C_k)^T \tag{5}$$

式中: $(W_1^{(1)}, W_2^{(1)}, \dots, W_k^{(1)})$ ——通过计算且经过一致性检验得到的一级指标的权重; k ——一级指标个数。

$$C_j = W_j^{(2)} \cdot R_j = (w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{jmj}) \cdot (R_{j1}, R_{j2}, \dots, R_{jmj})^T \tag{6}$$

式中: C_j ——第 j 个一级评价指标的模糊评价值向量; $W_j^{(2)}$ ——通过计算且经过一致性检验得到的第 j 个二级评价指标的权重; R_j ——第 j 个二级指标对应的一级指标权数。

通过上述公式计算且经过一致性检验得到二级指标权重 $W^{(2)}$ 和模糊向量 R 为:

$$W^{(2)} = (W_1^{(2)}, W_2^{(2)}, \dots, W_k^{(2)}) = (w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1m_1}, w_{21}, w_{22}, \dots, w_{2m_2}, \dots, w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km_k}) \tag{7}$$

通过计算,确定的模糊向量:

$$R = (R_1, R_2, \dots, R_k)^T = (R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1m_1}, R_{21}, R_{22}, \dots, R_{2m_2}, R_{k1}, R_{k2}, \dots, R_{km_k})^T \tag{8}$$

模糊向量 R 中有 $m = m_1 + m_2 + \dots + m_k$ 个二级指标个数, m_k 为第 k 个一级评价指标的包含的二级指标的个数。

2 河北省土地集约利用水平评价

2.1 指标体系建立

本文选取了三个省份一个直辖市(北京市、湖南省、黑龙江省、甘肃省)与河北省进行比较分析,评价河北省的土地的集约利用水平,建立的指标体系如表 2 所示。

表 2 指标体系及原始数据

项目	指标分类	北京	河北	湖南	黑龙江	甘肃
土地利用结构 合理性指标 A_1	城乡建设用地比重 $A_{11}/\%$	21. 20	18. 40	17. 90	16. 20	14. 30
	交通水利用地比重 $A_{12}/\%$	5. 80	4. 70	4. 20	5. 30	4. 00
	有待改造老城区面积比率 $A_{13}/\%$	4. 60	5. 20	4. 90	4. 70	5. 30
土地利用程度 指标 A_2	建设用地规模弹性系数 A_{14}	2. 50	2. 00	1. 90	1. 60	1. 40
	城镇土地总容积率 A_{15}	2. 00	1. 50	0. 80	1. 20	0. 60
	建筑密度 $A_{21}/\%$	5. 20	4. 30	4. 00	4. 20	3. 50
	土地利用度 $A_{22}/\%$	96. 50	90. 20	91. 30	90. 40	85. 60
土地投入强度 指标 A_3	单位土地固定资产投资额 $A_{31}/(\text{万元} \cdot \text{hm}^{-2})$	2. 03	1. 71	1. 75	1. 59	1. 39
	单位建设用的基础设施投资 $A_{32}/(\text{万元} \cdot \text{hm}^{-2})$	0. 21	0. 16	0. 15	0. 14	0. 12
	单位用地国内生产总值 $A_{33}/(\text{万元} \cdot \text{hm}^{-2})$	3. 98	3. 01	2. 79	2. 52	1. 77
	单位用地财政收入 $A_{34}/(\text{万元} \cdot \text{hm}^{-2})$	1. 68	1. 66	1. 55	1. 57	1. 23
	单位用地第三产业总值 $A_{35}/(\text{万元} \cdot \text{hm}^{-2})$	2. 95	2. 19	2. 13	1. 67	1. 28
土地使用的效果 指标 A_4	人均公共设施面积 A_{41}/m^2	9. 16	6. 20	5. 20	5. 40	5. 10
	人均居住面积 A_{42}/m^2	35. 2	34. 4	33. 5	29. 6	32. 06

数据来源于《中国国土资源统计年鉴 2009》。

2.2 评价指标权重确定

因涉及数据较多, 权重确定较为烦琐, 这里仅列举第一项土地利用结构合理性指标与其二级指标的赋权方法。如专家判断“城乡建设用地比重 A_{11} ”比“交通水利用地比重 A_{12} ”稍微重要, 则在表 3 中相应的位置填入数字“3/2”。

表 3 土地利用结构合理性指标中各二级指标重要性的判断

A_1	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	$W_1^{(2)}$
A_{11}	1	3/2	3. 5/6. 5	3/2	3. 5/6. 5	0. 18
A_{12}	2/3	1	3. 5/6. 5	3. 5/6. 5	2/3	0. 16
A_{13}	6. 5/3. 5	6. 5/3. 5	1	2/3	3. 5/6. 5	0. 23
A_{14}	2/3	6. 5/3. 5	2/3	1	3/2	0. 15
A_{15}	6. 5/3. 5	3/2	6. 5/3. 5	2/3	1	0. 28

判断矩阵的一致性: $\lambda_{\max} = 5. 3, CI = (5. 3 - 5) / (5 - 1) = 0. 07, RI = 1. 1, CR = 0. 06 < 0. 10$, 即符合一致性要求, 同理, 可以确定其它指标的权重, 所有指标的权重如表 4 所示。

表 4 重确定结果

项目	分权重	组合权重	项目	分权重	组合权重
A_1	0. 36	0. 36	A_{31}	0. 20	0. 20
A_{11}	0. 18	0. 07	A_{32}	0. 26	0. 05
A_{12}	0. 16	0. 06	A_{33}	0. 18	0. 04
A_{13}	0. 23	0. 08	A_{34}	0. 12	0. 02
A_{14}	0. 15	0. 05	A_{35}	0. 12	0. 02
A_{15}	0. 28	0. 10	A_{41}	0. 16	0. 16
A_{21}	0. 65	0. 18	A_{42}	0. 50	0. 08
A_{22}	0. 35	0. 10			

2.3 建立土地的集约利用指标的模糊矩阵

对原始数据计算模糊隶属度, 构造模糊矩阵:

$$R = (R_1, R_2, R_3, R_4)^T$$
$$= (R_{11} R_{12} \dots R_{15} R_{21} R_{22} R_{31} R_{32} \dots R_{35} R_{41} R_{42})^T$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0. 193 & 0. 019 & 0. 212 & 0 \\ 1 & 0. 779 & 0 & 0. 788 & 0. 761 \\ 1 & 0. 337 & 0. 347 & 0 & 0. 053 \\ 1 & 0. 048 & 0 & 0. 088 & 0. 002 \\ 1 & 0. 166 & 0 & 0. 129 & 0. 050 \\ 1 & 0. 516 & 0. 017 & 0. 274 & 0 \\ 1 & 0. 489 & 0 & 0. 121 & 0. 188 \\ 1 & 0. 054 & 0. 108 & 0. 396 & 0 \\ 1 & 0. 871 & 0. 523 & 0. 755 & 0 \\ 0. 408 & 0 & 0. 974 & 1 & 0. 211 \\ 1 & 0. 697 & 0. 127 & 0 & 0. 273 \\ 1 & 0. 339 & 0 & 0. 470 & 0. 163 \\ 0. 473 & 0. 122 & 0 & 1 & 0. 012 \\ 1 & 0. 679 & 0 & 0. 875 & 0. 975 \end{bmatrix}$$

其中, 列为土地的集约利用的 14 个指标, 行为 5 个比较的省(市), 分别代表北京市、河北省、湖南省、黑龙江省、甘肃省 5 个省(市)。

2.4 评价结果

计算各省(市)土地的集约利用模糊综合评价值。

$$W^{(2)} = (W_1^{(2)}, W_2^{(2)}, \dots, W_k^{(2)})$$
$$= (w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1m_1}, w_{21}, w_{22}, \dots, w_{2m_2},$$
$$w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km_k})$$

$$C_1 = W_1^{(2)} \cdot R_1 = (w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1m_1}) \cdot$$
$$(R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1m_1})^T$$
$$= (0. 18, 0. 16, 0. 23, 0. 15, 0. 28)$$
$$= (1. 000, 0. 291, 0. 083, 0. 213, 0. 148)$$

即北京市、河北省、湖南省、黑龙江省、甘肃省 5 个省(市)在土地利用结构合理性指标上的排序为: 1, 2, 5, 3, 4, 同理, $C_2 = W_2^{(2)} \cdot R_2 = (1.000, 0.507, 0.011, 0.221, 0.066)$ 。即 5 个省(市)在土地利用程度指标上的排序为: 1, 2, 5, 3, 4。 $C_3 = W_3^{(2)} \cdot R_3 = (0.893, 0.368, 0.361, 0.560, 0.090)$ 。即 5 个省(市)在土地投入强度指标上的排序为: 1, 3, 4, 2, 5。 $C_4 = W_4^{(2)} \cdot R_4 = (0.741, 0.400, 0.000, 0.938, 0.494)$ 。即 5 个省(市)在土地使用的效果指标上的排序为: 2, 4, 5, 1, 3。

$$C = [(C_1, C_2, \dots, C_k)^T \cdot (W_1^{(1)}, W_2^{(1)}, \dots, W_k^{(1)})]$$
$$= (0.36, 0.28, 0.20, 0.16)$$
$$\begin{bmatrix} 1 & 0.291 & 0.083 & 0.213 & 0.148 \\ 1 & 0.507 & 0.011 & 0.221 & 0.066 \\ 0.893 & 0.368 & 0.361 & 0.560 & 0.090 \\ 0.741 & 0.400 & 0 & 0.938 & 0.494 \end{bmatrix}$$
$$= (0.937, 0.384, 0.105, 0.401, 0.169)$$

即北京市、河北省、湖南省、黑龙江省、甘肃省 5 个省(市)在各指标上的总排序为: 1, 3, 5, 2, 4, 河北省土地的集约利用总体水平居全国中上等水平, 其土地利用结构合理性指标和土地利用程度指标居全国的中上等水平, 而土地投入强度指标不高, 土地使用的效果指标略差。

2.5 可靠性分析

基于层次分析法的土地的集约利用水平模糊综合评价方法, 通过对河北省与国内其他代表性地区的土地集约利用水平进行评价结果对比验证, 土地的集约利用水平的模糊综合评价方法评价出的结果具备可靠性。

3 结论

近年来城镇、工矿、基础设施、村镇等各类建设用地呈现全面扩张的态势, 同时在一些行业和地区无序、粗放利用土地的现象仍然大量存在, 为缓解土地供需矛盾, 保障社会经济稳定发展, 集约是土地利用的必然选择。层次分析法是将定性评价问题转化定量评价的一种科学有效方法, 在许多经济管理评价问题中发挥了重要的作用, 适于确定多层次的属性权重问题, 考虑土地的集约利用发展水平的测评本身含有模糊因素, 笔者提出了基于层次分析法的土地的集约利用水平模糊综合评价方法。并以河北省为例, 与其它地区的实际数据检验, 表明基于 AHP 的模糊综合评价是进行土地集约利用评价的精确方法。

参考文献:

1] 李敏, 费耀平. 一种分层的网络安全评价方法[J]. 微机发展, 2003, 13(6): 106-108.
2] 孙才志, 林学钰, 王金生. AHP 及其在水资源系统模糊优化中的应用[J]. 系统工程, 2001, 19(2): 62-11.
3] 陈欣. 模糊层次分析方法在方案优选方面的应用[J]. 计算机工程与设计, 2004, 25(10): 1847-1849.
4] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 2000: 190-256.
5] 罗继曼, 李力, 祝金兰, 等. 机构运动可靠性模糊综合评判法[J]. 沈阳建筑工程学院学报: 自然科学版, 2002, 18(2): 155-157.
6] 傅伯杰. 土地可持续性利用评价的指标体系与方法[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 115-116.

(上接第 121 页)

9] Wang S Y, Liu J S, Yang C J. Eco-environmental vulnerability evaluation in the Yellow River Basin, China[J]. Pedosphere, 2008, 18(2): 171-182.
10] 宋豫秦. 淮河流域可持续发展战略初论[M]. 北京: 化工出版社, 2003.
11] 喻权刚, 朱小勇, 殷宝库. 小流域可持续发展能力评价系统研究与开发[J]. 水土保持研究, 2008, 15(5): 217-221.
12] 段文标, 任翠梅. 山区典型小流域可持续发展评价: 以北京三渡河小流域为例[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(4): 187-190.

13] 中国科学院可持续发展战略研究组. 中国可持续发展战略报告: 水: 治理与创新[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
14] 黄宝荣, 欧阳志云, 张慧智, 等. 海南岛生态环境脆弱性评价[J]. 应用生态学报, 2009, 20(3): 639-646.
15] 黄宝荣, 欧阳志云, 张慧智, 等. 1996-2005 年北京城市生态质量动态[J]. 应用生态学报, 2008, 19(4): 845-852.
16] Zhou P, Ang B W, Poh K L. Comparing aggregating methods for constructing the composite environmental index: An objective measure[J]. Environmental Economics, 2006, 9: 305-311.