

基于可变模糊集模型的区域生态环境质量评价

冀晓东¹, 靳燕国², 刘 纲³, 刘 杰³, 周 朔¹

(1 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2 中国石油天然气管道工程有限公司, 河北 廊坊 065000;

3 南水北调中线干线工程建设管理局, 北京 100038)

【摘 要】 【目的】建立基于可变模糊集的环境生态评价模型, 为有效评价区域生态环境质量提供参考。【方法】基于可变模糊集理论, 建立区域生态环境综合评价模型, 并运用该模型对巢湖流域的生态环境进行评价, 对流域中的合肥市、巢湖市、六安市及巢湖流域的生态环境质量进行了排序。【结果】巢湖流域整体的生态环境质量属第 3 等级, 即处于及格状态, 流域的生态环境质量优劣排序为巢湖流域>巢湖市>合肥市>六安市。【结论】实例表明, 可变模糊集评价模型可以充分考虑评价指标的“优”与“劣” 2 方面, 使评价结果更具合理性, 且简单方便、有效可行, 能较好地应用于生产实际。

【关键词】 生态环境质量评价; 可变模糊集; 巢湖流域

【中图分类号】 X820.2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)09-0148-07

Variable fuzzy set model for assessment of regional eco-environmental quality

JI Xiao-dong¹, JIN Yan-guo², LIU Gang³, LIU Jie³, ZHOU Shuo¹

(1 School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2 China Petroleum

Pipeline Engineering Corporation, Langfang, Hebei 065000, China; 3 Administration of the South-to-north Water

Diversion Middle Route Project, Beijing 100038, China)

Abstract: 【Objective】 The research was to get a variable fuzzy set model to evaluate eco-environmental quality efficiently. 【Method】 A new assessment model based on variable fuzzy sets was proposed, and applied in eco-environmental assessment in Chao Lake basin and sort samples in Hefei, Chaohu, Liuan. 【Result】 The environment quality in Chao Lake is the third degree, and the evaluation grade is Chao Lake, Chaohu city, Hefei city and Liuan city. 【Conclusion】 Results show that the evaluation model based on variable fuzzy sets can consider the good and bad character of indexes, and is feasible, and can effectively evaluate eco-environmental quality.

Key words: eco-environmental quality assessment; variable fuzzy set; Chao Lake basin

区域生态环境质量评价是实现全面环境管理, 协调区域经济开发与环境保护之间关系, 实现区域可持续发展的重要手段^[1]。目前, 对于生态环境质量综合评价问题, 已取得了不少有价值的成果^[2-5]。但是, 由于生态环境评价质量评价涉及地域复杂性和因素多样性, 至今未形成公认的理论和方法体系^[6]。

生态环境综合评价方法有很多种, 常用的有经验指数法、灰色关联度分析法、模糊综合评判法、投影寻踪法等。这些方法各有优缺点, 如经验指数法综合考虑了各参与因子的作用, 但指数加和过程中较多的参评因子削弱了重要因子的作用^[7]; 灰色关联度分析法和模糊综合评判法都是依据评价样本对于各级评价标准从属度的大小, 来确定样本所属质

* [收稿日期] 2010-03-11

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30901162, 30872067)

[作者简介] 冀晓东(1978—), 男, 河南新密人, 副教授, 博士, 主要从事生态环境系统管理研究。

量级别,当样本对各质量级别的从属数值相差较小时,就难以正确决策^[6];投影寻踪法直接根据评价指标样本集的离散特征确定权重,它一般只利用样本集的分类信息,而对样本集的排序信息没有加以利用,并且模型需要求解非线性的优化问题,增加了模型的复杂性^[8]。

为此,本研究在模糊综合评判的基础上,采用可变模糊集方法,综合考虑了生态环境质量评价指标“优”和“劣”2方面对评价等级的影响,对巢湖流域生态环境质量进行评价,旨在为更合理地评价区域生态环境质量提供新的方法。

1 可变模糊集原理

设矛盾双方的性质分别为 $\tilde{A}$ 和 $\tilde{A}_c$,定义事物发生质变时平衡的概念为:事物 U 对于模糊概念具有吸引性质 $\tilde{A}$ 的相对隶属度 $\mu_{\tilde{A}}(u)$ 与排斥性质 $\tilde{A}_c$ 的相对隶属度 $\mu_{\tilde{A}_c}(u)$ 达到了动态平衡,即 $\mu_{\tilde{A}}(u) = \mu_{\tilde{A}_c}(u)$ ^[9-10]。

定义 1 设论域 U 上的对立模糊概念(事物、现象),对 U 中的任意元素 $u, u \in U$,在相对隶属度函数的连续统数轴上一点, u 对表示吸引性质 $\tilde{A}$ 的相对隶属度为 $\mu_{\tilde{A}}(u)$,对表示排斥性质 $\tilde{A}_c$ 的相对隶属度为 $\mu_{\tilde{A}_c}(u)$, $\mu_{\tilde{A}}(u) \in [0, 1]$, $\mu_{\tilde{A}_c}(u) \in [0, 1]$ 。设:

$$D_{\tilde{A}}(u) = \mu_{\tilde{A}}(u) - \mu_{\tilde{A}_c}(u). \quad (1)$$

式中: $D_{\tilde{A}}(u)$ 为 u 对 $\tilde{A}$ 的相对差异度。

$$\text{映射} \begin{cases} D_{\tilde{A}} : D \rightarrow [-1, 1], \\ u \mapsto D_{\tilde{A}}(u) \in [-1, 1]. \end{cases} \quad (2)$$

式中: $D_{\tilde{A}}$ 为 u 对 $\tilde{A}$ 的相对差异函数。

$$\text{根据 } \mu_{\tilde{A}}(u) + \mu_{\tilde{A}_c}(u) = 1, \quad (3)$$

$$\text{则 } \mu_{\tilde{A}}(u) = (1 + D_{\tilde{A}}(u))/2. \quad (4)$$

定义 2 令:

$$\tilde{V} = \{(u, D) | u \in U, D_{\tilde{A}}(u) = \mu_{\tilde{A}}(u) - \mu_{\tilde{A}_c}(u), D \in [-1, 1]\}, \quad (5)$$

$$A_+ = \{u | u \in U, 0 < D_{\tilde{A}}(u) \leq 1\}, \quad (6)$$

$$A_- = \{u | u \in U, -1 \leq D_{\tilde{A}}(u) < 0\}, \quad (7)$$

$$A_0 = \{u | u \in U, D_{\tilde{A}}(u) = 0\}. \quad (8)$$

式中: $\tilde{V}$ 为模糊可变集合, A_+ 、 A_- 、 A_0 分别为模糊可变集合 $\tilde{V}$ 的吸引(为主)域、排斥(为主)域和渐变式质变界。

设 $X_0 = [a, b]$ 为实轴上模糊可变集合 $\tilde{V}$ 的吸引域, $X = [c, d]$ 为包含 X_0 ($X_0 \subset X$) 的某一上、下界范围区间(排斥域), a, b, c, d 位置如图 1 所示。

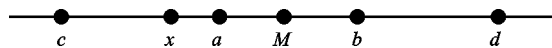


图 1 位置关系图

Fig. 1 Map of location relationship

根据模糊可变集合的定义, $[c, a]$ 与 $[b, d]$ 均为 $\tilde{V}$ 的排斥域^[11-15]。设 M 为吸引域区间 $[a, b]$ 中 $D_{\tilde{A}}(u) = 1$ 的点值, x 为 X 区间内的任意点的量值,则 x 落入 M 点左侧时的相对差异函数模型为:

$$D_{\tilde{A}}(u) = \left(\frac{x-a}{M-a} \right)^\beta, x \in [a, M], \quad (9)$$

$$D_{\tilde{A}}(u) = - \left(\frac{x-a}{c-a} \right)^\beta, x \in [c, a], \quad (10)$$

x 落入 M 点右侧时的相对差异函数模型为:

$$D_{\tilde{A}}(u) = \left(\frac{x-b}{M-b} \right)^\beta, x \in [M, b], \quad (11)$$

$$D_{\tilde{A}}(u) = - \left(\frac{x-b}{d-b} \right)^\beta, x \in [b, d]. \quad (12)$$

式(9)~(12)中: β 为非负指数,一般取 $\beta = 1$ 。

根据上述公式可得出:

当 x 分别为 a, b 时, $D_{\tilde{A}}(u) = 0$; 当 $x = M$ 时, $D_{\tilde{A}}(u) = 1$; 当 x 分别为 c, d 时, $D_{\tilde{A}}(u) = -1$; 当 x 未落入区间 $[c, d]$ 时, $D_{\tilde{A}}(u) = -1, \mu_{\tilde{A}}(u) = 0$ 。

设有 m 个评价指标,划分了 c 个评价等级,则可变模糊集评价模型为:

$$u'_h = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{d_{hg}}{d_{hb}} \right)^\alpha \right]}, h = 1, 2, \dots, c. \quad (13)$$

其中 $d_{hg} = \left\{ \sum_{i=1}^m [W_i (1 - \mu_{\tilde{A}}(u_{gh}))^p]^{1/p} \right\}$,

$$d_{hb} = \left[\sum_{i=1}^m W_i \mu_{\tilde{A}}(u_{bh})^p \right]^{1/p}.$$

式中: u'_h 为样本关于级别 h 的非归一化综合相对隶属度; p 为距离参数,当 $p = 1$ 时评价模型为线性模型, $p = 2$ 时评价模型为非线性模型; α 为优化准则参数,通常取 $\alpha = 1$ 或 $\alpha = 2$; W_i 为第 i 个评价指标的权重; $\mu_{\tilde{A}}(u_{gh})$ 为第 i 个评价指标对第 h 个等级的相对隶属度。

评价样本的等级 H 用下式计算:

$$H = \sum_{h=1}^c u_h \cdot h, \quad (14)$$

$$u_h = u'_h / \sum_{h=1}^c u'_h. \quad (15)$$

式中: u_h 为归一化后的等级隶属度。

2 基于可变模糊集的巢湖流域生态环境质量评价

2.1 巢湖流域生态环境质量评价指标体系的建立

巢湖是国家重点治理湖泊之一,目前其生态环

境质量日益退化,开始成为制约当地社会经济可持续发展的因素。综合考虑自然条件和社会因素,建立具有 3 层结构的巢湖流域生态评价指标体系^[6],将生态环境质量分为 1~5 共 5 个等级,分别对应于

优、良、及格、较差和差,建立了 8 个评价要素层,共 23 个评价指标,本研究在文献[6]的基础上,将评价体系区间化,结果如表 1 所示。

表 1 巢湖流域生态环境质量评价指标体系

Table 1 Indexes of eco-environmental quality evaluation of Chao Lake basin

评价要素 Assessment factor	评价指标 Assessment index	生态环境质量等级 Degree				
		1	2	3	4	5
气候条件 Climatic conditions	年降雨量/mm Annual rainfall	1 300~1 200	1 200~1 000	1 000~800	800~600	600~0
	≥10 ℃ 积温/℃ ≥10 ℃ accumulated temperature	6 000~5 500	5 500~4 000	4 000~2 800	2 800~1 800	1 800~0
土壤状况 Soil conditions	土壤有机质含量/(g·kg ⁻¹) Soil organic matter	30~20	20~15	15~10	10~4	4~0
	侵蚀模数/(t·hm ⁻² ·年 ⁻¹) Erosion modulus	0~500	500~2 500	2 500~5 000	5 000~8 000	8 000~15 000
水资源 Water resources	人均拥有水量/m ³ Per capital consumption	4 000~3 000	3 000~2 400	2 400~1 500	1 500~1 000	1 000~0
	水体质量满意程度/% Water quality level	90~80	80~60	60~50	50~40	40~0
	水资源开发程度/% Water resources exploitation level	0~15	15~25	25~35	35~40	40~50
	森林覆盖率/% Forest coverage rate	50~40	40~30	30~20	20~10	10~0
生物资源 Biology resources	水域面积率/% Water area rate	15~12	12~8	8~5	5~3	3~0
	植物种类数 Floristics	700~500	500~400	400~200	200~100	100~0
	动物种类数 Wildlife species	300~200	200~150	150~100	100~50	50~0
社会结构 Social structure	非农业人口比重/% Population of non-agriculture rate	60~50	50~40	40~30	30~25	25~0
	第三产业者比重/% Population of the tertiary industry rate	50~40	40~35	35~25	25~20	20~0
	城市化水平/% Urbanization level	60~50	50~40	40~30	30~20	20~0
	人口自然增长率/% Natural growth rate of population	0~1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0~5.0	5.0~8.0
人口素质 Population quality	人均预期寿命/年 Mean lifespan	80~75	75~70	70~60	60~55	55~0
	在校大学生比重/% Existing student scale rate	35~20	20~15	15~10	10~5	5~0
	第三产业产值比重/% Service output value ratio	50~45	45~40	40~35	35~30	30~0
经济状况 Economic situation	科技进步贡献率/% Contribution ratio of science and technology progress	65~55	55~50	50~40	40~30	30~0
	GDP 年增长率/% Growth rate of GDP	10~8.5	8.5~7	7~5	5~3	3~0
	居民消费水平/元 Household consumption	5 500~4 500	4 500~3 500	3 500~2 700	2 700~2 000	2 000~0
生活质量 Life quality	每万人口医生数 Average doctor number among each myriad people	30~25	25~20	20~15	15~10	10~0
	享受社保劳动者比例/% Coverage rate	60~50	50~45	45~30	30~20	20~0
评价等级区间划分 Interval of evaluation grade		<1.5	1.5~2.5	2.5~3.5	3.5~4.5	>4.5

按照行政区划将巢湖流域分为合肥、巢湖以及

六安 3 个区,全流域和各分区指标值见表 2。

表 2 巢湖流域及 3 个分区生态环境质量指标的评价值

Table 2 Value of indexes of eco-environmental quality evaluation of sub-regions and Chao Lake basin

评价要素 Assessment factor	评价指标 Assessment index	合肥市 Hefei city	巢湖市 Chaohu city	六安市 Liuan city	巢湖流域 Chao Lake basin
气候条件 Climatic conditions	年降雨量/mm Annual rainfall	1 000	1 050	1 280	1 100
	≥10 ℃ 积温/℃ ≥10 ℃ accumulated temperature	5 000	5 000	5 000	5 000
	土壤有机质含量/(g·kg ⁻¹) Soil organic matter	14.3	14.5	13.7	14.0
土壤状况 Soil conditions	侵蚀模数/(t·hm ⁻² ·年 ⁻¹) Erosion modulus	2 700	2 700	4 500	2 700
	人均拥有水量/m ³ Per capita consumption	1 600	1 700	2 000	1 600
水资源 Water resources	水体质量满意程度/% Water quality level	65	60	85	62
	水资源开发程度/% Water resources exploitation level	35	32	30	31
	森林覆盖率/% Forest coverage rate	15	17	28	21.9
生物资源 Biology resources	水域面积率/% Water area rate	7.8	10.1	4.3	7.4
	植物种类数 Floristics	350	400	500	450
	动物种类数 Wildlife species	150	150	180	160
社会结构 Social structure	非农业人口比重/% Population of non-agriculture rate	42	35	28	35
	第三产业者比重/% Population of the tertiary industry rate	40	30	26	32
	城市化水平/% Urbanization level	32	26	23	27
人口素质 Population quality	人口自然增长率/% Natal growth rate of population	3.5	5.5	7.5	5.5
	人均预期寿命/年 Mean lifespan	73	72	71	72
	在校大学生比重/‰ Existing student scale rate	32	16	12	20
经济状况 Economic situation	第三产业产值比重/% Service Output Value Ratio	46	36	32	41
	科技进步贡献率/% Contribution ratio of science and technology progress	67	45	41	51
	GDP 年增长率/% Growth rate of GDP	8.0	7.6	7.2	7.6
生活质量 Life quality	居民消费水平/元 Household consumption	3 600	2 700	2 100	2 800
	每万人口医生数 Average doctor number among each myriad people	25	16	13	18
	享受社保劳动者比例/% Coverage rate	44	28	24	32

2.2 巢湖流域生态环境质量评价结果

利用层次分析法^[6],得出 23 个指标的权重为:

W = (0.002 2, 0.002 2, 0.002 5, 0.023 0, 0.032 8, 0.378 5, 0.028 8, 0.082 7, 0.013 6, 0.000 6, 0.000 6, 0.001 9, 0.011 9, 0.001 9,

0.036 6, 0.080 9, 0.009 4, 0.228 0, 0.037 5, 0.006 2, 0.013 1, 0.005, 0.000 1)。

采用可变模糊集的定义以及公式(9)~(12),得出合肥市、巢湖市、六安市以及巢湖流域的相对隶属度矩阵分别为:

0	0.500	0.500	0	0	0.125	0.750	0.375	0	0
0.333	0.833	0.167	0	0	0.333	0.833	0.167	0	0
0	0.430	0.640	0.070	0	0	0.450	0.600	0.050	0
0	0.460	0.580	0.040	0	0	0.460	0.580	0.040	0
0	0.056	0.611	0.444	0	0	0.111	0.722	0.389	0
0.125	0.750	0.375	0	0	0	0.500	0.500	0	0
0	0	0.500	0.500	0	0	0.150	0.800	0.350	0
0	0	0.250	1	0.250	0	0	0.350	0.800	0.150
0	0.467	0.567	0.033	0	0.263	0.975	0.238	0	0
0	0.375	0.750	0.125	0	0	0.500	0.500	0	0
0	0.500	0.500	0	0	0	0.500	0.500	0	0
0.100	0.700	0.400	0	0	0	0.250	1	0.250	0
0.500	0.500	0	0	0	0	0.250	1	0.250	0
0	0.100	0.700	0.400	0	0	0	0.300	0.900	0.200
0	0.125	0.750	0.375	0	0	0	0	0.417	0.583
0.300	0.900	0.200	0	0	0.200	0.900	0.300	0	0
0.900	0.100	0	0	0	0.100	0.700	0.400	0	0
0.600	0.400	0	0	0	0	0.100	0.700	0.400	0
0.900	0	0	0	0	0	0.250	1	0.250	0
0.333	0.833	0.167	0	0	0.200	0.900	0.300	0	0
0.050	0.600	0.450	0	0	0	0	0.500	0.500	0
0.050	0.500	0	0	0	0	0.100	0.700	0.400	0
0	0.467	0.567	0.033	0	0	0	0.400	0.700	0.100

,

0.900	0.100	0	0	0	0.250	1	0.250	0	0
0.333	0.833	0.167	0	0	0.333	0.833	0.167	0	0
0	0.370	0.760	0.130	0	0	0.400	0.700	0.100	0
0	0.100	0.700	0.400	0	0	0.460	0.580	0.040	0
0	0.278	0.944	0.222	0	0	0.056	0.611	0.444	0
0.750	0.250	0	0	0	0.050	0.600	0.450	0	0
0	0.250	1	0.250	0	0	0.200	0.900	0.300	0
0	0.400	0.700	0.100	0	0	0.095	0.690	0.405	0
0	0	0.325	0.850	0.175	0	0.400	0.700	0.100	0
0.500	0.500	0	0	0	0.250	1	0.250	0	0
0.300	0.900	0.200	0	0	0.100	0.700	0.400	0	0
0	0	0.300	0.900	0.200	0	0.250	1	0.250	0
0	0.050	0.600	0.450	0	0	0.350	0.800	0.150	0
0	0	0.150	0.800	0.350	0	0	0.350	0.800	0.150
0	0	0	0.083	0.917	0	0	0	0.417	0.583
0.100	0.700	0.400	0	0	0.200	0.900	0.300	0	0
0	0.200	0.900	0.300	0	0.500	0.500	0	0	0
0	0	0.200	0.900	0.300	0.100	0.700	0.400	0	0
0	0.050	0.600	0.450	0	0.100	0.700	0.400	0	0
0.067	0.633	0.433	0	0	0.200	0.900	0.300	0	0
0	0	0.071	0.643	0.429	0	0.063	0.625	0.438	0
0	0	0.300	0.900	0.200	0	0.300	0.900	0.200	0
0	0	0.200	0.900	0.300	0	0.067	0.633	0.433	0

,

0.900	0.100	0	0	0	0.250	1	0.250	0	0
0.333	0.833	0.167	0	0	0.333	0.833	0.167	0	0
0	0.370	0.760	0.130	0	0	0.400	0.700	0.100	0
0	0.100	0.700	0.400	0	0	0.460	0.580	0.040	0
0	0.278	0.944	0.222	0	0	0.056	0.611	0.444	0
0.750	0.250	0	0	0	0.050	0.600	0.450	0	0
0	0.250	1	0.250	0	0	0.200	0.900	0.300	0
0	0.400	0.700	0.100	0	0	0.095	0.690	0.405	0
0	0	0.325	0.850	0.175	0	0.400	0.700	0.100	0
0.500	0.500	0	0	0	0.250	1	0.250	0	0
0.300	0.900	0.200	0	0	0.100	0.700	0.400	0	0
0	0	0.300	0.900	0.200	0	0.250	1	0.250	0
0	0.050	0.600	0.450	0	0	0.350	0.800	0.150	0
0	0	0.150	0.800	0.350	0	0	0.350	0.800	0.150
0	0	0	0.083	0.917	0	0	0	0.417	0.583
0.100	0.700	0.400	0	0	0.200	0.900	0.300	0	0
0	0.200	0.900	0.300	0	0.500	0.500	0	0	0
0	0	0.200	0.900	0.300	0.100	0.700	0.400	0	0
0	0.050	0.600	0.450	0	0.100	0.700	0.400	0	0
0.067	0.633	0.433	0	0	0.200	0.900	0.300	0	0
0	0	0.071	0.643	0.429	0	0.063	0.625	0.438	0
0	0	0.300	0.900	0.200	0	0.300	0.900	0.200	0
0	0	0.200	0.900	0.300	0	0.067	0.633	0.433	0

,

经计算,巢湖流域及各分区生态环境质量综合评价结果如表 3 所示。从表 3 可以看出,各分区的生态环境质量都属于第 3 等级。3 个分区中,六安市的生态环境质量相对较差,其余 2 个基本相同。4

个样本生态环境优劣的排序为巢湖流域>巢湖市>合肥市>六安市。李如忠^[1]采用模糊物元法对巢湖流域及 3 个分区的生态环境质量进行综合评价,经

计算得到了评价样本与标准样本的贴近度(ρH_i),结果见表 4。

表 3 巢湖流域及各分区生态环境质量的综合评价结果
Table 3 Evaluation results of sub-regions and Chao Lake basin

区域 Region	不同生态环境质量等级的隶属度 Eco-environmental quality degree					H	等级 Degree
	1 级 1 degree	2 级 2 degree	3 级 3 degree	4 级 4 degree	5 级 5 degree		
合肥市 Hefei city	0.031	0.464	0.576	0.040	0	2.564	3
巢湖市 Chaohu city	0.033	0.466	0.574	0.040	0	2.558	3
六安市 Liuan city	0.083	0.129	0.684	0.391	0	3.074	3
巢湖流域 Chao Lake basin	0.038	0.468	0.574	0.041	0	2.551	3

表 4 巢湖流域 4 个评价样本与标准样本之间的贴近度^[1]
Table 4 Closeness between four evaluated samples and four standard samples for Chao Lake basin

样本 Sample	标准样本 Evaluated sample					评价样本 Standard sample			
	1 级 1 degree	2 级 2 degree	3 级 3 degree	4 级 4 degree	5 级 5 degree	合肥市 Hefei city	巢湖市 Chaohu city	六安市 Liuan city	巢湖流域 Chao Lake basin
ρH_i	0.962 6	0.725 5	0.577 7	0.462 0	0.351 1	0.579 5	0.533 4	0.531 3	0.558 5

文献[1]将各级评价标准相对于标准样本的贴近度作为相应临界值,当 $0.577\ 7\leqslant\rho H_i<0.725\ 5$ 时,生态环境质量为第 3 等级;当 $0.462\ 0\leqslant\rho H_i<0.577\ 7$ 时,生态环境质量为第 4 等级,并据此判定合肥市生态环境质量为 3 级,而巢湖市、六安市、巢湖流域均为 4 级(表 4)。实际上,巢湖各分区与巢湖流域的贴近度差异很小,而且贴近度都与第 3 等级较为接近,因此其生态环境质量应为第 3 等级,而文献[1]将其强行划分为第 4 等级欠妥当,因为无论是根据最大贴近度原则,还是考虑与各个等级的贴近度进行综合计算,均应将其划分为第 3 等级。

本研究建立的模型,不仅充分考虑了各指标值隶属于“优”和“劣”的 2 个方面,而且考虑了最后结果隶属于各个等级的情况,得出综合的结果,评价结果更为合理。

3 结 论

本研究在总结目前生态环境评价质量评价方法的基础上,将可变模糊集模型引入生态环境质量评价的研究中,建立了基于可变模糊集理论的综合评判模型,结果表明:(1)该模型不仅考虑到各指标值隶属于优的方面,而且考虑到隶属于劣的方面;(2)利用可变模糊集方法对合肥市、巢湖市、六安市及整个巢湖流域生态环境质量进行评价,可知其生态环境质量均为及格;(3)计算结果表明,本研究建立的环境评价模型应用方便、结果可行,有较大的推广应

用价值。

[参考文献]

[1] 李如忠. 基于模糊物元分析原理的区域生态环境评价 [J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2006,29(5):597-601.
Li R Z. Regional eco-environmental quality assessment based on fuzzy matter-element analysis [J]. Journal of Hefei University of Technology: Natural Science Edition, 2006, 29(5): 597-601. (in Chinese)

[2] 胡孟睿,马荣华,吴焕忠. 海南省生态环境综合评价制图方法 [J]. 地理学报,2000,55(4):467-472.
Hu M R, Ma R H, Wu H Z. The cartographic method of synthetic assessment for eco-environment in Hainan [J]. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(4): 467-472. (in Chinese)

[3] 程淑兰,潘宝林. 安徽省岳西县生态示范区评价指标体系和可持续发展度研究 [J]. 农村生态环境,2000,16(3):27-30.
Cheng S L, Pan B L. Evaluation index system and development sustainability of Yuexi County National Ecology Demonstration Zone in Anhui Province [J]. Rural Eco-Environment, 2000, 16(3): 27-30. (in Chinese)

[4] 徐留福,周家贵,李本刚,等. 城市环境质量多级模糊综合评判 [J]. 城市环境与城市生态,2001,14(2):413-415.
Xu L F, Zhou J G, Li B G, et al. Fuzzy Cluster Analysis for comprehensive assessment of urban environmental quality [J]. Urban Environment & Urban Ecology, 2001, 14(2): 413-415. (in Chinese)

[5] 王嵩峰,周培疆. 用广义模糊综合二级评价法评价城市环境质量 [J]. 水科学与工程技术,2004(6):29-32.
Wang S F, Zhou P J. Application of generalized fuzzy comprehensive secondary-level judgement method on city region environmental quality assessment [J]. Hebei Water Resources and

Hydropower Engineering,2004(6):29-32. (in Chinese)

[6] 吴开亚,李如忠,陈晓剑. 区域生态环境评价的灰色关联投影模型 [J]. 长江流域资源与环境,2003,12(5):473-478.
Wu K Y,Li R Z,Chen X J. Grey relation projection model for the evaluation of regional eco-environmental quality [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin,2003,12(5): 473-478. (in Chinese)

[7] 陈健飞,刘卫民. Fuzzy 综合评价在土地适宜性评价中的应用 [J]. 资源科学,1999,21(4):71-74.
Chen J F,Liu W M. An integrated evaluation of land suitability based on fuzzy set theory [J]. Resources Science,1999,21(4): 71-74. (in Chinese)

[8] 金菊良,魏一鸣,王文圣. 基于集对分析的水资源相似预测模型 [J]. 水力发电学报,2009,28(1):72-77.
Jin J L,Wei Y M,Wang W S. Set pair analysis based on similarity forecast model of water resources [J]. Journal of Hydroelectric Engineering,2009,28(1):72-77. (in Chinese)

[9] 陈守煜. 工程可变模糊集理论与模型——模糊水文水资源学数学基础 [J]. 大连理工大学学报,2005,26(2):308-312.
Chen S Y. Theory and model of engineering variable fuzzy set: Mathematical basis for fuzzy hydrology and water resources [J]. Journal of Dalian University of Technology,2005,26(2): 308-312. (in Chinese)

[10] 陈守煜,郭 瑜. 模糊可变集合及其在防洪工程体系综合风险评价中的应用 [J]. 水利水电科技进步,2005,25(6):4-8.
Chen S Y,Guo Y. Variable fuzzy sets and their application to comprehensive risk evaluation for flood-control engineering system [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2005,25(6):4-8. (in Chinese)

[11] 陈守煜,柴春岭,苏艳娜. 可变模糊集方法及其在土地适宜性评价中的应用 [J]. 农业工程学报,2007,23(3):95-97.
Chen S Y,Chai C L,Su Y N. Variable fuzzy sets methods and application on land suitability evaluation [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2007,23(3): 95-97. (in Chinese)

[12] 陈守煜,李 敏. 基于可变模糊集理论的水资源可再生能力评价模型 [J]. 水利学报,2006,37(4):431-435.
Chen S Y,Li M. Assessment model of water resources reproducible ability based on variable fuzzy set theory [J]. Journal of Hydraulic Engineering,2006,37(4):431-435. (in Chinese)

[13] 苏艳娜,柴春岭,杨亚梅. 常熟市农业生态环境质量的可变模糊评价 [J]. 农业工程学报,2007,23(11):245-247.
Su Y N,Chai C L,Yang Y M. Variable fuzzy assessment on agricultural eco-environmental quality of Changshu City [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2007,23(11):245-247. (in Chinese)

[14] 周惠成,张 丹. 可变模糊集理论在旱涝灾害评价中的应用 [J]. 农业工程学报,2009,25(9):56-61.
Zhou H C,Zhang D. Assessment model of drought and flood disaster with variable fuzzy set theory [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2009,25(9):56-61. (in Chinese)

[15] 陈守煜. 可变模糊集理论与可变模糊模型 [J]. 数学的实践与认识,2008,38(18):146-153.
Chen S Y. Theory of variable fuzzy sets and variable model sets [J]. Mathematics in Practice and Theroy,2008,38(18): 146-153. (in Chinese)