

基于模糊综合评价法与层次分析法的环境质量综合评估算法设计

王健, 张月明, 姜博文, 赵树林, 盛天杨 (东北林业大学, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 将模糊综合评价法中改进的单层次综合评判算法模型和层次分析法相结合, 充分利用两种算法的优点, 设计了一种能够给出更客观评价的方法。在评价区域环境质量时, 选取了空气质量、水体质量、土壤质量、日照强弱等因素, 利用层次分析法确定权重, 最后利用模糊综合评价法给出评判结论。

关键词 模糊综合评价法; 层次分析法; 区域环境质量

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)03-00860-02

Design of Comprehensive Environmental Quality Assessment of Fuzzy Comprehensive Evaluation Method and AHP

WANG Jian et al (Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract Combined the improved single level comprehensive evaluation model of fuzzy comprehensive evaluation method with AHP, make full use of the advantages of two algorithms, a method which is more objective evaluation was designed. In the assessment of regional environmental quality, selecting the air quality, water quality, soil quality, sunlight intensity and other factors, AHP was used to determine weight, finally fuzzy comprehensive evaluation method was adopted to give the conclusion.

Key words Fuzzy comprehensive evaluation method; AHP; The regional environmental quality

人类活动已经严重影响整个地球, 威胁到其赖以生存的自然系统, 因此, 协调人类与自然的关系以改善生存环境, 已经成为一个需要解决的重要问题。环境质量是环境系统客观存在的一种本质属性, 可以用定性和定量的方法来描述环境系统当前的状态。环境质量可以认为是特定的区域内生态环境对人类以及动植物生存的适宜程度和对当地社会经济制约程度, 具有很强的区域性。近年来, 由于人口急剧增长、经济飞速发展以及对自然资源的不合理开发与利用, 各地生态平衡遭到严重破坏, 生态环境日益恶化, 水土流失、荒漠化、草原退化和物种减少日益严重, 致使生态相当脆弱、自然灾害频发、环境污染严重, 直接危及到了社会和经济的发展。所以, 只有实施可持续发展战略, 才能协调好区域经济发展与环境保护之间的关系, 为人们的生存和发展提供良好的环境。因此, 区域环境质量评价显得尤为重要, 对特定区域环境质量优劣程度及其影响进行综合评估, 可以找出环境破坏或退化的原因, 提供改善和提高区域环境质量的方法与途径, 为环境保护提供科学依据和决策。

1 评估算法设计

笔者设计的是一种模糊综合评价法^[1]和层次分析法^[2]相结合的一种算法, 利用模糊综合评价法中改进的单层次综合评判算法模型和层次分析法所确定的指标权重来进行综合评价, 改进的单层次综合评判算法模型将综合评判步骤的 $b_j = \bigvee_{i=1}^n a_i \wedge r_{ij}$, 改成 $b_j = \sum_{i=1}^n (a_i \cdot r_{ij})$ ($j=1, 2, \dots, m$); 在计算出 $B = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ 后, 对 B 中各元素进行归一化处理, 即 $b_j = b_j / \sum_{i=1}^m b_i$, 以保证 B 中各元素的模糊特性。这样既可以实现运算的综合度量, 又避免了有效信息的丢失。通过这样两种算法的结合能够充分发挥两种算法的优点, 既能够在适当的限阈上去相对地划分“好”与“不好”, 使得模糊现象清晰化, 又能够比较准确地衡量评价指标的相对重要性。这

样就既可以综合考虑影响环境评估的各种因素, 将定性和定量有机地结合起来, 又能够充分体现评价因素和评价过程的模糊性, 最大限度地减少了主观判断所带来的影响, 能够较客观地给出评价结果。改进后的单层次综合评判算法模型步骤如下。

1.1 给定评判因素集合 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ 。

1.2 给出评语等级集合 $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ 。

1.3 建立一个从 X 到 Y 的模糊映射 $f: X \rightarrow F(Y), x_i \rightarrow r_{i1}/y_1 + r_{i2}/y_2 + \dots + r_{in}/y_n$, 其中 $0 \leq r_{ij} \leq 1, i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$ 。

1.4 写出模糊评判矩阵 第 i 个评判因素 x_i , 其单因素评判结果为 $R_i = [r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}]$, 则 m 个评判因素的评判决策矩阵为:

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

1.5 确定各因素的权重分配 $A = [a_1, a_2, \dots, a_m]$, A 是评判因素集合 X 上的一个模糊子集, 且 $0 \leq a_i \leq 1, \sum_{i=1}^m a_i = 1$ 。

1.6 综合评判 应用模糊矩阵合成运算 $B = A \cdot R = [b_1, b_2, \dots, b_m]$, 其中 $b_j = \sum_{i=1}^n (a_i \cdot r_{ij}), j=1, 2, \dots, m$; 在计算出 $B = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ 后, 对 B 中各元素进行归一化处理, 即 $b_j = b_j / \sum_{i=1}^m b_i$ 。

1.7 评价结论 求 $\max\{b_1, b_2, \dots, b_m\} = b_{j_0}, j_0 \in \{1, 2, \dots, m\}$, 对评判对象评语最终为 b_{j_0} 。其中, 因素的权重分配 A 是利用层次分析法获得, 层次分析法应用步骤如下。

1.7.1 建立层次结构模型。 在深入分析实际问题的基础上, 把问题条理化、层次化, 构造出一个有层次的结构模型, 将有关的各个因素按照不同属性自上而下地分解成若干层次, 同一层的诸因素从属于上一层的因素或对上层因素有影响, 同时又支配下一层的因素或受到下层因素的作用。

1.7.2 构造判断矩阵。 层次分析法的一个重要特点就是用

两两重要性程度之比的形式表示出两个方案的相应重要性程度等级。表 1 列出 Saaty 给出的 9 个重要性等级及其赋值。按两两比较结果构成的矩阵称作判断矩阵。

表 1 重要性等级及赋值

因素比因素	量化值
同等重要	1
稍微重要	3
较强重要	5
强烈重要	7
极端重要	9
两相邻判断的中间值	2,4,6,8

1.7.3 计算权重向量。建立判断矩阵后,利用“和积法”计算出各矩阵的最大特征根 λ 及其对应的特征向量 A ,从而求出各个元素的权重值。计算步骤如下。①对判断矩阵 D 每一列向量进行归一化得到: $\bar{a}_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij}, j = 1, 2, \dots, n$; ②对 \bar{a}_{ij} 按行求和得到: $\bar{a}_i = \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij}, i = 1, 2, \dots, n$; ③对 \bar{a}_i 进行归一化处理得到: $a_i = \bar{a}_i / \sum_{i=1}^n \bar{a}_i$ 。则 $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)^T$, 即所求得特征向量,也就是各个元素的权重值。

1.7.4 一致性检验。用 $CR = CI/RI$ 进行一致性检验, CI 为一致性指标, RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标, CR 为一

致性比例。计算出判断矩阵 D 的最大特征根 $\lambda, \lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(DA)_i / A_i]$ 。计算 $CI = (\lambda - n) / (n - 1)$, 再计算 $CR = CI / RI$, 其中 n 为判断矩阵的阶数, RI 由大量试验给出(见表 2)。

表 2 层次分析法的平均随机一致性指标数

n	RI	n	RI
1	0.00	6	1.24
2	0.00	7	1.32
3	0.58	8	1.41
4	0.90	9	1.45
5	1.12	10	1.49

当 $CR < 0.10$ 时,认为判断矩阵的一致性是可以接受的,否则应对判断矩阵进行适当修改。

2 评估算法应用

2.1 评判因素集合选取 从理论上来说,区域环境质量测定指标越多,对区域环境质量的认知越全面,对监测区域环境质量给予的评判也越准确^[3]。但考虑到实际监测的可操作性、简洁性和成本节约性,该方案根据区域环境质量监测的相关经验和相关指标,对相关指标进行筛选,最后确定空气质量、水体质量、土壤质量、日照强弱四大类别,共计监测评价指标 14 项(图 1)。

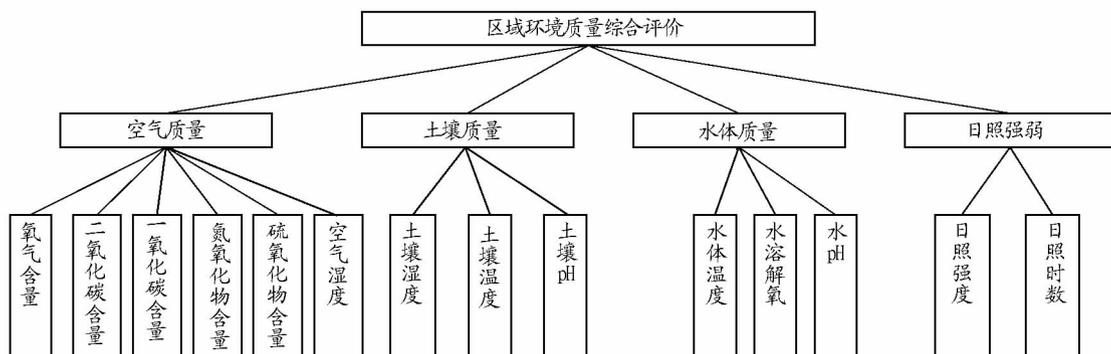


表 1 区域环境质量综合评价指标体系层次结构

通过图 1 可以确定评判因素集合: $X = \{\text{空气质量, 土壤质量, 水体质量, 日照强弱}\}$ 。

2.2 评语等级集合建立 评语等级集合是评判者对评价对象给出的各种评价的集合 Y , 即 $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$; 根据该方案实际应用的区域, 在区域环境质量评价中取 n 为 4, 即评价结果有 4 种, $Y = \{\text{优良, 中, 差}\}$; 该研究评价集 $V = \{\text{优, 良, 中, 差}\}$ 。优: 空气质量很好, 土壤质量优良, 水体质量优良, 日照适度; 良: 空气质量适中, 土壤质量适中, 水体质量适中, 日照适度; 中: 空气质量一般, 土壤质量一般, 水体质量一般, 日照一般; 差: 空气质量不适宜呼吸, 土壤质量很差, 水体质量不适宜饮用, 日照过高或过低。

2.3 隶属度函数创建和模糊矩阵建立 隶属度函数表示每一个环境评价指标权重值的一个模糊集合, 体现元素属于模糊集合的隶属度程度。在模糊评价过程中, 自始至终地使用同一个隶属度函数, 并且客观地选择指标实际测量点, 那么评价的结果就很准确可信。隶属度函数的上下界限要根据指标实际测量值确定, 要符合客观实际情况。通常需要给规

范区间赋予一个系数 u , 作为区间的过渡系数; i 为环境评判因素集的各个因素, 取值为 1 到 4; S_{i1} 到 S_{i4} 分别为评语等级集合中 4 个等级的标准值; d_i 是随机选取的实际测量值; M_{i2} 到 M_{i3} 为评判集中间过渡区间的上限值, 其取值方法如下: $M_{i1} = S_{i1} + u(S_{i2} - S_{i1}), M_{i2} = S_{i2} + u(S_{i3} - S_{i2}), M_{i3} = S_{i3} + u(S_{i4} - S_{i3})$; 由此建立隶属度函数 X , 即:

$$X_1 = \begin{cases} 1, d_i \leq S_{i1} \\ \frac{M_{i1} - d_i}{M_{i1} - S_{i1}}, S_{i1} < d_i < M_{i1} \\ 0, d_i \geq M_{i1} \end{cases}$$

$$X_2 = \begin{cases} \frac{d_i - S_{i1}}{M_{i1} - S_{i1}}, S_{i1} < d_i < M_{i1} \\ 1, M_{i1} < d_i < M_{i2} \\ \frac{M_{i1} - d_i}{M_{i2} - S_{i1}}, S_{i2} < d_i < M_{i2} \\ 0, d_i \geq M_{i2} \text{ 或 } d_i < S_{i1} \end{cases}$$

素养,尽可能多地提供学生学习自力更生能力的机会。因此除了要有本职业必须的文化知识和技能外,职业道德和敬业精神也是资格认定必不可少的条件。因此,职业学校教师上岗前要经过严格的考核和道德的测验,并且到岗后要求教师定期到企业更新知识,时刻紧跟企业的发展。对于职业教育实行产与教相结合,虽然这种方式已经提倡多年,但在实施中效果却未达到预想的目标。目前在这方面我国政府参与程度不足,同时企业的积极性也不够高,产教相结合方式实施成效不明显成为限制我国培训发展的最大瓶颈。因此深化教学改革,加强实践性教学是发展职业教育、适合我国国情的最好方式。

3.4 优化培训考核方式和提高证照的含金量 评估方法可实行培训与考核相分离,并且可针对考核建立专门的机构或是委员会,每个考试委员会均有机会处理考试中遗留的问题。

(上接第 861 页)

$$X_3 = \begin{cases} \frac{d_i - S_{i2}}{M_{i2} - S_{i2}}, S_{i2} < d_i < M_{i2} \\ 1, M_{i2} < d_i < M_{i3} \\ \frac{M_{i3} - d_i}{M_{i3} - S_{i3}}, S_{i3} < d_i < M_{i3} \\ 0, d_i \geq M_{i3} \text{ 或 } d_i < S_{i3} \end{cases}$$

$$X_4 = \begin{cases} 0, d_i \leq M_{i3} \\ \frac{d_i - M_{i3}}{S_{i4} - M_{i3}}, M_{i3} < d_i < M_{i4} \\ 1, d_i \geq S_{i4} \end{cases}$$

在得到实际测量值的情况下,从一个单元素指标出发建立隶属度函数,以确定某元素对评价集中各元素的隶属度,元素集中第 m 个元素对评判集中第 n 个元素的隶属度表示为 r_{mn} ,则由此得到改进后的单元素评价矩阵,即模糊集合 R :

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

2.4 利用层次分析法确定权重 区域环境质量综合评价要素包括空气质量、土壤质量、水体质量、日照强弱,利用比例标度表算出各要素的比较矩阵。再根据比较矩阵计算出 4 个要素的权重,具体计算过程在评估算法设计中已有介绍,

参考文献

- [1] 国家统计局. 2012 年全国农民工总量达 26 261 万人[EB/OL]. [2013-05-27] [http://finance. people. com. cn/n/2013/0527/c1004-21624982.html](http://finance.people.com.cn/n/2013/0527/c1004-21624982.html).
- [2] 刘传江,刘建玲. 第二代农民工及其市民化研究[J]. 中国人口·资源与环境,2007,17(1):6-10.
- [3] 王春光. 对中国农村流动人口“半城市化”的实证分析[J]. 学习与探索,2009(5):94-103.
- [4] 肖云. 农民工家庭人口迁移模式及影响因素分析[J]. 重庆大学学报,2006(4):67-76,93.
- [5] 曾旭辉. 在城农民工留城倾向影响因素分析[J]. 人口与经济,2003(3):50-54.
- [6] 夏显力,张华. 新生代农民工市民化意愿及其影响因素分析——以西北 3 省 30 个村的 339 位新生代农民工为例[J]. 西北人口,2011,32(2):43-46,51.
- [7] 陈静,李昕. 德国二元制职业教育特点及启示[J]. 鄂州大学学报,2011,18(6):49-51.
- [8] 魏晓峰,张敏珠,顾月琴. 德国“二元制”职业教育模式的特点及启示[J]. 国家教育行政学院学报,2010(1):92-95,83.

假设得出的 4 个要素的权重向量为 $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ 。再算出最大特征根,并对判断矩阵一致性进行检验,当 $CR < 0.1$ 时,即此判断矩阵达到标准,各个要素的权重符合评价要求。

2.5 综合评判给出结论 利用模糊综合评价法中改进的单层次综合评判算法模型和层次分析法所确定的指标权重来进行综合评价即 $B = A \cdot R$, A 为层次分析法算出的 4 个要素的权重向量, R 为模糊综合评价法算出的模糊集合。计算出矩阵 B 后,按照模糊综合评价法中最大隶属度的要求,城市生态环境质量综合评价的等级取决于矩阵计算后各级别的隶属度大小,取决于隶属度值在环境评价集中数值最大的等级。

3 小结

通过对模糊综合评价法的改进和层次分析法的利用,防止了有效信息的大量丢失,实现了运算的综合度量,能够给予区域环境质量准确客观的评价,可以找出环境破坏或退化的原因,提供改善和提高区域环境质量的方法与途径,为环境保护和管理提供科学依据和决策。

参考文献

- [1] 沈珍瑶,谢彤芳,钱天伟. 环境质量评价中模糊综合评判法、灰色聚类法及物元分析法的比较[J]. 污染防治技术,1997,10(2):72-74.
- [2] 喻良,伊武军. 层次分析法在城市生态环境质量评价中的应用[J]. 四川环境,2002,21(4):38-40.
- [3] 朱晓华,杨秀春. 层次分析法在区域环境质量评价中的应用[J]. 国土资源科技管理,2001,18(5):43-46.