

# 可拓评价方法的改进及其应用研究

齐福荣<sup>1,2</sup>,李忠<sup>1</sup>,武强<sup>2</sup>

QI Fu-rong<sup>1,2</sup>,LI Zhong<sup>1</sup>,WU Qiang<sup>2</sup>

1.防灾科技学院,河北 三河 065201

2.中国矿业大学,北京 100083

1.Institute of Disaster Prevention Science and Technology, Sanhe, Hebei 065201, China

2.China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China

QI Fu-rong, LI Zhong, WU Qiang. Improvement of extenics assessment method and its application. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(30): 211-213.

**Abstract:** This paper introduces the base of extenics assessment, points out that there are artificial factors at confirming weight coefficient and makes subjectivity of evaluating result. According to exceeding index of evaluating factors, the paper improves AHP that confirms weight, and applies to the surface water quality assessment of one mine. By contrast, the improved method of extenics assessment is better than traditional method at particularity of evaluating map, which coincides well with that of the practical investigation.

**Key words:** extenics assessment; improvement; Analytic Hierarchy Process(AHP); water environment assessment

**摘要:**在介绍了可拓评价方法的基础上,指出传统可拓评价方法在确定权重系数时存在人为因素,造成评价结果的主观性。根据评价指标的超标指数,对确定权重的层次分析法做了改进,并应用于某矿山地表水环境质量评价中。对比发现,改进后的可拓评价结果优于传统方法的计算结果,评价图刻画更加精细,也更符合实际情况。

**关键词:**可拓评价;改进;层次分析法;水环境评价

**DOI:**10.3778/j.issn.1002-8331.2009.30.063 **文章编号:**1002-8331(2009)30-0211-03 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP391

可拓学是以形式化的模型,探讨事物拓展的可能性以及开拓创新的规律与方法,并用于解决矛盾问题的学科。其基本理论是可拓论,包括基元理论、可拓集理论和可拓逻辑。可拓工程方法是可拓学解决实际问题的基本手段,它从定性和定量两个角度研究解决矛盾问题的方法<sup>[1]</sup>。可拓学的评价方法是优度评价法<sup>[2]</sup>,通过建立的多指标参数的物元评价模型,利用物元特征的关联函数,达到问题评价的目的。通过与层次分析法的结合,可拓评价可以建立很好的评价问题模型,计算简单,易于应用。

但是利用层次分析法确定各个评价指标权重时,仍具有一定的主观因素,给问题的评价结果带来不利影响。因此该文将对可拓评价方法加以改进,以消除人为因素,使得评价结果更具客观性。

## 1 可拓评价方法及其改进

利用可拓评价方法解决评价问题,需要建立评价问题的物元模型,确定经典域和节域以及关联函数等。

### 1.1 物元模型

世界上的事物具有各种各样的特征,确定的事物关于某一

特征具有相应的量值,事物的名称、特征和量值是描述事物的三个基本要素。

假设给定事物  $N$ , 具有  $n$  个特征  $C_1, C_2, \dots, C_n$ , 相应的量值为  $V_1, V_2, \dots, V_n$ , 则事物  $N$  可以用下式表示:

$$R = \begin{bmatrix} N, C_1, V_1 \\ C_2, V_2 \\ \vdots \\ C_n, V_n \end{bmatrix} = [N, C, V]$$

物元定义了描述事物的三元组,即事物、特征以及关于该特征的量值,记作  $R=(N, C, V(C))$ 。  $N, C, V$  称为物元的三要素。物元概念正确反映了事物与量的统一,可以更贴切地描述客观事物变化的过程。

### 1.2 经典域、节域与关联函数

设  $U$  为论域,若对  $U$  中的任一元素  $u \in U$ , 都有一个实数  $K(u) \in (-\infty, +\infty)$  与之对应,则称

$$\tilde{A} = \{(u, y) | u \in U, y = K(u) \in (-\infty, +\infty)\}$$

为论域  $U$  上的一个可拓集合,其中  $y=K(u)$  为  $\tilde{A}$  的关联函数。  $K(u)$

为  $u$  关于  $\tilde{A}$  的关联度。称  $A=\{R|R \in W, K(R)>0\}$  为  $\tilde{A}$  的纯正域, 即经典域; 称  $A=\{R|R \in W, -1<K(R)<0\}$  为  $\tilde{A}$  的可拓域, 即节域。

一般来讲, 物元的经典域和节域根据经验知识或者统计知识、有关标准等方式进行确定<sup>[1]</sup>。传统上关联函数有简单关联函数和初等关联函数等。初等关联函数如下:

设  $\langle a_i, b_i \rangle$  和  $\langle c_i, d_i \rangle$  是两个区间, 并且  $\langle a_i, b_i \rangle \subset \langle c_i, d_i \rangle$ , 则构造初等关联函数:

$$K(x)=\begin{cases} -2 \times \frac{\rho(x, \langle a_i, b_i \rangle)}{b_i - a_i} & x \in \langle a_i, b_i \rangle \\ \frac{\rho(x, \langle a_i, b_i \rangle)}{\rho(x, \langle c_i, d_i \rangle) - \rho(x, \langle a_i, b_i \rangle)} & x \notin \langle a_i, b_i \rangle \end{cases}$$

这里,  $\rho(x, \langle a_i, b_i \rangle) = |x - (a_i + b_i)/2| - (b_i - a_i)/2$ ,  $\rho(x, \langle c_i, d_i \rangle) = |x - (c_i + d_i)/2| - (d_i - c_i)/2$ 。

### 1.3 确定权重方法的改进

对于一个具体问题的评价, 需要考虑影响该问题的因素, 不妨设有  $n$  个因素。各个因素对确定问题的影响程度不尽相同, 利用权重来表示, 即  $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ 。

权重的选择对问题的评价结果具有举足轻重的作用, 权重不同, 可以得到不同的结论, 因此稍有不慎就会出现错误。在传统的权重确定方法里, 包括专家打分法、简单关联法、神经网络学习法(ANN)、层次分析法(AHP)等。其中 AHP 法是一种定性定量相结合的决策分析方法, 它将决策者对复杂系统的决策思维过程模型化、数量化, 决策者可通过将复杂问题分解为若干层次和若干因素, 在各因素之间进行简单的比较和计算, 就可以得出不同方案的权重, 为最佳方案的选择提供依据。

根据层次分析法原理, 需要根据影响因素进行两两比较, 确定判断矩阵, 然后再求出判断矩阵的最大特征根对应的归一化特征向量, 即为相应的权重。但是对影响因素的两两比较判断带有主观因素, 给最终的评价结果带来主观影响。因此需要进行改进。

影响评价问题的因素, 即评价指标, 都有一个经典域, 在此域内, 认为指标正常。假设某问题的物元经典域为  $\langle a_i, b_i \rangle$ , 对应的物元特征值  $x_i$ , 那么因子超标指数  $I$  定义如下:

$$I = \begin{cases} \frac{a_i}{x_i} & x_i < a_i \\ 1 & x_i \in \langle a_i, b_i \rangle \\ \frac{x_i}{b_i} & x_i > b_i \end{cases}$$

根据超标指数, 确定各因子对评价问题的贡献大小, 从而构造 AHP 的判断矩阵。

从时间复杂度来讲, 计算各因子的超标指数将增加额外时间, 与样本数量正相关; 而计算复杂度方面, 增加了几个评价因子超标指数的计算, 额外开销也与样本数量正相关。

### 1.4 整体关联度

假设各评价指标对应的  $j$  等级的关联度为  $K_j$ , 利用改进的 AHP 法求得的权重为  $\alpha_j$ , 则评价问题的整体关联度为:

$$K_j = \sum_{i=1}^n \alpha_i K_i$$

### 1.5 计算评价等级

假设评价等级分为  $m$  类, 令:

$$K_{j_0}(P) = \max_{1 \leq j \leq m} \{K_j(P)\}$$

则该评价问题属于  $j_0$  类。

在可拓集合中, 建立关联函数的概念, 通过关联函数值, 可定量描述论域中任一元素属于正域、负域或零界三个域中的某一个, 也就是同属于域中的元素, 也可由关联函数值的大小区分出不同的层次。

### 2 在老矿区地表水评价中的应用

在地表水环境质量评价方法中, 使用比较多的是单因子水质评价法<sup>[3]</sup>。该方法计算简单, 但往往因信息不完全导致评价结果不能直观地反映受评价水体具体污染因子对整体评价的贡献。而灰色关联分析法通过水质的多个因子与水质标准的距离进行评价<sup>[4]</sup>, 方法比较粗糙, 分辨率较低。神经网络评价法适合于大样本数据, 而且往往表现出局部极小和收敛速度慢等缺点<sup>[5]</sup>。因此在地表水环境质量评价中, 寻找一种既方便又简单的方法是非常必要的。

以吉林省辽源市老煤矿区地表水质量评价为基础, 说明改进的可拓评价方法的实际应用。

#### 2.1 评价指标的确定

根据我国《地表水环境质量标准》(GB3838-2002), 结合辽源矿区具体特点, 选取 11 个因子作为评价指标, 分别是  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{TFe}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{F}^-$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Mn}$ 、PH 值和化学耗氧量 COD。据此建立一个具有 11 个评价指标的物元模型。

#### 2.2 老矿区地表水评价物元的经典域与节域

根据 GB3838-2002, 地表水被分为 6 类, 因此确定评价物元的经典域为:

$P$	I	II	III	IV	V	VI
$C_1$	$\langle 0, 0.15 \rangle$	$\langle 0.15, 0.5 \rangle$	$\langle 0.5, 1 \rangle$	$\langle 1, 1.5 \rangle$	$\langle 1.5, 2 \rangle$	$\langle 2, +\infty \rangle$
$C_2$	$\langle 0, 0.1 \rangle$	$\langle 0.1, 0.2 \rangle$	$\langle 0.1, 0.2 \rangle$	$\langle 0.2, 0.3 \rangle$	$\langle 0.2, 0.3 \rangle$	$\langle 0.3, +\infty \rangle$
$C_3$	$\langle 0, 50 \rangle$	$\langle 50, 100 \rangle$	$\langle 100, 150 \rangle$	$\langle 150, 200 \rangle$	$\langle 200, 250 \rangle$	$\langle 250, +\infty \rangle$
$C_4$	$\langle 0, 50 \rangle$	$\langle 50, 100 \rangle$	$\langle 100, 150 \rangle$	$\langle 150, 200 \rangle$	$\langle 200, 250 \rangle$	$\langle 250, +\infty \rangle$
$C_5$	$\langle 0, 2 \rangle$	$\langle 2, 4 \rangle$	$\langle 4, 6 \rangle$	$\langle 6, 8 \rangle$	$\langle 8, 10 \rangle$	$\langle 10, +\infty \rangle$
$C_6$	$\langle 0, 1 \rangle$	$\langle 0, 1 \rangle$	$\langle 0, 1 \rangle$	$\langle 1, 1.5 \rangle$	$\langle 1, 1.5 \rangle$	$\langle 1.5, +\infty \rangle$
$C_7$	$\langle 0, 0.01 \rangle$	$\langle 0.01, 0.05 \rangle$	$\langle 0.01, 0.05 \rangle$	$\langle 0.01, 0.05 \rangle$	$\langle 0.05, 0.1 \rangle$	$\langle 0.1, +\infty \rangle$
$C_8$	$\langle 0, 0.05 \rangle$	$\langle 0.05, 1 \rangle$	$\langle 0.05, 1 \rangle$	$\langle 1, 2 \rangle$	$\langle 1, 2 \rangle$	$\langle 2, +\infty \rangle$
$C_9$	$\langle 0, 0.04 \rangle$	$\langle 0.04, 0.06 \rangle$	$\langle 0.06, 0.08 \rangle$	$\langle 0.08, 0.1 \rangle$	$\langle 0.08, 0.1 \rangle$	$\langle 0.1, +\infty \rangle$
$C_{10}$	$\langle 6, 9 \rangle$	$\langle 6, 9 \rangle$	$\langle 6, 9 \rangle$	$\langle 6, 9 \rangle$	$\langle 6, 9 \rangle$	$\langle 6, 9 \rangle$ or $\langle 9, 14 \rangle$
$C_{11}$	$\langle 0, 15 \rangle$	$\langle 0, 15 \rangle$	$\langle 15, 20 \rangle$	$\langle 20, 30 \rangle$	$\langle 30, 40 \rangle$	$\langle 40, +\infty \rangle$

以正实数域作为地表水评价物元的节域。以初等关联函数作为计算关联度的公式。

#### 2.3 权重的确定

根据样本数据, 计算各样本评价因子关于每类水质的超标指数, 确定各评价因子的权重大小。由于各样本的评价因子超标指数不同, 因此每个样本的各评价因子权重是不同的, 体现在构造的各样本判断矩阵也不一样。

表 1 是第一组样本的判断矩阵。

该矩阵的最大特征根:  $\lambda_{\max} = 11.047$ ;

一致性指标公式为:  $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{11.047 - 11}{11 - 1} = 0.0047$ ;

表1 改进的层次分析法判断矩阵

P	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cr	Zn	Mn	PH	COD	权重
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1	5	5	5	3	5	5	3	5	5	5	0.293 11
Fe <sup>3+</sup>	1/5	1	1	1	1/3	1	1	1/3	1	1	1	0.051 5
Cl <sup>-</sup>	1/5	1	1	1	1/3	1	1	1/3	1	1	1	0.051 5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1/5	1	1	1	1/3	1	1	1/3	1	1	1	0.051 5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1/3	3	3	3	1	3	3	1	3	3	3	0.147 43
F <sup>-</sup>	1/5	1	1	1	1/3	1	1	1/3	1	1	1	0.051 5
Cr	1/5	1	1	1	1/3	1	1	1/3	1	1	1	0.051 5
Zn	1/3	3	3	3	1	3	3	1	3	3	3	0.147 43
Mn	1/5	1	1	1	1/3	1	1	1/3	1	1	1	0.051 5
PH	1/5	1	1	1	1/3	1	1	1/3	1	1	1	0.051 5
COD	1/5	1	1	1	1/3	1	1	1/3	1	1	1	0.051 5

随机一致性指标<sup>[6]</sup>: $RI=1.51$ ;

判断矩阵的随机一致性比例: $CR=CI/RI=0.003 1<0.10$ 。

根据层次分析法的规定,该判断矩阵具有令人满意的一致性,符合要求。

## 2.4 样本数据的评价

按照第1章介绍的方法,可以计算出各个样本的相对于每类水质标准的关联度,取其最大者作为该地表水样本的等级分类。

## 2.5 老矿区地表水环境的总体评价

按照各取样点的(经度、纬度、评价值)构造一张表格,利用SURFER 三维成像软件进行网格节点插值,获取矿区地表水评价的插值表,通过 Matlab 编程,得到矿区地表水环境的整体评价结果,如图1所示。图2是传统的可拓评价计算结果。

## 3 结论

从图中可以看出,辽源老矿区地表水大部分水质较好,属于I、II类水,而矿区西部水质较差,为IV、V类水,基本不能饮用,可用于农业灌溉、工业冷却等。从两种计算结果的评价图比较看,图1优于图2,刻画更加精细;从实际调查情况看,V类水主要集中在北纬42°55'左右,图1的结果更符合实际。

改进的可拓评价方法在计算复杂度和时间复杂度未变的

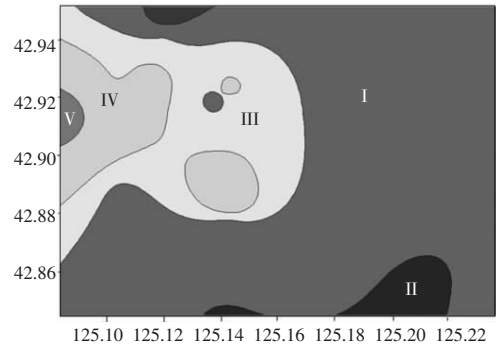


图1 改进的可拓评价结果

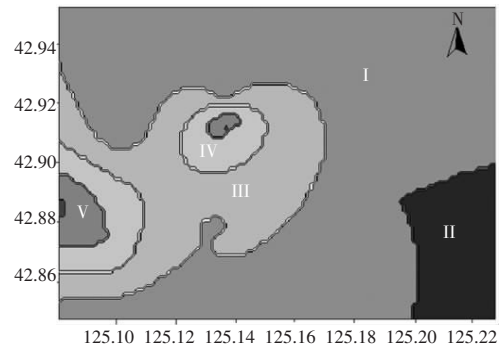


图2 传统可拓评价结果

情况下,能够更加细致地刻画评价问题,并提高准确度。

## 参考文献:

- [1] 蔡文,杨春燕,陈文伟,等.可拓集与可拓数据挖掘[M].北京:科学出版社,2008.
- [2] 蔡文,杨春燕,林伟初.可拓工程方法[M].北京:科学出版社,2000.
- [3] 邹君,刘兰芳,田亚平,等.地表水资源的脆弱性及其评价初探[J].资源科学,2007,29(1):92-98.
- [4] 赵剑.灰色关联分析综合评价法在地表水环境评价中的应用[J].水利科技与经济,2006,12(9):607-608.
- [5] 李忠,宁书年,张进德,等.矿山灾害评价的BP-神经网络模型研究[J].计算机工程与应用,2007,43(16):238-240.
- [6] 施丽娜,华德尊,李春艳.运用层次分析法评价虎林市地表水环境质量[J].环境科学与管理,2005,30(5):100-103.
- [7] 于知识的遗传算法[J].电子学报,2004,27(9):129-131.
- [8] Tsai T.A genetic algorithm for solving the single machine earliness/tardiness problem with distinct due dates and ready times[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology,2007,31(9/10):994-1000.
- [9] 高家全,赵端阳,何桂霞,等.解特殊工艺约束拖后调度问题的并行遗传算法[J].计算机工程与应用,2007,43(27):184-186.
- [10] de Castra L N,Von Zuben.aiNET:An artificial immune network for data analysis[M]//Data Mining:A Heuristic Approach.Abbas H, Sarker R,Newton C.[S.L.]:Ided Group Publishing,2001.
- [11] de Castro L N,Timmis J.Artificial immune system:A new computational intelligence approach[M].New York:Springer,2002.
- [12] 胡珉,吴耿锋,杨晶.基于MHC调控的免疫公式发现算法[J].软件学报,2008,19(3):650-662.

(上接210页)

拖后现象,该算法很好地保证了高优先级的产品能够按时完工,达到了预期的目标。

## 5 结束语

针对优先级约束并行机调度问题,用人工免疫算法对其求解,实验结果显示该算法是有效的,相比VGA,有着更好的性能。下一步研究工作将对此问题进一步深入探讨,研究更加符合实际的不确定生产调度问题。

## 参考文献:

- [1] 刘民,吴澄,戴元顺.最小化拖期任务数并行多机调度问题的一种基