

矿井水质评价的变权识别模型的建立及应用

赵晓亮¹, 宋子岭¹, 胡军山²

(1. 辽宁工程技术大学资源与环境工程学院, 辽宁 阜新 123000; 2. 海拉尔煤炭工业学校
内蒙古 海拉尔 021000)

摘 要: 根据属性识别理论, 建立矿井水质的变权识别模型, 利用污染贡献率确定权重系数, 与其它评价模型相比, 变权识别模型具有排序功能, 实现了对矿井水水质有效的识别和更细微的区分。经对阜新市矿区地下水水质评价实例验证该模型是合理有效的, 为矿井水水质评价和矿井水的治理与回用提供了一种新的方法。

关键词: 变权识别模型; 矿井水质评价; 排序

中图分类号: X 824

文献标识码: A

文章编号: 1671 - 9816 (2005) 01 - 0032 - 03

Foundation and application of varying weight identify model of mine water quality evaluation

ZHAO Xiao-liang¹, SONG Zi-ling¹, HU Jun-shan²

(1. College of Resource and Environment Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China;

2. Haila'er Coal Industrial Academy, Haila'er 021000, China)

Abstract: According to the property identify theory, varying weight identify model of mine water quality was set up, Weight coefficient was confirmed by using contamination ratio. Varying weight identify model had compositor function compared with other evaluation model. The effective identify and much subtler differentiability was realized by this model. This model is reasonable and effective by example testing for mine water of Fuxin, which provides a new method for mine water quality evaluation.

Key words: varying weight identify model; mine water quality evaluation; compositor

引 言

长期以来大规模的煤炭开采所造成的水污染较为突出, 因此定期对矿区地下水水质优劣进行定量或定性的描述, 即矿井水评价就显得十分必要。目前矿井水评价的方法有模糊综合评价法、灰色聚类法^[1]等, 但它们都存在因采用最大—最小计算算子而损失大批原始信息或对隶属同一级别的对象做不到进行更细微识别的不足。因此对现有的评价方法进行有效补充和更进一步研

究是十分必要的。本文基于属性识别理论^[2-3]的有序分割功能, 通过建立矿井水质评价模型从而实现了对水质的更细致的区分、识别和排序。并对阜新地区矿井地下水作为实例分析, 为矿井水资源循环使用和环境管理提供了可靠的依据。

1 矿井水质的变权识别模型

1.1 分类标准矩阵及测量数据矩阵的确定

设 m 个评价因子为总硬度、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Cr^{6+} 、 Pb 、 Fe 。按照国家地下水环境质量标准 (GB/T 14848-93), 并结合实际将矿井水质分为 K 个级别 C_1 、 C_2 、 $\dots$ 、 C_K 并确定第 k 个级别中第 j 个评价

收稿日期: 2004-09-13

作者简介: 赵晓亮 (1981-), 男, 安徽淮北人, 现为辽宁工程技术大学资源与环境工程学院在读硕士研究生, 研究方向为环境评价与系统决策模型。

因子的标准浓度值为 a_{jk} ($j=1, 2, \dots, m; k=1, 2, \dots, K$), 由此确定分类标准矩阵为:

$$(a_{jk}) = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1K} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mK} \end{bmatrix}$$

一般地, 满足 $a_{j1} \leq a_{j2} \leq \dots \leq a_{jK}$ ($j=1, 2, \dots, m$)

若共有 p 个待评单元, 且第 i 个待评单元中第 j 个评价因子的实测浓度值为 x_{ij} ($i=1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, m$)。由此确定测量数据为

$$(x_{ij}) = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{p1} & x_{p2} & \cdots & x_{pm} \end{bmatrix}$$

1.2 测度评价矩阵的确定

设第 i 个待评单元因子具有属性 C_k 测度为 μ_{ik} ($i=1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, m; k=1, 2, \dots, K$)。

则 μ_{ik} 可由下列式子确定:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{当 } x_{ij} \leq a_{j1} \text{ 时, } \mu_{i1} = 1, \mu_{i2} = \mu_{i3} = \cdots = \mu_{iK} = 0 \\ \text{当 } x_{ij} \geq a_{jK} \text{ 时, } \mu_{iK} = 1, \mu_{i1} = \mu_{i3} = \cdots = \mu_{i(K-1)} = 0 \\ \text{当 } a_{jl} \leq x_{ij} \leq a_{j(l+1)} \text{ 时, } \mu_{il} = \frac{x_{ij} - a_{jl}}{a_{j(l+1)} - a_{jl}} \quad (1) \\ \mu_{i(l+1)} = \frac{x_{ij} - a_{jl}}{a_{j(l+1)} - a_{jl}} \\ \mu_{ik} = 0 \quad (k < l \text{ 或 } k > l+1) \end{array} \right.$$

其中 $i=1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, m; 1 \leq l \leq k-1$ 。由此确定单指标测度评价矩阵:

$$(\mu_{ik}) = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \cdots & \mu_{1K} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \cdots & \mu_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{p1} & \mu_{p2} & \cdots & \mu_{pK} \end{bmatrix} \quad (i=1, 2, \dots, p)$$

$$\text{令 } \eta_{ik} = \sum_{j=1}^m a_{ij} \mu_{ik}$$

μ_{jk} 为第 i 个待评单元对于第 k 级别的属性测度, 其中 a_{ij} 为第 i 个待评单元的第 j 个评价因子的权重系数。 $1 \leq i \leq p; 1 \leq k \leq K; 1 \leq j \leq m$ 。由此确定综合测度评价矩阵:

$$(\mu_k) = \begin{bmatrix} \mu_{1k} & \mu_{2k} & \cdots & \mu_{pk} \\ \eta_{21} & \eta_{22} & \cdots & \eta_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{p1} & \mu_{p2} & \cdots & \mu_{pK} \end{bmatrix}$$

1.3 权重系数的确定

根据综合测度评价矩阵, 就可以按照置信度准则对矿井水质量进行识别和比较分析, 置信度 (通常 $0.5 \leq \lambda \leq 1$, 一般取 $0.6 \leq \lambda \leq 0.7$)。计算:

$$k_i = \min \{k: \sum_{l=1}^k \mu_{il} \geq \lambda, 1 \leq k \leq K\} \quad (1 \leq i \leq p) \quad (3)$$

则认为第 i 个待评单元的水质综合评价结果为 C_{k_i} 级。

$$\text{令 } q_i = \sum_{k=1}^K n_k \mu_{ik} \quad (4)$$

称 q_i 为第 i 个待评单元的综合分数, 其中 $n_k = K + 1 - k; i=1, 2, \dots, p; k=1, 2, \dots, K$ 。

根据各待评单元中各评价因子的贡献率确定各评价因子的权重系数:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}/x_j^*}{\sum_{j=1}^m (x_{ij}/x_j^*)} \quad (5)$$

其中: a_{ij} ——第 i 个待评单元中第 j 个评价因子的权重系数;

x_{ij} ——第 i 个待评单元中第 j 个评价因子的实测浓度;

x_j^* ——第 j 个评价因子的标准浓度值 (一般以 II 级为标准)。

2 实例分析

以总硬度、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Cr^{6+} 、Pb、Fe 代表评价因子, 以简化分析过程, 将矿井水质量划分为 5 个级别 (分别用 I、II、III、IV、V 表示)。且各级中评价因子的标准浓度值见表 1。

表 1 水质质量分类标准 mg/L

类别	总硬度	SO_4^{2-}	Cl^-	Cr^{6+}	Pb	Fe
I	150	50	50	0.005	0.005	0.1
II	300	150	150	0.01	0.01	0.2
III	450	250	250	0.05	0.05	0.3
IV	550	350	350	0.1	0.1	1.5
V	>550	>350	>350	>0.1	>0.1	>1.5

由表 1 确定分类标准矩阵 a_{jk} 。

2001 年阜新矿务局对清河门立井、乌龙矿、伊马-78 m、伊马矿井下、五龙矿、海州矿三、四矿和排水坑排出的矿井水 8 个评价单元中各评价

因子的实际监测浓度值见表 2。

表 2 阜新矿区矿井水水质分析结果

监测点	总硬度	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Cr ⁶⁺	Pb	Fe
清河门	268	173.6	111.3	0.05	0.03	0.3
乌龙矿	197.16	64.0	64.0	0.05	0.05	0.1
伊-78	395	196	97	1.01	0.005	0.25
伊井下	79	266	166	0.00	0.005	3.04
五龙矿	327	406	142.9	0.00	0.00	0.5
海 三	455	216	43	0.004	0.05	0.10
海 四	520	268	43	0.22	0.05	0.10
排 水	0.114	0.110	0.044	0.626	0	0.106

由表 2 确定测量数据矩阵 x_{ij} 。

按照公式 (1), 计算各矿的单指标测度评价矩阵分别为: 清河门立井 ($i=1$)

$$(\mu_{1k}) = \begin{bmatrix} 0.213 & 0.787 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.764 & 0.236 & 0 & 0 \\ 0.387 & 0.613 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

同理可以计算出其它 7 个矿的单指标属性测度矩阵 μ_{ijk} ($i=2,3,4,5,6,7,8$)。

根据各矿各评价因子的污染贡献率由公式 (5) 确定他们的权重系数见表 3。

表 3 阜新矿区单元中各评价因子的权重系数

监测点	总硬度	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Cr ⁶⁺	Pb	Fe
清河门	0.073	0.094	0.060	0.407	0.244	0.122
乌龙矿	0.055	0.035	0.035	0.417	0.417	0.417
伊-78	0.219	0.217	0.107	0.166	0.083	0.208
伊井下	0.014	0.094	0.059	0	0.027	0.806
五龙矿	0.150	0.373	0.132	0	0	0.345
海 三	0.166	0.157	0.031	0.044	0.547	0.055
海 四	0.055	0.057	0.009	0.703	0.160	0.016
排 水	0.114	0.110	0.044	0.626	0	0.106

由单指标测度评价矩阵和表 3, 根据公式 (2) 确定综合测度评价矩阵 μ_{ik} 。

取置信度 $\lambda = 0.700$, 由置信度准则, 公式 (3)、(4) 可计算 2001 年阜新矿区各矿井水的水质级别及综合分数, 见表 4。

$$(\mu_k) = \begin{bmatrix} 0.038 & 0.288 & 0.674 & 0 & 0 \\ 0.139 & 0.027 & 0.834 & 0 & 0 \\ 0.140 & 0.517 & 0.343 & 0 & 0 \\ 0.041 & 0.050 & 0.088 & 0.015 & 0.806 \\ 0.010 & 0.246 & 0.314 & 0.057 & 0.373 \\ 0.130 & 0.053 & 0.809 & 0.008 & 0 \\ 0.025 & 0 & 0.223 & 0.049 & 0.703 \\ 0.020 & 0.024 & 0.203 & 0.753 & 0 \end{bmatrix}$$

表 4 阜新矿区矿井水水质的变权识别分析结果

矿区	清河	乌龙	-78	井下	五龙	海三	海四	排水
级别	III	III	III	V	V	III	V	V
综合	3.364	3.305	3.797	1.505	2.463	3.305	1.595	2.311

由此可见阜新矿区各矿井的地下水的水质优劣顺序为: 伊马-78m, 清河门立井, 乌龙矿, 海三矿, 五龙矿, 排水坑, 海四矿, 伊马井下。其中前 4 个矿的水质同属 III 类, 基本符合生产用水要求; 后 4 个矿的水质同属 V 类, 属重污染, 尤其是海州四矿与伊马井下 2 矿区, 急待治理解决。

3 结束语

(1) 实例分析表明, 矿井水质评价的变权识别模型根据各待评单元中各评价因子的污染贡献率确定权重, 能够显示更细微的污染程度区别, 更重要的是具有排序功能, 评价结果更符合客观实际。

(2) 建立在有序分割和属性识别准则的功能基础之上的评价模型克服了其它的常用模糊数学模型识别理论所采用最大-最小计算原理而损失大批信息的不足, 更具科学性。

参考文献:

- [1] 劳期团. 环境管理实用技术 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994.
- [2] 程乾生. 属性识别理论模型及其应用 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 1999, 33 (1): 12-20.
- [3] 程乾生. 属性理论与模糊数学、模式识别、人工智能、[A]. 中国工业与应用数学学会第三次大会论文集 [C]. 北京: 清华大学出版社, 1994.