

Application of Fuzzy Mathematics to Water Environment Comprehensive Evaluation of Jiaozuo

LI Yanli¹, YUAN Donglin², LI Yanfen²

1 Institute of Resources & Environment Henan Polytechnic University JiaoZuo 454000

2 Institute of chemical Engineering and Environment engineering jiaozuo university JiaoZuo 454000

Emai:liyanli@hpu.edu.cn

Abstract: In order to reflect clearly different factors in water environment evaluation, using the basic theory and method of fuzzy mathematics, the membership function and relative membership degree of alternative were brought into the water environment evaluation in Jiaozuo. The evaluation factor sets, evaluation criteria sets, membership function and objective weight sets were established, according to the different water quality infection of various contamination factors, the objective weight was ensured, and then a comprehensive fuzzy assessment for the present water environment of the Jiaozuo was conducted and the main pollutants was calculated, by using the principle of maximum membership function. So the data for reasonable water environment management was provided and reference role in other methods used in water environment evaluation was played.

Key words: water environment evaluation; relative membership degree of alternative; fuzzy comprehensive; pollution factors

模糊综合评价法在焦作水环境评价中的应用

李艳利¹, 原东林², 李艳芬²

1 河南理工大学资源环境学院 焦作 河南 454000

2 焦作大学化工与环境工程学院 焦作 河南 454000

摘要: 为了更好地反映水环境评价中各个影响因素, 根据模糊数学的方法, 将隶属函数和隶属度等概念引入焦作水环境评价中, 建立评价因子的因子集、评价集、隶属函数和权重集等模糊集合, 对各污染因子对水质的影响差异确定权重, 用模糊综合评价法对焦作水环境进行评价, 根据隶属度最大原则确定污染级别, 并分析确定主要污染物, 为合理制定措施提供依据, 并为其他方法进行水环境评价提供参考。

关键词: 水环境评价 隶属度 模糊综合评价法 污染因子

1 引言

水环境是人类生存环境中非常重要的一部分, 近年来, 随着城市化进程的加快、工农业生产的发展和人口的增长, 污水处理措施滞后, 使天然水体污染加剧, 水资源供需矛盾日益尖锐, 水质控制的重要性日益突出, 从而促进了水环境评价工作的开展。目前水质评价的方法很多, 如指数评价法、物元分析法、人工神经网络评价法、模糊综合评价法、灰色评价法等, 而应用模糊关系合成原理, 将一些边界不清, 不易量化的水环境因素定量化, 进行综合评价, 更能得到符合实际情况的结论^[1]。由于水环境质量综合评价中涉及大量的复杂现象和多种因素的相互作用, 存在大量的模糊现象和模糊概念, 故各种不同的模糊综合评判法在水环境评价中得到广泛的应用, 有最大隶属度法则、绝对(相对)状态(或级别)特征值等^[2]。本文将模糊综合评价应用到焦作地表水环境综合评价

中, 通过建立评价的项目、评价集、隶属函数和权重集, 实现对焦作地表水体的质量等级综合评价。

2 评价模型的建立

2.1 建立评价对象的因素集

因素是参与评价的评价指标。在环境质量评价中, 因素集就是参与评价的 n 个污染因子的实际测定浓度组成的模糊子集, 即 $C = U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$ 。

2.2 建立评价集

评价集是与评价项目相应的评价标准集合。在环境质量评价中, 评价集是各个污染因子相应的环境质量标准等级的集合。即 $V = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_n\}$ 。

2.3 权重系数的确定

在模糊综合评价中, 权重系数反映了各个因素在

综合决策中所占有的地位或所起的作用^[3,4]。通常各因子的重要程度不一样,因此对每个因子 u_i 赋予一个相应的权重值 $a_i(i=1,2,\dots,n)$ 构成权重集 $A=(a_1,a_2,a_3,\dots,a_n)$ 。根据污染物对水质的污染大权重应大和污染小权重应小的原则,确定各指标的权重大小,采用“超标倍数法”来确定权重,其公式为:

$$\bar{S}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m S_{ij}$$

$$I_i = C_i / \bar{S}_i$$

$$W_i = I_i / \sum_{i=1}^n I_i$$

式中, C_i 为 i 因子的监测值,mg/L; S_{ij} 为因子 i 第 j 级标准值,mg/L; m 为级数; $\bar{S}_i$ 为因子 i 各级标准平均值,mg/L; W_i 为第 i 个评价因子的权重。

n 个因子指标分别计算权重后得到一个 $1 \times n$ 阶的权重集: $A=(a_1,a_2,a_3,\dots,a_n)$ 。

2.4 建立隶属度函数

用隶属度来刻画环境质量的分级界限,这里用降半梯形分布来刻画隶属度:

第1级($j=1$)评价隶属度函数表达式为:

$$r_{i1} = \begin{cases} 1 & C_i \leq S_{i1} \\ \frac{S_{i2}-C_i}{S_{i2}-S_{i1}} & S_{i1} < C_i < S_{i2} \\ 0 & C_i \geq S_{i2} \end{cases}$$

隶属于第I类与第V类之间的隶属函数($j=2,3,4$):

$$r_{ij} = \begin{cases} 0 & C_i \leq S_{i,j-1}, C_i \geq S_{i,j+1} \\ \frac{C_i - S_{i,j-1}}{S_{i,j} - S_{i,j-1}} & S_{i,j-1} < C_i < S_{i,j} \\ \frac{S_{i,j+1} - C_i}{S_{i,j+1} - S_{i,j}} & S_{i,j} \leq C_i < S_{i,j+1} \end{cases}$$

隶属于第V类水质的隶属函数($j=5$):

$$r_{im} = \begin{cases} 0 & C_i \leq S_{im} \\ \frac{C_i - S_{i,m-1}}{S_{im} - S_{i,m-1}} & S_{i,m-1} < C_i < S_{im} \\ 1 & C_i \geq S_{im} \end{cases}$$

式中, r_{ij} 为第 i 中评价因子被评为 j 级别的可能性,即 i 对 j 的隶属度。 C_i 为因子 u_i 的实测浓度值; S_{ij} 为

因子 u_i 第 j 级水质标准; m 为 m 级评价标准。

对第 i 个因子 u_i 的评价结果组成单因素模糊评价集 $R_i=(r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, \dots, r_{im})$ 根据以上计算过程,若共有 n 项水质参数 m 级水质标准,将各单因素模糊综合评价集 R_i 的隶属度为行组成单因素评价矩阵,则可写出下列 $n \times m$ 阶的模糊矩阵 R 。

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & r_{nm} \end{pmatrix}$$

2.5 模糊数学综合评价

模糊综合评价模型:

$$B=AR=(a_1,a_2,a_3,\dots,a_n) \begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & r_{nm} \end{pmatrix}$$

根据最大隶属度原则,若 $b_j=\max(b_1,b_2,\dots,b_n)$,则待评价对象的水质级别应该为第 j 类。

3 焦作地表水水质综合评价

焦作市位于河南省西北部,北依太行,南临黄河。地处东经 $112^\circ 32' \sim 113^\circ 38'$ 与北纬 $34^\circ 48' \sim 35^\circ 30'$ 之间。东与新乡市接壤,西与济源市毗邻,南与郑州、洛阳市隔河相望,北与山西省晋城市搭界。行政区东西长102公里,南北宽75公里,总面积4071平方公里。焦作市河流大多发源于晋东南地区,分属黄河、海河两大水系。河流多属汛期泄洪河。2008年,根据地表水环境质量评价技术要求和河流水质污染特征,选择高锰酸盐、五日生化需氧量、氨氮、挥发酚、镉、氟化物、石油类等7项因子,对6条河流(新蟒河、沁河、大沙河、新河、共产主义渠、滩区涝河)7个断面进行了评价。

3.1 评价因子的确定

根据焦作市地表水水质情况,选取2008年河流水质监测数据中的COD、BOD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、挥发酚、氰化物、石油类、Cd作为评价项目,这7个项目构成评价因素集合为 $u=\{u_1 u_2 u_3 \dots u_n\}$ 。

3.2 评价集合的确定

评价集是与因素集中评价因子相应的评价标准集合。表2摘自国家地表水环境质量标准(GB3838-2002)。

Table 1 the water quality of the rivers in 2008

表 1 2008 年河流水质监测结果 (mg/L)

项目	COD _{Mn}	BOD ₅	NH ₃ -N	挥发酚	氟化物	石油类	Cd
监测结果	14.9	25.1	5.02	0.012	1.30	0.4	0.0021

Table 2 Comprehensive evaluation standard of water quality

表 2 地表水环境质量标准

mg/L

序号	监测项目	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
1	高锰酸盐指数 ≤	2	4	6	10	15
2	五日生化需氧量 ≤	3	3	4	6	10
3	氨氮 ≤	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0
4	挥发酚 ≤	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
5	氟化物 ≤	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5
6	石油类 ≤	0.05	0.05	0.05	0.5	1.0
7	镉 ≤	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01

2.3 计算权重建立输入

根据污染物对水质的污染大权重应大和污染小权重应小的原则,确定各指标权重的大小,采用“超标倍数法”来确定权重,计算出各项目的权重 $A=(0.13497,0.32357,0.32672,0.0338,0.07262,0.08125,0.02707)$ 。

2.4 隶属度函数的计算结果

根据公式可计算出焦作地表水的 7 个污染因子的隶属度,建立模糊矩阵 R ,如下所示:

$$R = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.02 & 0.98 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.978 & 0.022 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0.6 & 0 \\ 0 & 0 & 0.222 & 0.778 & 0 \\ 0.725 & 0.275 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

2.5 综合评判

将上面得到的模糊矩阵 A 和 R 进行模糊综合运算,得到模糊综合评判集。即 $B=AR=(0.01963,0.00744,0.04709,0.14254,0.7833)$ 。

根据模糊数学中的最大隶属度原则,模糊综合评判对 V 类水的隶属度最大,为 0.7833,这说明通过对 6 个河流 7 个断面的水质进行监测,2008 年焦作市地表水河流水质类别为 V 类水质。同时也可以看出各个因子的影响作用,0.7833 这个数值主要是由五日生化需氧量和氨氮贡献出来的,这也说明影响水质的主要污染因子是五日生化需氧量和氨氮。应加强对这两个因子的控制。

3 结论

3.1 焦作市地表水以 V 类水质为主,地表水的主要污染因子是五日生化需氧量和氨氮;

3.2 焦作河流水质污染的原因,总的来说是因为焦作市河流多为汛期泄洪河,基本上常年无自然径流,而随着经济的发展和人口的增长,每年排入河流的城市工业废水、生活污水日益增多,河流成为工业废水、生活污水的纳污河。

References (参考文献):

- [1] Ding Sanglan, The Discussion on Environment Evaluation[M]. Beijing: Chemical industry Press, 2001: 45-52.
丁桑岚. 环境评价概论[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 45-52.
- [2] Wang Shangpeng, Li Jiangyun, Zheng Xurong, et al. Discussion on the Water Quality Fuzzy Evaluation[J]. China Rural Water and Hydropower, 2005(1): 49.
汪尚朋, 李江云, 郑旭荣等. 水质模糊评价的探讨[J]. 中国农村水利水电, 2005 (1): 49
- [3] LIZY, ZHANG H J, DENG X M. A New assessment method of eutrophication of lake based on AHPPCA[J]. China Environmental Science, 1999, 5 (1): 37-42.

- [4] LEE C S,WEN C G.River assimilative capacity analysis via fuzzy linear programming[J].Fuzzy Sets and Systems,2006,79:191-199.

作者简介: 李艳利, 女, 79 年 8 月, 河南理工大学讲师, 专业方向: 水污染防治。Email:liyanli@hpu.edu.cn.电话: 13183133292