

模糊数学在水环境评价中的应用

丁艳华 杨俊 杨莉 曾庆福
(武汉科技学院环境科学研究所 湖北武汉 430073)

摘要 应用模糊数学方法,以洪湖水质监测资料为依据,用模糊概念进行推理,经过模糊矩阵的复合运算得出综合评价结果,与单因子指数评价法相比更符合客观实际。

关键词 模糊数学 水环境 单因子指数评价法 应用 评价

中图分类号:X824 文献标识码:A 文章编号:1672-9064(2008)01-0007-02

0 前言

在水环境质量评价中,最常用的是单因子指数评价法,该方法利用 GB3838-2002 所规定的评价标准参数来划分水质的级别。这样用一个污染指数值来判定污染程度,不够客观。例如:COD 的 II 类标准限制为 4mg/L,如果实测值为 3.9mg/L,则属于 II 类,而 4.1mg/L 则属于 III 类。事实上 3.9mg/L 和 4.1mg/L 仅 0.2mg/L 之差,但 II 类和 III 类却是两个截然不同的级别。因此"水污染程度"本身就是一个模糊的概念,作为评价水污染程度的分类标准也就具有模糊的特点。这就可以借助模糊数学的观点,以隶属度来刻划评价水质的分级界限。用隶属度来刻划,3.9mg/L 对 II 类水的隶属度为 100%,为 II 类;而 4.1mg/L 对 II 类水的隶属度为 95%,对 III 类水的隶属度为 5%,偏向于 II 类,可将其归为 II 类。因此利用模糊数学评价水质更具科学性,更符合客观实际。

1 评价步骤

1.1 评价项目的选择

根据洪湖水质的情况,选取 1906 年 2 月监测数据中的 COD, NH₃-N, TN, TP 作为评价项目,这 4 个项目构成评价因素集合为 U={u₁, u₂, ..., u_n}。

表 1 06 年 2 月洪湖水质监测结果				mg/L
项目	COD	NH ₃ -N	TN	TP
监测结果	5.02	0.473	1.748	0.065

表 2 地表水环境质量标准(GB3838-2002)						ng/L
标准值项目	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类	
高锰酸盐指数	≤ 2	4	6	10	15	
氨氮	≤ 0.15	0.5	1.0	1.5	2.0	
总磷	≤ 0.02(湖、库 0.01)	0.1(湖、库 0.025)	0.2(湖、库 0.05)	0.3(湖、库 0.1)	0.4(湖、库 0.2)	
总氮	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	

1.2 评价标准

表 2 摘自国家地表水环境质量标准(GB3838-2002)。评价等级集合为: V={v₁, v₂, ..., v_n}。

作者简介:丁艳华(1982~),男,环境工程专业硕士研究生,从事水污染控制和环境影响评价工作。

1.3 单因素评判

将各因素评价集的隶属度为行组成单因素评判矩阵为:

$$R = (r_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

(1)

r_{ij} 为第 i 种评价因素被评为 j 级别的可能性,即 i 对 j 的隶属度。由下面的隶属度函数求得:

第 1 级(j=1)评价隶属函数表达式为:

$$r_{i1} = \begin{cases} 0 & x_i > s_{12} \\ \frac{s_{12} - x_i}{s_{12} - s_{11}} & s_{11} < x_i \leq s_{12} \\ 1 & x_i \leq s_{11} \end{cases}$$

(2)

隶属于第 1 类与最后 1 类之间的隶属函数,j=2,3,4

$$r_{ij} = \begin{cases} 0 & x_i \geq s_{i(j+1)}, x_i \leq s_{i(j-1)} \\ \frac{x_i - s_{i(j-1)}}{s_{ij} - s_{i(j-1)}} & s_{i(j-1)} < x_i \leq s_{ij} \\ \frac{s_{ij} - s_{i(j+1)}}{s_{ij} - s_{i(j+1)}} & s_{ij} < x_i < s_{i(j+1)} \end{cases}$$

(3)

隶属于最后 1 类水质的隶属函数,j=5

$$r_{i5} = \begin{cases} 0 & x_i \leq s_{i4} \\ \frac{x_i - s_{i4}}{s_{i5} - s_{i4}} & s_{i4} < x_i < s_{i5} \\ 1 & x_i \geq s_{i5} \end{cases}$$

(4)

式中 x_i 为 i 因子的实测浓度值, S_{ij} 为 i 因子所对应的水质分类中 j 级别标准值。

1.4 计算权重

在环境质量评价中,权重向量反映了各因素在环境决策过程中的地位和作用,因此合理地确定权重是保证评判质量的关键。本文采用的是统计法,公式为:

$$a_i = \frac{x_i / \bar{s}_i}{\sum_{i=1}^m (x_i / \bar{s}_i)}$$

(5)

$$\bar{s}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{ij}$$

(6)

式中: a_i 为 i 因子的权重值; $\bar{s}_i$ 为第 i 种因子五个类别标准的平均值; x_i 为 i 因子的实测浓度值。由此可得到各因素的权

重矩阵 $A, A=\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 。

1.5 模糊综合评价

将上面得到的模糊矩阵 A 和 R 进行模糊综合运算, 即 $B=A^{\circ}R$, 得到模糊综合评判集 B 。这里采用加权平均型综合评判来评价水质。

2 具体运用

根据洪湖的水质具体情况, 采用洪湖 06 年 2 月份的水质监测数据中的 COD, NH_3-N, TN, TP 作为评价项目。

2.1 建立水质隶属函数

以 COD 为例, 列出下面的隶属函数, 其余的类推之。

I 类水

$$r_{i1}(COD)=\begin{cases} 0 & x_i>4 \\ \frac{4-x_i}{2} & 2<x_i\leq 4 \\ 1 & x_i\leq 2 \end{cases}$$

II 类水

$$r_{i2}(COD)=\begin{cases} 0 & x_i\geq 6, x_i\leq 2 \\ \frac{x_i-2}{2} & 2<x_i\leq 4 \\ -\frac{x_i-6}{2} & 4<x_i\leq 6 \end{cases}$$

III 类水

$$r_{i3}(COD)=\begin{cases} 0 & x_i\geq 10, x_i\leq 4 \\ \frac{x_i-4}{2} & 4<x_i\leq 4 \\ -\frac{x_i-10}{4} & 4<x_i\leq 6 \end{cases}$$

IV 类水

$$r_{i4}(COD)=\begin{cases} 0 & x_i\geq 15, x_i\leq 6 \\ \frac{x_i-6}{4} & 6<x_i\leq 10 \\ -\frac{x_i-15}{5} & 10<x_i\leq 15 \end{cases}$$

V 类水

$$r_{i5}(COD)=\begin{cases} 0 & x_i\leq 6 \\ \frac{x_i-10}{5} & 10<x_i\leq 15 \\ 1 & x_i\geq 15 \end{cases}$$

得出各参数的隶属度矩阵:

$$R=\begin{bmatrix} 0 & 0.49 & 0.51 & 0 & 0 \\ 0.077 & 0.923 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.504 & 0.496 \\ 0 & 0 & 0.7 & 0.3 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} COD \\ NH_3-N \\ TN \\ TP \end{matrix}$$

所属类别标准 I II III IV V

从中可以看出, COD 对 III 类水的隶属度最大, 为 0.51, 属于 III 类水质; NH_3-N 对 II 类水的隶属度为 0.923, 属于 II 类; 而 TN 对 IV 类水的隶属度为 0.504, 为最大, 应归其为 IV 类水质; TP 则归为 III 类水质。

2.2 计算各个项目的权重

以 1906 年 2 月份洪湖水水质监测数据, 按照权重的计算公式计算水质监测项目的权重, 将计算结果列入表 3 中。

从表中得出各因素的权重矩阵 $A, A=\{0.185, 0.125, 0.459, 0.230\}$ 。

2.3 模糊综合运算作出评价

将上面得到的模糊矩阵 A 和 R 进行模糊综合运算, 即 $B=A^{\circ}R$, 得到模糊综合评判集 B 。

表 3 各监测项目权重计算结果

项目	$x_i/(mg/L)$	$\bar{S}_i/(mg/L)$	a_i
COD	5.02	7.4	0.185
NH_3-N	0.473	1.03	0.125
TN	1.748	1.04	0.459
TP	0.065	0.077	0.230

$B=A^{\circ}R$, 得到模糊综合评判集 B 。

$$B=A^{\circ}R=\{0.01, 0.206, 0.255, 0.301, 0.228\}$$

根据模糊数学中的最大隶属度原则, 模糊综合评判对 IV 类水的隶属度最大, 为 0.301, 这说明洪湖 2 月份的水质为 IV 类水质。同时也可以看出各个因子的影响作用, 0.301 这个数值主要是由 TN 贡献出来的, 这也就说明影响水质的主要污染因子是 TN 。应加强对 TN 的控制和治理。

2.4 模糊数学评价法与单因子指数评价法的结果对比

通常的单因子指数评价法简单实用, 即只要找出污染程度最大的一个, 根据其所在的水质级别定为整个的水质级别, 由此便完成了水质的评价。此法虽然简单, 但缺点也很明显, 即忽略了其它评价因子的影响作用, 只知道哪些因子超标, 但不能进一步的明确何种污染物起主要作用。模糊数学评价法能够很好的反映出各个评价因子在评价中的相对作用大小。模糊数学评价法与单因子指数评价法的结果对比见表 4。

表 4 模糊数学评价法与单因子指数评价法的结果对比

	单项评价				综合评价
	COD	NH_3-N	TN	TP	
单因子指数评价法	III	II	V	IV	V
模糊数学评价法	III	II	IV	III	IV

从表 4 中可以看出, 利用模糊数学评价法评价 COD 和 NH_3-N 的单项评价结果与单因子指数评价法相同; 但 TN 和 TP 两项指标, 模糊数学评价的结果均比单因子指数评价法的结果提高了一个级别, 且模糊数学评价的综合评价结果也提高了一个级别, 即由原来的 V 类提高到 IV 类。

3 结论

对于“水污染程度”这样的模糊概念, 用单因子指数评价法评价不能充分体现出其它评价因子的影响作用, 评价结果不尽合理; 而用模糊数学评价法去解决模糊问题往往会得到比其它评价方法更科学的结果。相比单因子指数评价法, 利用模糊数学评价水质更符合客观实际。

参考文献

- 1 王连生. 环境模糊系统及其应用. 长春: 吉林大学出版社, 1992
- 2 叶文虎. 环境质量评价学. 北京: 高等教育出版社, 1994
- 3 彭祖赠, 孙毓玉. 模糊 (Fuzzy) 数学及其应用. 武汉: 武汉大学出版社, 2002
- 4 胡继才, 万福钧, 等. 应用模糊数学. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社
- 5 张跃进, 刘志斌, 王娟. 模糊数学在区域环境评价中的应用. 辽宁工程技术大学学报, 2003, 22
- 6 张跃. 模糊数学方法及其应用. 北京: 煤炭工业出版社, 1992