

模糊评价法在湖泊富营养化评价中的应用

胡著邦¹, 徐建民¹, 全为民²

(1. 浙江大学环境与资源学院, 浙江 杭州 310029; 2. 中国水产科学院东海水产研究所, 上海 200090)

摘要: 介绍了一种新的模糊评价法, 并运用此方法对杭州西湖、青山水库和千岛湖的水体富营养化进行了评价, 评价结果与实际营养水平相符。与其它评价方法相比, 该评价方法具有计算简单、分辨率高等优点。

关键词: 湖泊; 富营养化; 模糊评价法; 运用

中图分类号: 文献标识码: A 文章编号: 1000-0267(2002)06-0535-02

Application of Fuzzy Evaluation Method on Assessing Lake Eutrophication

HU Zhu-bang¹, XU Jian-min¹, QUAN Wei-min²

(1. College of Environment and Resource, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 2. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Science, Shanghai 200090, China)

Abstract: The present study introduces a new Fuzzy Evaluation Method for evaluation of eutrophication. Water body eutrophication of three lakes including West-lake, Qiandaohu Lake and Qingshan Reservoir was assessed by the method. The result was consistent with the existing facts. Compared with other evaluation methods, the method had the advantages such as simple calculation and high distinguishing rate.

Keywords: lake; eutrophication; fuzzy evaluation method; application

湖泊富营养化评价早期以综合评价法为主, 但在评价标准和评价指标的选择上很不完善, 导致评价结果无法真实反映湖泊富营养化水平。以数理统计为基础的模糊评价、灰色预测、层次分析等系统评价方法近年来发展很快^[1,2]。目前系统评价方法有:(1)模糊运算法;(2)灰色聚类法;(3)灰色局势决策法;(4)灰色层次决策法;(5)Fuzzy-Grey 决策法, 这些方法均比较客观地反映了湖泊的富营养化程度, 与实际情况比较相符。但也存在一些问题, 如计算比较复杂, 评价结果趋于均化等^[3-7]。本文介绍了一种简单的湖泊富营养化模糊评价法, 并将其应用于实际水体的富营养化评价。

1 研究内容及方法

1.1 数据来源

评价数据由杭州市环境保护局提供, 选取各监测指标的年均值。

1.2 模糊评价方法

收稿日期: 2002-05-26

基金项目: 浙江省科技厅重大科技攻关项目(001103268); 杭州市环保局项目(9901)

作者简介: 胡著邦(1977—), 男, 河南南阳人, 浙江大学在读硕士。

zbhu@sohu.com, 0571-86971955。

设有 n 个湖泊, 每个湖泊有 m 个评价指标, 则有 $n \times m$ 阶的实测指标值矩阵

$$C_{n \times m} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1m} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ C_{n1} & C_{n2} & \cdots & C_{nm} \end{bmatrix} \quad [1]$$

若有 t 个评价标准, 则有 $t \times m$ 阶矩阵

$$S_{t \times m} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1m} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{t1} & S_{t2} & \cdots & S_{tm} \end{bmatrix} \quad [2]$$

如设 S_{li} 、 S_{hi} 和 S_i 分别为第 i 个评价标准的 l 、 h 和 t 级标准值则用下面的线性内插公式(1):

当 $C_{ji} \geq S_{hi}$ (透明度 $C_{ji} \leq S_{li}$): $f_{ji} = 1$

当 $S_{li} < C_{ji} < S_{hi}$ (透明度 $S_{li} < C_{ji} < S_{hi}$): $f_{ji} = \frac{C_{ji} - S_{li}}{S_{hi} - S_{li}}$

当 $C_{ji} \leq S_{li}$ (透明度 $C_{ji} \geq S_{hi}$): $f_{ji} = 0$

将矩阵[1]转化为:

$$F_{n \times m} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1m} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \cdots & f_{nm} \end{bmatrix} = (f_{ij}) \quad [3]$$

若规定 1 级和 t 级湖泊富营养化标准浓度的隶属度分别为 0 和 1, 则用下面的线性式:

$$\frac{S_{hi} - S_{ti}}{S_{ti} - S_{1i}} \quad (2)$$

将矩阵[2]转化为:

$$E_{l \times m} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \cdots & e_{1m} \\ e_{21} & e_{22} & \cdots & e_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ e_{l1} & e_{l2} & \cdots & e_{lm} \end{bmatrix} = (e_{ih}) \quad [4]$$

在生态研究中,常遇到求评价对象与标准对象的相似程度。对于这类评价问题可采取海明距离进行。

设评价对象 A 与标准对象 B 均包括 x_1, x_2, \dots, x_m 个评价项目。A 对 x_i 的隶属度为 $\mu_A(x_i)$, B 对 x_i 的隶属度为 $\mu_B(x_i)$, A 与 B 之间的海明距离(A, B):

$$D(A, B) = \sum_{i=1}^m |\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)| \quad (3)$$

若各评价项目的权重分别为 w_1, w_2, \dots, w_m , 则定义加权海明距离(Hamming Distance):

$$Dw(A, B) = \sum_{i=1}^m w_i |\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)| \quad (4)$$

实测值隶属矩阵[3]与标准值隶属度函数[4]之间海明矩阵可用如下公式(5)计算:

$$D(F, E) = \sum_{i=1}^m |f_{ih} - E_{ih}| \quad (5)$$

所求出 t 个海明矩阵中, 其中最小的为两者之间最相似。

2 模糊评价法的应用

运用上面所介绍的模糊评价法对浙江省杭州市 3 个湖泊(水库)即千岛湖、西湖和青山水库进行评价, 选取的评价指标包括 Chla ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)、TP($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)、TN($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)、COD_{Mn} ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)、SD(m), 其监测数据所构成的矩阵如下:

$$\begin{bmatrix} 3.47 & 18 & 963 & 1.73 & 4.6 \\ 80.60 & 106 & 1968 & 8.11 & 0.571 \\ 27.13 & 80 & 1900 & 3.84 & 0.65 \end{bmatrix} \quad [5]$$

湖泊富营养化评价分 5 个营养等级, 即极贫、贫、中、富、极富等, 各级的评价标准所构成的矩阵如下:

$$\begin{bmatrix} 0.5 & 1 & 20 & 0.09 & 37 \\ 1.0 & 4 & 60 & 0.36 & 12 \\ 10 & 23 & 310 & 1.80 & 2.4 \\ 42.5 & 110 & 1200 & 7.10 & 0.55 \\ 400 & 660 & 4600 & 27.10 & 0.17 \end{bmatrix} \quad [6]$$

由式(2)得:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.001 & 0.005 & 0.009 & 0.010 & 0.679 \\ 0.024 & 0.033 & 0.063 & 0.063 & 0.939 \\ 0.105 & 0.165 & 0.258 & 0.260 & 0.990 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad [7]$$

矩阵[5]由式(1)得:

$$\begin{bmatrix} 0.007 & 0.026 & 0.206 & 0.061 & 0.880 \\ 0.201 & 0.159 & 0.425 & 0.297 & 0.991 \\ 0.067 & 0.120 & 0.410 & 0.139 & 0.987 \end{bmatrix} \quad [8]$$

由式(5)计算矩阵[7]与[8]的海明距离如表 1。

表 1 千岛湖、西湖、青山水库营养水平与各营养等级之间的海明距离

Table 1 Hamming distance between trophic levels in Qiandaohu Lake, West-Lake, Qingshan Reservoir and all trophic grade

| 地点 | 极贫 | 贫 | 中 | 富 | 极富 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 千岛湖 | 1.180 | 0.476 | 0.228 | 0.598 | 3.82 |
| 杭州西湖 | 2.073 | 1.269 | 0.95 | 0.305 | 0.927 |
| 青山水库 | 1.723 | 1.019 | 0.597 | 0.349 | 3.197 |

从表 1 可以看出, 千岛湖、杭州西湖、青山水库与标准值之间的最小海明距离分别为 0.228、0.305、0.349。从而可以看出, 千岛湖为中等营养水平, 杭州西湖和青山水库都处于富营养化, 由于 0.305 < 0.349, 可以断定杭州西湖的富营养化状况比青山水库更为严重。

3 结论

本文对原有的模糊评价法进行了改进, 使其计算更加简单, 同时此模糊评价法具有一定的分辨率, 能区分处于同一营养水平、不同湖泊之间污染程度的差异。运用此方法对浙江省杭州市 3 个湖泊(水库)进行了评价, 评价结果与实际情况一致。但本研究对 3 个湖泊进行评价时, 选取了同样的指标和评价标准, 这些指标是否都具有代表性和评价标准是否具有一致性, 都值得进一步探讨。为了科学与系统地评价湖泊的富营养化程度, 将 3S 技术、系统动力学模型与传统方法相结合应用于湖泊富营养化的评价及预测是今后的研究方向^[8-10]。

参考文献:

- [1] 舒金华. 我国湖泊富营养化程度评价方法的探讨[J]. 环境污染与防治, 1990, 12(5): 2-7.
- [2] Lung W S, Canale R P, Freedman P L. Phosphorus models for eutrophic lakes[J]. *Water Research*, 1976, 10(8): 1101-1114.