

# 基于模糊综合评价法的内蒙古 达里诺尔湖水环境质量评价

张 生, 李畅游, 梁喜珍, 史小红

(内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018)

[摘要] 采用模糊综合评价法对内蒙古达里诺尔湖水水质现状进行评价, 利用 2008 年达里诺尔湖水水质实际监测数据, 确定了评价因子和各因子的权重, 建立了评价因子的隶属函数和模糊矩阵, 最后对达里诺尔湖水水质现状进行综合评价。评价结果符合实际情况, 说明模糊综合评价法用于达里诺尔湖水水质评价的合理性和可靠性, 并对控制湖泊水质污染提供了一定的理论依据。

[关键词] 模糊数学; 水质评价; 达里诺尔湖

[中图分类号] X824 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)06-0028-04

## 1 前言

目前水环境质量评价的方法很多, 主要有综合指数法、层次分析法、灰色聚类法、模糊综合评价法<sup>[1-3]</sup>等。其中模糊综合评价法的应用比较广泛, 由于在自然条件下水环境质量存在较大的不确定性, 故运用模糊数学的理论来反映水环境质量的的不确定性, 其在很多湖泊中得到应用并证实效果较好<sup>[4-8]</sup>。笔者采用模糊综合评价法对地处内蒙古赤峰市的达里诺尔湖水水质进行评价, 为控制湖泊水质污染提供了一定的理论依据<sup>[1]</sup>。

## 2 模糊综合评价方法及步骤

由于水环境中存在大量不确定性因素, 水质级别和分类标准都是一些模糊概念, 因此模糊数学在水质综合评价中得到广泛应用。模糊综合评价法是通过建立评价指标级、评价级、隶属函数和权重级实现对各个样本的质量等级进行综合评价<sup>[9,10]</sup>。

### 2.1 确定评价指标

评价指标根据地表水环境质量标准及主要影响水质的指标而设置的, 设评价指标集为:  $U = (x_1,$

$x_2, \dots, x_i), x_i$  表示第  $i$  种水质评价指标。

### 2.2 建立评价集

依据《地表水环境质量标准》(GB3838—2002), 把水质分为 { I, II, III, IV, V } 5 个评价级。地表水环境质量标准见表 1。

表 1 地表水环境质量标准(GB3838—2002)

Table 1 Environmental quality standards applicable to surface water(GB3838—2002)

指标	mg/L				
	I	II	III	IV	V
COD	15	15	20	30	40
TN	0.2	0.5	1	1.5	2
NH <sub>3</sub> -N	0.15	0.5	1	1.5	2
TP	0.01	0.025	0.05	0.1	0.2
DO	7.5	6	5	3	2

### 2.3 建立模糊矩阵 R

根据水质污染程度和水质分级标准, 用隶属度来刻画水质的分级界限。先根据各指标的分级标准, 作出 5 个级别的隶属函数。确定各项因子对各类水质级别的隶属函数。按式(1)计算:

对第 I ~ V 类水, 即  $j = 1 \sim 5$ , 其隶属函数为

[收稿日期] 2009-11-26

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(50569002, 50669004); 内蒙古自然科学基金重点项目(200711020604); 内蒙古“十一五”科技攻关项目

[作者简介] 张 生(1960-), 男, 内蒙古包头市人, 内蒙古农业大学教授, 主要从事水污染控制研究; E-mail: shengzhang@imau.edu.cn

$$R_j = \begin{cases} 1 & c_i \leq s_j \\ \frac{1}{s_j - s_{j-1}}(c_i - s_{j-1}) & s_{j-1} < c_i < s_j \\ \frac{1}{s_{j+1} - s_j}(s_{j+1} - c_i), & s_j < c_i < s_{j+1} \\ 0 & c_i > s_{j+1} \\ 1 & c_i \geq s_5 \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中,  $c_i$  为第  $i$  项评价因子浓度的实测值,  $s_j$  和  $s_{j+1}$  为该评价因子第  $j$  类和  $j+1$  类水质的标准值, 在确定了隶属函数后, 可以得到隶属函数矩阵  $R$ 。

## 2.4 计算各项因子的权系数

计算各个评价因子的权系数, 即:

$$A_i = \frac{C_i}{S_i} / \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{S_i} \quad (2)$$

式(2)中,  $s_i$  为该评价因子五类标准的平均值, 得到权系数矩阵:  $A = (A_1, A_2, \dots, A_n)$ 。

## 2.5 进行矩阵复合运算, 评判综合水质

根据  $B = A \cdot R$  进行矩阵复合运算, 得到综合隶属度矩阵。对综合隶属度进行比较判别, 对哪一类级别的隶属度最大, 就判定为哪一类等级的水体, 并结合实际监测值进行分析。

## 3 实例应用

### 3.1 研究区概况

达里诺尔湖<sup>[11,12]</sup> 位于内蒙古赤峰市克什克腾旗西部, 属于内蒙古高原干旱区的封闭性湖泊, 湖面面积约 228 km<sup>2</sup>, 是内蒙古自治区第二大淡水湖。达里诺尔湖泊地区气候属于中温型大陆性气候, 与浑善达克沙地相连, 是内蒙古东部重要的水资源。湖泊水资源由贡格尔河、亮子河、沙里河和耗里河供给, 年蒸发量大于年降水量, 雨热同季, 气候干燥, 日照时间长, 太阳辐射强。由于近年来人类活动的加剧, 湖泊水质严重恶化, 矿化度不断提高, 湖面逐年萎缩<sup>[13-15]</sup> 等, 因此有必要对达里诺尔湖水质作出评价, 以控制湖泊水质恶化并采取相应的保护措施。

### 3.2 评价结果

运用模糊综合评价法进行评价, 对湖面布设监测点, 如图 1 所示, 选择靠近湖边及湖泊中心部分具有代表性的点进行评价。即选择湖面监测点 A5, B4, C7, D4, E3 和 J 点进行计算, 其中湖泊水源由 4 条河流供给, 把进水监测平均值定义为 J 点。确定评价指标矩阵为  $U = (\text{COD}, \text{pH}, \text{NH}_3\text{-N}, \text{TP}, \text{DO})$ ,

即:

$$U = \begin{bmatrix} 195 & 10.09 & 0.08 & 1.69 & 9.71 \\ 53 & 9.53 & 0.9 & 1.69 & 9.11 \\ 79 & 9.56 & 1.7 & 1.71 & 11.85 \\ 190 & 9.52 & 1.2 & 1.71 & 10.02 \\ 95 & 9.38 & 1.1 & 1.67 & 11.57 \\ 58.5 & 8.76 & 1.4 & 0.11 & 10.06 \end{bmatrix}$$

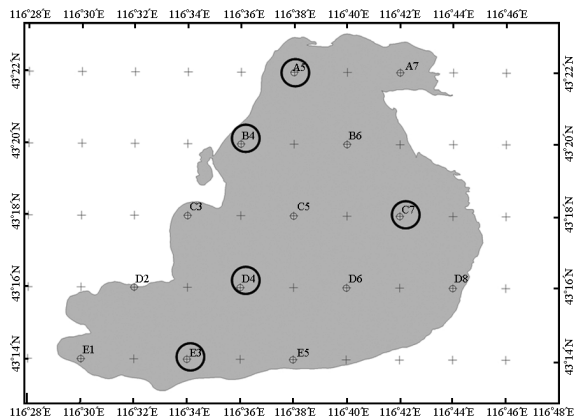


图 1 达里诺尔湖湖面布点图

Fig. 1 Layout points map in Dalinuoer Lake

根据实际监测数据, 参照《地表水环境质量标准》(GB3838—2002) 把水质分为 5 个等级, 用式(1)计算得出各个点的评价隶属函数矩阵, 即:

$$R_{A5} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{B4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.2 & 0.8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{C7} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.6 & 0.4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{D4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0.6 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{E3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0.8 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_J = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.24 & 0.76 \\ 0 & 0.4 & 0.6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.9 & 0.1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

利用式(2)计算得出各个点的权系数矩阵,即:

$$A_{A5} = [0.254 \quad 0.042 \quad 0.002 \quad 0.686 \quad 0.015]$$

$$A_{B4} = [0.082 \quad 0.047 \quad 0.033 \quad 0.818 \quad 0.019]$$

$$A_{C7} = [0.114 \quad 0.044 \quad 0.057 \quad 0.771 \quad 0.014]$$

$$A_{D4} = [0.240 \quad 0.038 \quad 0.035 \quad 0.672 \quad 0.014]$$

$$A_{E3} = [0.140 \quad 0.044 \quad 0.038 \quad 0.764 \quad 0.014]$$

$$A_J = [0.354 \quad 0.169 \quad 0.197 \quad 0.212 \quad 0.354]$$

对以上矩阵进行复合运算,即  $B = A \cdot R$ ,得到综合隶属度矩阵,即:

$$B_{A5} = [0.015 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0.686]$$

$$B_{B4} = [0.019 \quad 0.033 \quad 0.033 \quad 0 \quad 0.818]$$

$$B_{C7} = [0.014 \quad 0 \quad 0 \quad 0.057 \quad 0.771]$$

$$B_{D4} = [0.014 \quad 0 \quad 0.035 \quad 0.035 \quad 0.672]$$

$$B_{E3} = [0.014 \quad 0 \quad 0.033 \quad 0.033 \quad 0.764]$$

$$B_J = [0.068 \quad 0.197 \quad 0.197 \quad 0.212 \quad 0.354]$$

根据模糊综合评价的最大隶属度原则,对哪一级水质隶属度大,则该分析水质就属于哪一级。从隶属度矩阵可以看出,  $A5, B4, C7, D4, E3$  对 V 类水的隶属度均最大,隶属度分别为:0.686,0.818,0.771,0.672,0.764,因此水质都属于 V 类水。从进水的综合隶属度矩阵可以看出,进水对 V 类水的隶属度为 0.354,对 IV 类水的隶属度为 0.212,实际水质监测值为 8.76,接近 V 类水质标准值。由于达里诺尔湖属于封闭性湖泊,年蒸发量大于年降水量,污染物质进入湖泊,随着湖水蒸发而逐渐浓缩,所以使湖泊水质中的总氮、总磷、含盐量等都不断增加。

## 4 结语

通过模糊综合评价结果分析,从  $A5, B4, C7, D4, E3$  各点隶属度矩阵中可以看出,对 V 类水的隶

属度最大,分别为:0.686,0.818,0.771,0.672,0.764,因此达里诺尔湖水水质都属于 V 类水,但进水平均值的综合评价隶属度矩阵显示,进水也属于 V 类水,但进水水质比湖泊内水质好。根据实际情况分析,达里诺尔湖水水质污染比较严重,内蒙古自治区环境状况公报也显示,达里诺尔湖水水质均为 V 类或劣 V 类水质。因此,评价结果符合实际情况。其评价方法充分利用监测数据,评价结果具有较高的精确性,说明模糊综合评价法评价的合理性和可靠性,在达里诺尔湖水水质评价中应用的效果较好。

## 参考文献

- [1] 朱庆峰,廖秀丽,陈新庚,等.用灰色聚类法对荔湾湖水水质富营养化程度的评价[J].中国环境监测,2002,20(2):47-50
- [2] 周林飞,谢立群,周林林,等.灰色聚类法在湿地水体富营养化评价中的应用[J].沈阳农业大学学报,2005,36(5):594-598
- [3] 沈时兴,王国明,张辉,等.模糊综合指数法评价巢湖原水水质及其应用研究[J].嘉兴学院学报,2004,16(6):70-72
- [4] 宋岩,董金梅,曲玲,等.山东省水环境里模糊综合评价与防治措施[J].山东农业大学(自然科学版),2006,37(3):436-440
- [5] 徐微,吕锡武,余亚琴.巢湖水体富营养化主要驱动因子的模糊数学评价[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2007,23(4):651-654
- [6] 刘华祥,李永华.东湖富营养化的模糊评价研究[J].水资源保护,2006,22(3):28-29
- [7] 孙文章,曹升乐.东昌湖水质评价分析[J].山东大学学报(工学版),2007,37(6):95-97
- [8] 徐晓毅,孙世群.湖泊富营养化评价中的评价方法与因子关系的分析研究[J].安徽农业科学,2007,35(36):11993-11994,12081
- [9] 陈晓宏,江涛,陈俊和.水环境评价与规划[M].广州:中山大学出版社,2001
- [10] 李祚泳,丁晶,彭荔红.环境质量评价原理与方法[M].北京:化学工业出版社,2004
- [11] 韩芳,李兴华,高拉云.内蒙古达里诺尔湖泊湿地动态的遥感监测[J].内蒙古农业大学学报,2007,28(1):74-78
- [12] 宝日娜,杨泽龙,刘启,等.达里诺尔湿地的小气候特征[J].中国农业气象,2006,27(3):171-174
- [13] 赵丽因.达里诺尔自然保护区资源状况与环境问题分析[J].西部大开发,2000,(11):52-53
- [14] 赵丽因,陈子红,韩力峰.达里诺尔湿地水化学特征与发展态势[J].内蒙古环境保护,2000,12(4):27-28
- [15] 韩一平.达里湖渔业资源现状调查分析[J].内蒙古水利,2007,(1):45-46

# The water quality evaluation of the Dalinuoer Lake based on fuzzy comprehensive evaluation method

Zhang Sheng, Li Changyou, Liang Xizhen, Shi Xiaohong

(School of Water Resource and Civil Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China)

[**Abstract**] The fuzzy comprehensive evaluation method was employed to assess the status of current water quality in the Dalinuoer Lake, Inner Mongolia. Based on the monitoring water quality data sampled and analyzed in 2008, the evaluation factors and the weights of each factor were selected. Then the subordinated function and its corresponding fuzzy matrix for the factors were worked out. The results indicate that the fuzzy comprehensive evaluation method can be used to assess the status of water quality in the Dalinuoer Lake because it could represent the actual water quality situation of the Dalinuoer Lake.

[**Key words**] fuzzymath; water quality assessment; the Dalinuoer Lake

---

(上接 27 页)

# Comparative study on contamination characteristics of urban landscape waters — Shichaqianhai and Rome Lake

Nian Yuegang<sup>1</sup>, Yan Haihong<sup>1</sup>, Song Yingwei<sup>2</sup>, Yin Qin<sup>1</sup>, Xue Mei<sup>1</sup>

(1. Research Center for Water Pollution Control, Chinese Research Academy of Environmental Science, Beijing 100012, China; 2. Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037, China)

[**Abstract**] Through investigation and monitoring to urban landscape waters — Shichaqianhai and Roma Lake, water quality and habitat traits of typical landscape waters in Beijing were analyzed. The differences of transparency in two lakes were discussed. The results show that, transparency of Shichaqianhai arrives at 70 cm, and that of Roma Lake is 27 cm, which is because of different phosphorous concentration in two landscape waters. Therefore, phosphorous concentration is a key factor to keep aquatic ecosystem health in urban landscape waters.

[**Key words**] urban landscape waters; Shichaqianhai; Rome Lake; contamination characteristics