

东湖富营养化的模糊评价研究

刘华祥 李永华

(中山市环境科学学会 , 广东 中山 528447)

摘要 采用模糊评价模型对湖北省武汉市东湖 10 个湖区的富营养化水平进行评价 , 评价对象与标准对象的相似程度采取海明距离进行处理。计算可知 , 东湖占 42.6% 面积的区域属中等营养水平 , 5.8% 面积的区域为富营养化水平。评价结果表明 , 东湖 10 个湖区中有 2 个湖区是富营养化水平 , 4 个是中等营养化水平。
关键词 富营养化 ; 模糊评价 ; 湖泊 ; 水污染
中图分类号 X52 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2006)03-0028-02

Fuzzy assessment of eutrophication in Donghu Lake

LIU Hua-xiang , LI Yong-hua

(Zhongshan Environmental Science Society , Zhongshan 528447 , China)

Abstract Fuzzy assessment model is used to assess eutrophic state of ten lake areas in Donghu Lake of Wuhan City. The resemblance between the object and the criterion is denoted by Hamming distance. Results show that mesotrophic water constitutes 42.6% of total water area , and the area of eutrophication is 5.8% , including Miaohu Lake and Shuiguohu Lake. It indicates that two of the ten lake areas are in a state of eutrophication , while four of them are in mesotrophic status.

Key words eutrophication ; fuzzy assessment ; lake ; water pollution

近十多年来 , 人们研究将模糊数学应用于多目标综合评价之中 , 以解决评价问题中存在的模糊性 , 特别是对于定性信息较多的问题。模糊综合评判是其中的一种重要方法 , 它首先建立问题的目标集和评定集 , 分别确定它们的隶属度向量 , 然后在各个单目标评判的基础上 , 通过模糊映射得出多目标综合评价结果^[1-2]。

1 模型方法

本文将模糊评价模型用于评价湖泊富营养化的程度。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

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

若有 t 个评价标准 , 则有 $t \times m$ 阶矩阵

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

如设 S_{1i} 、 S_{hi} 和 S_{ti} 分别为第 i 个评价标准的 1、 h 和 t 级标准值 , 则用线性内插公式 :

$$\left. \begin{aligned} &\text{当 } C_{ji} \geq S_{ti} \text{ 时 } f_{ji} = 1 ; \\ &\text{当 } C_{ji} \leq S_{1i} \text{ 时 } f_{ji} = 0 \\ &\text{当 } S_{ti} > C_{ji} > S_{1i} \text{ 时 } f_{ji} = \frac{C_{ji} - S_{1i}}{S_{ti} - S_{1i}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

将矩阵 (1) 转化为

$$F_{n \times m} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1m} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \cdots & f_{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

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

e_{ih} = \frac{S_{hi} - S_{1i}}{S_{ti} - S_{1i}} \tag{5}

将矩阵(2)转化为

E_{t \times m} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \cdots & e_{1m} \\ e_{21} & e_{22} & \cdots & e_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{t1} & e_{t2} & \cdots & e_{tm} \end{bmatrix} \tag{6}

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之间的海明距离为

D(A,B) = \sum_{i=1}^m |\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)| \tag{7}

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[3]为

D_w(A,B) = \sum_{i=1}^m |\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)| w_i \tag{8}

实测值隶属矩阵(4)与标准值隶属度函数(6)之间的海明矩阵为

D(F,E) = \sum_{i=1}^m |f_{ih} - e_{ih}| \tag{9}

所求出t个海明矩阵中,其中最小的为两者之间最相似。

2 模型应用

东湖位于武汉市武昌东北部,是长江中下游一个浅水型内陆湖泊[4]。东湖由10个湖组成,由于各湖所处地理位置的不同、湖边开发程度的差异、人口分布的不均衡等因素,10个湖水体富营养化程度有很大的不同,并且同一湖内富营养化程度也存在一定差异。所以有必要对10个湖分别作出评价。

运用模糊评价法对东湖的10个湖区进行评价,评价指标为\rho(chl a)(\mu g \cdot L^{-1}),\rho(TP)(mg \cdot L^{-1}),\rho(COD_{Mn})(mg \cdot L^{-1}),\rho(BOD)(mg \cdot L^{-1}),\rho(NH_3-N)(mg \cdot L^{-1}),监测数据构成的矩阵:

C = \begin{bmatrix} 50.23 & 0.22 & 7.94 & 8.47 & 1.84 \\ 28.16 & 0.08 & 5.67 & 6.03 & 0.50 \\ 8.19 & 0.049 & 3.49 & 2.74 & 0.31 \\ 42.47 & 0.52 & 9.75 & 12.49 & 5.63 \\ 12.07 & 0.05 & 5.15 & 2.36 & 0.67 \\ 18.57 & 0.13 & 5.43 & 4.98 & 0.49 \\ 5.26 & 0.068 & 5.35 & 2.20 & 0.34 \\ 12.46 & 0.06 & 5.37 & 2.84 & 0.33 \\ 83.86 & 0.54 & 11.08 & 12.55 & 6.29 \\ 59.61 & 0.17 & 11.30 & 8.42 & 3.30 \end{bmatrix} \tag{10}

目前国内尚无统一的富营养化评价标准,根据

文献[4]修正的营养状态指数,参照国内部分湖泊、水库评价标准,制订东湖水体富营养化评价标准,湖泊富营养化评价分5个营养等级,即极贫、贫、中、富、极富,各级评价标准构成的矩阵:

S = \begin{bmatrix} 0.64 & 0.01 & 2.04 & 0.96 & 0.035 \\ 3.98 & 0.035 & 4.32 & 2.08 & 0.102 \\ 25.12 & 0.12 & 9.15 & 4.51 & 0.342 \\ 158.12 & 0.413 & 19.4 & 9.78 & 1.15 \\ 1000 & 1.415 & 41.14 & 21.25 & 3.860 \end{bmatrix} \tag{11}

由式(6)得

E = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.003 & 0.018 & 0.058 & 0.055 & 0.02 \\ 0.024 & 0.078 & 0.182 & 0.175 & 0.08 \\ 0.158 & 0.287 & 0.444 & 0.435 & 0.29 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \tag{12}

矩阵(10)由式(3)得

F = \begin{bmatrix} 0.050 & 0.149 & 0.151 & 0.370 & 0.472 \\ 0.028 & 0.050 & 0.093 & 0.250 & 0.122 \\ 0.008 & 0.028 & 0.037 & 0.088 & 0.072 \\ 0.042 & 0.363 & 0.197 & 0.568 & 1.000 \\ 0.011 & 0.028 & 0.080 & 0.069 & 0.166 \\ 0.018 & 0.085 & 0.087 & 0.198 & 0.119 \\ 0.005 & 0.041 & 0.085 & 0.061 & 0.080 \\ 0.012 & 0.036 & 0.085 & 0.093 & 0.077 \\ 0.083 & 0.377 & 0.231 & 0.571 & 1.000 \\ 0.059 & 0.114 & 0.237 & 0.368 & 0.854 \end{bmatrix} \tag{13}

由式(9)计算矩阵(12)和(13)的海明距离见表1。

表1 10个湖区营养水平与各营养等级之间的海明距离

湖区	极贫	贫	中	富	极富
郭郑湖(水)	1.192	1.038	0.715	0.786	3.808
郭郑湖(磨)	0.542	0.388	0.237	1.072	4.458
汤菱湖	0.232	0.120	0.307	1.382	4.768
庙湖	2.633	2.479	2.094	1.745	3.292
后湖	0.354	0.200	0.357	1.260	4.646
霄箕湖	0.507	0.353	0.171	1.107	4.493
小潭湖	0.271	0.117	0.268	1.343	4.729
牛巢湖	0.302	0.148	0.237	1.312	4.698
水果湖	2.898	2.744	2.359	1.859	3.372
喻家湖	1.631	1.477	1.092	1.110	3.369

3 结果讨论

从表1可以看出,东湖10个湖区与标准值之间的最小海明距离分别为0.715、0.237、0.120、1.745、0.200、0.171、0.117、0.148、1.859、1.092。从而可以看出,庙湖、水果湖为富营养化,郭郑湖(水)、郭郑湖(磨)、霄箕湖、喻家湖都处于中等营养水平,汤菱湖、后湖、小潭湖、牛巢湖为贫营养化水平。

计算可知,东湖占42.6%面积的区域属中等营养水平,5.8%面积的区域为富营养化水平。总体上看,东湖是属于中等营养水平的湖泊。

(下转第46页)

水污染防治法、水土保持法、建设项目水资源论证管理办法等,但还没有涉及生态环境水权相关方面的内容。这使生态水、生活水和生产水发生矛盾,产生冲突,使野生动植物、生物栖息地、景观建设需水就得不到有力保障,使生物多样性受损、生态环境遭受破坏。面对当前的生态环境状况,为缓解其恶化,相关法律法规的研究已变得迫不及待。

参考文献：

[1] GLEIK P H. Water in crisis :paths to sustainable water use[J]. Ecological Application ,1998 ,8(3) 571-579.

[2] FALKENMARK M. Coping with water scarcity under rapid population growth[M]. Pretoria :Conference of SADC Minsters , 1995 23-24.

[3] RASHIN P D ,HANSEN E ,MARGOLIS R M. Water and Sustainability :global patterns and long-range problems[J]. Natural Researches Forum. 1996 20(1) :1-15.

[4] 贺东辰,刘维义.柴达木盆地水资源开发潜力分析[J]. 西北水资源与水工程 ,1998 ,9(2) 53-57.

[5] 王让会,宋郁东,樊自立.塔里木流域“四源一干”生态需水量的估算[J].水土保持学报,2001(3) :19-22.

[6] 贾保全,许英勤.干旱区生态用水的概念和分类[J].干旱区地理,1998 ,21(2) 8-12.

[7] 贾保全,慈龙俊.新疆生态用水量的初步估算[J].生态学报,2000 ,20(2) 243-250.

[8] 邓红星,刘昌明,丰华丽.生态需水的理论内涵探讨[J].水科学进展,2004 ,15(5) 626-633.

[9] 李丽娟,邓红星.海滦河流域河流系统生态环境需水量计算[J].地理学报,2000(7) 495-500.

[10] 王西琴,刘昌明.河道最小环境需水量确定方法及其应用研究[J].环境科学学报,2001 ,21(5) 543-552.

[11] 石伟,王光谦.黄河下游生态需水量及其估算[J].地理学报,2000(9) 595-602.

[12] 倪晋仁,金玲,赵业安.黄河下游河流最小生态环境需水量初步研究[J].水利学报,2000(10) :1-7.

[13] 卞戈亚.南方地区河流系统生态需水量系统组成分析[J].水利与建筑工程学报,2000(12) :18-21.

[14] 卞戈亚,周明耀,朱春光.南方丘陵地区河流系统生态需水量的计算[J].扬州大学学报 :自然科学版,2004 (5) :74-78.

[15] 王根绪.干旱内陆流域生态需水量及其估算[J].中国沙漠,2000(6) :129-131.

[16] 刘小勇.黄河下游河道输沙用水量研究[J].应用基础与工程科学学报,2000(9) 253-262.

[17] 姜德娟,王会肖,李丽娟.生态环境需水量分类及计算方法综述[J].地理科学进展,2000(7) 369-378.

[18] 许新宜,杨志峰.试论生态环境需水量[J].中国水利,2000(3A) :12-15.

[19] 严登华,何岩,邓伟.东辽河流域坡面系统生态需水研究[J].地理学报,2000(11) 685-692.

[20] 张远,杨志峰.黄淮海地区林地最小生态需水量研究[J].水土保持学报,2000(6) :72-75.

[21] 崔树彬.关于生态环境需水量若干问题的探讨[J].中国水利,2001(8) :71-75.

[22] 丰华丽,王超,李剑超.干旱区流域生态需水量估算原则分析[J].环境科学与技术,2000(1) 31-33.

[23] 张远,杨志峰.林地生态需水量计算方法与应用[J].应用生态学报,2000(12) :1566-1570.

[24] 马艳霞,许武德.关于生态环境需水量的探讨[J].东北水利水电,2000(10) 50-52.

[25] 沈文君,沈佐锐,王小艺.生态系统健康理论与评价方法探析[J].中国农业学报,2000(1) :159-161.

[26] 张宏锋,利卫红,陈亚鹏.生态系统健康评价研究方法进展[J].干旱区研究,2000(12) 330-335.

[27] 黄子琛.荒漠植物的水分关系与抗旱性[J].甘肃林业科技,1992 ,14(2) :1-7.

(收稿日期 2004-11-07 编辑 舒建)

(上接第 29 页)

参考文献：

[1] YAGER R R. Fuzzysets ,probabilities and decision[J]. Journal of Cybematics ,1980(10) :1-18.

[2] 贺仲雄.模糊数学及其应用[M].天津 :天津科学技术出版社,1983 :190-215.

[3] KACPRZYK J. Multistage fuzzy control :a model-based approach to fuzzy control and decision making[M]. Wiley :Chichester , 1997.

[4] 金相灿,屠清瑛.湖泊富营养化调查规范[M].北京 :中国环境科学出版社,1990 286-302.

(收稿日期 2004-10-16 编辑 舒建)

(上接第 35 页)

[4] 白清俊.流域土壤侵蚀预报模型的回顾与展望[J].人民黄河,1999 ,21(4) :18-21.

[5] WILLAMS J R. Sediment-yield prediction with universal equation , using runoff energy factor [C]//Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources. Washington :USDA ,ARS-S-40 ,1975 244-252.

[6] 高蕴珏,许有朋.SCS 遥感水文模型在曹娥江流域应用研究[J].南京大学学报 :自然科学,1992 ,28(1) :150-159.

[7] 田家怡,高奎江,龚洪云,等.小清河流域暴雨与渤海莱州湾近海突发性污染风险评价的研究[J].海洋环境科学,1993 ,13(3) 59-68.

[8] 赵章元,孔令辉.渤海海域环境现状及保护对策[J].环境科学研究,2000 ,13(2) 23-27.

[9] 单志欣,郑振虎.渤海莱州湾的富营养化及其研究[J].海洋湖沼通报,2000(2) 41-46.

[10] KIRKBY M J,MORGAN R P C.土壤侵蚀[M].王礼先,吴斌,洪惜英,译.北京 :水利水电出版社,1985.

(收稿日期 2004-11-09 编辑 舒建)