

利用模糊数学模型评价南宁市南湖水质现状

The Evaluation of the Quality of the Water in South Lake of Nanning with Fuzzy Mathematical Model黄 鹄 陆赤峰
Huang Hu Lu Chifeng(广西师范学院 南宁 530001)
(Guangxi Teachers College, Nanning, 530001)

摘要 运用模糊数学模型对南湖水污染源及水质监测资料进行分析, 筛选出主要污染因子, 根据主要污染因子, 对水质现状进行评价。评价结果表明: 南湖水质只达到 GB3838-88 V 级, 对渔业、娱乐以及环境已带来不良的影响。

关键词 水质 现状评价 污染物

中图法分类号 X 824 O 159

Abstract The polluted water sources of the South Lake and the material of monitored water quality have been analysed in this paper. The main polluted factors were sorted out, and fuzzy mathematical model was used to evaluate the water quality. The result released the water quality of the South Lake just came up to degree V of national standard GB3838-88, and resulted in unhealthy effect on fishery, entertainment and environment.

Key words water quality, evaluation, polluted matter

常见的水质现状评价的模型有迭加型指数、加权均值型指数、均值型指数、W 值水质评价法、R. M. Brown 水质指数、S. L. Ross 水质标准法等^[1], 使用这些模型进行水质评价的共同之处是: 根据求得的水环境质量指数及其对应的水体生态效应, 并参照水污染生物学评价的结果, 人为划分水污染等级, 给定量的数字以定性的解释, 判断污染的程度。但不足之处是每种方法的通用性不强。另外, 环境质量评价中“污染程度”的界线是模糊的概念, 具有界线不清或隶属关系不明确特性, 人为地用特定的等级标准去评价污染程度是不够准确的。模糊综合评价法是用隶属函数描述水质分级界线、计算权重、进行模糊矩阵复合运算, 取隶属度最大者所对应的水质级数 (按国家地表水标准 GB3838-88), 作为评价水体的水质级数。它具有通用性强、可以容纳众多环境信息、评价结果较客观等优点。因此, 试图利用模糊数学模

型来综合评价南宁市南湖的水质现状。

1 南湖水环境概况

南湖位于南宁市的东南部,原是邕江旧河道遗址的荒芜低洼地,唐景云年间筑堤蓄水成湖。南湖宽 300 m~ 360 m,长约 4 km,总面积达 93.3 hm²,平均水深 2 m,容积约为 230 万 m³。湖区共有大小排污口 24 个,每天接纳 4.2 万吨~ 4.5 万吨生活污水。

2 南湖水质现状评价

2.1 评价的标准

根据环境保护条例,南湖水质必须满足下列要求:

(1) 符合国家地面水三级水质标准; (2) 可以养鱼; (3) 适用于人体非接触的娱乐用水。为此,选择地面水环境质量标准 (BG3838- 88) 作为南湖水质评价标准。

2.2 数据来源及评价因子的选择

(1) 监测项目及分析数据来源: 采用南宁市环境监测站 1996 年 4 月至 6 月对南湖水质 BOD₅、DQ、NH₃-N 等 2 项因子的监测及分析结果 (表 1);

表 1 南湖水质监测数据*

测点	pH 值	COD _{Cr}	BOD ₅	DO	NH ₃ -N	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	氯化物	挥发酚	Hg (μg/L)	As	Cr ⁶⁺	Mn	Zn	Cd	油	CN ⁻	总 P (TP)	叶绿素 a (Chla) (mg/m ³)	COD _{Mn}	透明度 SD (m)
1	8.54	△	23	2.6	1.393	0.014	0.03	31.5	△	△	△	△	0.10	0.030	△	△	△	0.318	177.08	19.5	0.30
2	8.70	△	37	4.5	1.406	0.022	0.04	32.0	△	△	△	△	0.18	0.336	△	△	△	0.356	306.96	12.8	0.30
3	8.29	△	27	3.6	1.496	0.014	0.04	30.0	△	0.25	△	△	0.11	0.036	△	0.8	0.004	0.284	137.30	23.2	0.30
4	7.68	△	40	○	1.657	0.014	0.02	29.0	△	△	△	△	0.12	0.098	△	△	△	0.399	92.59	11.9	0.30
5	8.21	△	23	4.4	1.456	0.078	0.05	36.5	△	△	0.008	△	0.15	0.030	△	△	△	0.401	273.89	15.4	0.30
6	8.38	△	20	5.7	1.496	0.046	0.05	36.5	△	△	△	△	0.12	0.035	△	△	△	0.358	134.18	16.9	0.25
7	8.43	△	32	6.9	1.522	0.178	0.16	36.5	△	△	△	△	0.16	0.034	△	△	△	0.361	308.25	19.5	0.25
8	8.24	△	35	5.6	1.350	0.249	0.22	35.0	△	0.30	△	△	0.10	0.045	△	△	0.004	0.324	217.64	19.5	0.25
9	8.33	94	40	8.3	1.360	0.264	0.28	35.5	△	△	△	△	0.10	0.042	△	△	△	0.322	83.75	19.5	0.25
10	7.65	122	67	0.8	2.044	0.199	0.06	32.5	0.018	0.25	△	△	0.12	0.124	△	5.4	0.012	0.359	-	26.5	-
11	7.62	221	146	2.5	2.569	0.131	0.05	49.5	0.019	0.25	△	△	0.18	0.084	△	9.6	△	0.408	-	32.0	-
12	7.34	85	44	○	2.018	0.019	0.04	26.0	0.015	△	△	△	0.10	0.064	△	2.9	△	0.980	-	16.0	-
13	7.59	122	28	0.7	2.056	0.153	0.15	27.0	0.013	△	△	△	0.15	0.048	△	1.2	△	0.572	-	15.0	-
14	7.79	122	18	3.9	1.954	0.020	0.03	34.0	0.012	0.25	△	△	0.13	0.061	△	0.5	△	0.876	-	36.0	-
15	7.67	113	67	0.5	1.710	0.235	0.06	34.5	0.240	△	△	△	0.10	0.176	△	6.7	0.006	0.686	-	12.8	-
平均值	8.03	58.6	43.13	3.3	1.700	0.106	0.09	33.7	0.021	0.26	0.008	0	0.13	0.083	0	1.8	0.017	0.470	192.40	20.0	0.28

* 没注明单位的一律为 mg/L; △为测不出的数据; ○为失控数据; -为没有监测,因为在大排污口底,测 Chla SD 无意义。

(2) 评价因子的选择: 评价因子的选择主要是根据污染物对环境的贡献率,对人群影响大小来决定的。一般尽可能地把毒性大以及对人群影响大的污染物作为评价因子,以污染物的分担率决定其对环境的贡献率较为合理,其计算公式为: $N_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$ 式中: $P_i = \frac{C_i}{S_i}$

因为溶解氧的监测值愈小,相应的环境状况愈差,故它的分担率应按公式 $P_i = \frac{S_i}{C}$ 计算:

N_i 、 P_i 、 G_i 、 S_i 分别为 i 污染物的贡献率、分担率、实测浓度, i 污染物地面水环境质量 三级标准 (GB3838-88)

将南湖监测数据的平均值代入两式中, 得各污染物对环境的贡献率 (表 2)

对南湖存在的 BOD₅、COD_{Cr}、DO 等 20 余种污染物质进行初步筛选, 其中 Chla、SD 因为无标准没进行计算。18 种污染物的贡献率的计算结果见表 2 因为 COD_{Cr}、COD_{Mn} 均是反映水体中有机污染物的同类指标, 故选择评价因子时, 选择较有代表性的 COD_{Mn} 作为评价因子。

2.3 评价的方法与结果

为了较客观地对南湖水质状况作出综合评价, 采用模糊综合评价法进行评价。

2.3.1 建立因子集 根据南湖污染物筛选的结果, 确定水质影响的因素共 11 项, 即因子集为

$$U = \{ \text{COD}_{Mn}, \text{油}, \text{BOD}_5, \text{TP}, \text{挥发酚}, \text{DO}, \text{NH}_3\text{-N}, \text{Mn}, \text{Hg}, \text{Zn}, \text{NO}_2\text{-N} \}$$

2.3.2 建立评价级 根据地面水质标准 GB3838-88, 确定评价集: $K = \{ \text{I}, \text{II}, \text{III}, \text{IV}, \text{V} \}$

2.3.3 建立隶属函数 水质污染程度是一个模糊概念, 水质分级标准也是模糊的, 用隶属度刻划分级界线较为合理。假定环境质量标准划分为 V 级, 如果浓度低于 I 级标准, 则它对于 I 级标准的隶属度就是 1, 对其它级别隶属度为 0, 同样如果污染物的浓度较第 V 级标准高, 那么, 它对第 V 级的隶属度为 1, 对其余的为 0

对参数实测浓度 C_{ij} , 拟出半梯形式的隶属函数

对 I 级水质标准:

$$\mu_{i1}(j) = \begin{cases} 1 & C_{ij} \leq S_{i1} \\ \frac{S_{i2} - C_{ij}}{S_{i2} - S_{i1}} & S_{i1} < C_{ij} < S_{i2} \\ 0 & C_{ij} \geq S_{i2} \end{cases}$$

对 II 级水质标准:

$$\mu_{i2}(j) = \begin{cases} \frac{C_{ij} - S_{i1}}{S_{i2} - S_{i1}} & S_{i1} < C_{ij} \leq S_{i2} \\ \frac{S_{i3} - C_{ij}}{S_{i3} - S_{i2}} & S_{i2} < C_{ij} < S_{i3} \\ 0 & C_{ij} \geq S_{i3}, C_{ij} \leq S_{i1} \end{cases}$$

对 III 级水质标准:

$$\mu_{i3}(j) = \begin{cases} \frac{C_{ij} - S_{i2}}{S_{i3} - S_{i2}} & S_{i2} < C_{ij} \leq S_{i3} \\ \frac{S_{i4} - C_{ij}}{S_{i4} - S_{i3}} & S_{i3} < C_{ij} < S_{i4} \\ 0 & C_{ij} \geq S_{i4}, C_{ij} \leq S_{i2} \end{cases}$$

对 IV 级水质标准:

$$\mu_{i4}(j) = \begin{cases} \frac{C_{ij} - S_{i3}}{S_{i4} - S_{i3}} & S_{i3} < C_{ij} \leq S_{i4} \\ \frac{S_{i5} - C_{ij}}{S_{i5} - S_{i4}} & S_{i4} < C_{ij} < S_{i5} \\ 0 & C_{ij} \geq S_{i5}, C_{ij} \leq S_{i3} \end{cases}$$

对 V 级水质标准:

$$\mu_{i5}(j) = \begin{cases} 0 & C_{ij} \leq S_{i5} \\ \frac{C_{ij} - S_{i5}}{S_{i5} - S_{i4}} & S_{i4} < C_{ij} \leq S_{i5} \\ 1 & C_{ij} > S_{i5} \end{cases}$$

式中: $i = 1, 2, 3, \dots, 11$

$j = i = 1, 2, 3, 4, 5$

C_{ij} 为 i 污染物的实测浓度, S_{i3} 、 S_{i2} 、 S_{i5} 为 i 污染物各等级标准。

表 2 南湖各污染物的贡献率

污染物名称	P_i	N_i (%)
油	36.0	47.5
BOD ₅	10.78	14.2
总 P (TP)	9.4	12.4
挥发酚	4.20	5.5
COD _{Cr}	3.90	5.1
COD _{Mn}	3.33	4.4
DO	1.81	2.4
NH ₃ -N	1.71	2.2
Mn	1.30	1.7
Hg ($\mu\text{g/L}$)	0.90	1.2
Zn	0.83	1.1
NO ₂ -N	0.71	0.94
NO ₃ -N	0.45	0.59
CN ⁻	0.34	0.45
氯化物	0.14	0.18
As	0.01	0.01
Cr ⁶⁺	0	0
Cd	0	0
合计	75.81	99.87

由 GB3838-88 分级标准值, 参考以上隶属函数, 可写出 COD_{Mn} 、油、 BOD_5 等各污染物的隶属函数

2.3.4 多项污染参数隶属度模糊矩阵 \underline{R} 的建立 已知参加评价的污染参数共 11 个, 各项参数的污染等级定为 5 级, 将各项参数监测数据平均值分别代入它们对应的 5 个级别的隶属函数, 求出相应的隶属度, 共可列出 11 个单项参数隶属度矩阵。

将上述 11 个单项参数矩阵组合成一个 1×5 矩阵, 这就是所需的多项参数模糊综合评价隶属度矩阵 \underline{R}

$$\underline{R} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & R_{14} & R_{15} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & R_{24} & R_{25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{111} & R_{112} & R_{113} & R_{114} & R_{115} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.88 & 0.12 \\ 0 & 0 & 0.15 & 0.85 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3 & 0.7 & 1 \\ 0 & 0 & 0.925 & 0.075 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.8 & 0 & 0 \\ 0 & 0.85 & 0.15 & 0 & 0 \\ 0 & 0.88 & 0.12 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2.3.5 建立权重集 由于各污染物对水质影响程度不同, 因此, 对它们应赋予不同的权重 A_{io} , 确定权重有多种方法, 以污染物的超标情况决定权重较为合理, 其计算式为 $A_{io} = \frac{C_i}{\bar{S}_i}$

对 DO (溶解氧), 因为监测值愈大质量愈好, 故它的权重应按以下公式计算为 $A_{io} = \frac{1}{C_i / \bar{S}_i}$, 式中 $\bar{S}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_{ij}$

A_{io} 、 C_i 、 \bar{S}_i 分别为第 i 种污染物的权重, 浓度实测值和多级浓度标准平均值, S_{ij} 为第 i 种污染物第 j 级标准值, n 为分级别数。

为了进行模糊复合计算, 污染参数评价权重必须归一化, 公式为

$$A_i = \frac{A_{io}}{\sum_{i=1}^m A_{io}}, \quad m \text{ 为参数总数}$$

根据监测数据的平均值, 求得权重表

参数	COD_{Mn}	油	BOD_5	TP	挥发酶	DO	NH_3-N	Mn	Hg	Zn	NO_2-N
\bar{S}_i	6	0.33	5	0.1	0.024	4.80	1.20	0.35	0.00044	0.85	0.462
A_{io}	3.33	5.45	8.6	4.7	0.87	1.46	1.42	0.37	0.20	0.10	0.23
A_i	0.124	0.204	0.322	0.176	0.032	0.055	0.053	0.014	0.007	0.004	0.009

将所得到的 11 个归一化权重依次列成一个 1×11 矩阵, 即所谓模糊评价权向量 \underline{A}

$$\underline{A} = (0.124 \ 0.204 \ 0.322 \ 0.176 \ 0.032 \ 0.055 \ 0.053 \ 0.014 \ 0.007 \ 0.004 \ 0.009)$$

进行 $\underline{B} = \underline{A} \circ \underline{R}$ 的模糊矩阵运算, 即得出评价结果:

$$\underline{B} = (0 \ 0.01 \ 0.04 \ 0.11 \ 0.83)$$

(下转第 45 页)

者普遍心理不健康,都有典型的焦虑、外向、情绪困扰、从众、自律性差、独立性差的特点。

吸毒者不同群体存在差异。男性比女性更焦虑、更怯懦,女性比男性更外向、更感情用事;他们的心理健康水平随文化程度降低而降低,焦虑程度随文化程度提高而下降;19岁以下吸毒者心理最不健康,25岁以下者比26岁以上者更焦虑、更外向、更感情用事,26岁以上者比26岁以下者更犹柔寡断、更世故圆滑。

吸毒者值得注意的社会特点:待业者和个体经营者占吸毒者的绝大多数;初中以下文化程度的吸毒者占绝大多数;男性吸毒者占绝大多数,女性约占五分之一;19岁以下的青少年占吸毒者的十分之一强;1996年以来在一年半内新吸毒者几乎占5年吸毒者总数的一半。

致谢

本测验在南宁市福利医院伍业光副院长、戒毒病房主任陆福超、医师廖增水和护士长蒋玉英协助下完成。南宁市永新区、新城、江南区、城北区公安分局领导及4城区戒毒所全体干警亦协助测验,特此致谢。

参考文献

- 1 景跃军等.吉林大学学生卡特尔心理测验结果分析.人口学刊,1996

(上接第38页)

对南湖水质的模糊评价结果 B 只是 K 的模糊子集,矩阵 B 中各元素是对应于集合 K 上的各项的隶属度,即对 I 级水的隶属度为 0,对 II 级水的隶属度为 0.01,对 III 级水的隶属度为 0.04,对 IV 级水的隶属度为 0.11,对 V 级水的隶属度为 0.83,故可判定南湖水质属于地面水 V 级。南湖水污染已十分严重,对渔业、娱乐和环境造成不良影响,必须采取切实可行的措施加以治理。

参考文献

- 1 刘培桐,王华东,薛纪渝.环境学概论.北京:高等教育出版社,1992.
- 2 贺仲雄.模糊数学及应用.天津:天津科学技术出版社,1992.
- 3 阎骏,王毓钟.水体质量评价与富营养化评价中的模糊数学方法.系统工程理论与实践,1994,(4).
- 4 舒金华.我国湖泊富营养化程度评价方法.环境污染与防治,1990,(5).