

Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation Method Based on Entropy Weight to Water Quality Evaluation in Yangshapao Reservoir

Yanchun Zhou^{1,2} Liqun Li^{1,2} Xin Liu^{1,2}

1. Changchun Institute of Engineering, Changchun, Jilin, 130012, China

2. Jilin Province Water Engineering Safety and Disaster Prevention Engineering Laboratory, Changchun, Jilin, 130012, China

Abstract

Water quality evaluation is an important means of understanding the water environment of rivers and lakes. Overcome the efficiencies of traditional methods in weight determination, entropy method was adopted in this study to calculate index weight. The water quality of Yangshapao Reservoir is evaluated using a 6-level membership function coupled fuzzy comprehensive evaluation method. The evaluation results can provide necessary support for decision-makers. Fuzzy comprehensive evaluation based on entropy weight can broaden the evaluation scope of traditional fuzzy comprehensive evaluation. Moreover, the main pollution factors can be determined based on entropy values, and the evaluation results are reasonable and reliable.

Keywords

water quality assessment; fuzzy comprehensive evaluation; entropy weight; Yangshapao reservoir

基于熵权的模糊综合评价法在洋沙泡水库水质评价中的应用

周艳春^{1,2} 李立群^{1,2} 刘鑫^{1,2}

1. 长春工程学院, 中国·吉林 长春 130012

2. 吉林省水工程安全与灾害防治工程实验室, 中国·吉林 长春 130012

摘 要

水质评价是了解河湖环境状况的重要手段, 针对传统模糊综合评价的不足, 论文采用熵值法确定水质评价指标的权重, 采用6级隶属度函数耦合模糊综合评价法对洋沙泡水库水质进行评价, 并对各检测点的水质等级进行评定。评价结果可以为决策者提供必要的数据支撑, 基于熵权的模糊综合评价能够拓宽传统模糊综合评价的评价范围, 而且根据熵值可以确定主要污染因子, 评价结果合理可靠。

关键词

水质评价; 模糊综合评价; 熵权; 洋沙泡水库

1 研究背景

洋沙泡水库位于吉林省松嫩平原西部白城市镇赉县东屏镇境内, 曾是镇赉县重要渔业生产基地。由于气候和水源的因素, 洋沙泡曾几度干涸, 湖泊生态环境也遭到严重破坏。镇赉县政府自 20 世纪 70 年代以来组织过 3 次引水工程补给洋沙泡水库, 均收效很小。白城市于 2005 年启动“引嫩入白”工程, 2011 年“引嫩入白”工程全线通水, 2012 年吉

林省政府开始启动西部河湖连通工程, 洋沙泡作为工程枢纽之一, 其“生态补水, 农业灌溉, 城市供水, 人畜引水”功能基本实现。洋沙泡水库作为吉林省西部河湖连通工程的一部分, 承担向白城市镇赉县供水和灌溉的任务, 与周边居民的生产生活关系密切, 水质问题关系民生, 对洋沙泡水库的水质进行监测和现状评价, 为以后洋沙泡水库的取水调水提供相关依据。

目前, 常用的水质评价方法包括: 单因子评价法^[1]、综合指数评价法^[1,2]、模糊综合评价法^[3]及可变模糊法^[4]等, 其中, 单因子评价法用水质最差的单项指标所属类别来定义水体水质类别, 容易产生“过保护”的片面评价^[5], 而且水环境本身是复杂的动态系统, 由于水质评价指标的随机性和模糊性, 其污染程度是一个模糊的概念, 模糊综合评价法应用较为广泛, 其关键在于确定各评价指标的权重, 论文采用

【基金项目】吉林省教育厅“十三五”科学技术项目《吉林西部洋沙泡水库水生态环境保护与修复研究》(项目编号: JJKH20191266KJ)。

【作者简介】周艳春(1984-), 女, 中国山东泰安人, 博士, 讲师, 从事水环境评价研究。

熵权法确定评价指标权重，综合考虑多个指标的影响，减少了单一指标评价的主观性和不确定性，提高评价结果的准确性和可信度。

2 评价方法

GB3838—2002《地表水环境质量标准》^[6]根据水质指标的标准限值将地表水环境分为 I~V 类，传统模糊综合评价法用水质标准的上下限值作为水环境分类限值计算隶属函数，这样操作会导致劣 V 类水归为 V 类，导致劣 V 类评价结果不符合实际。论文借鉴文献^[7]的操作，将水质标准指标上下限的中间值作为隶属函数的界限值，得到 6 个隶属度，从而满足不同类型水质的评价。

隶属度通过对隶属度函数的计算来确定，对于其值越小越好的指标（如 BOD 等），采用极小型分布。这种越小越优型指标采用“降半梯形”的函数表示，隶属度函数确定参考文献^[7]，而溶解氧这种监测数值越大越优型指标，隶属度函数属于极大型分布，则采用“升半梯形”的函数表示，计算方法类似，此处不再赘述。

“熵”是系统混乱程度的度量，水质由优变劣，反映水体中物质混乱程度的增加，即熵值增加^[8]。熵值赋权包括原始数据矩阵标准化；熵值计算；权重计算，具体计算方法参考文献^[9]。

3 洋沙泡水库水质评价

3.1 数据来源

根据 SL219-98《水环境监测规范》，水样采集频率为每月采集一次，分别为 2016 年 6、7、9、10、11、12 月和 2017 年 3、4、5、6 月。在取水点 1、2、3、4 设置水质监测点，具体洋沙泡采样坐标点如图 1 所示。

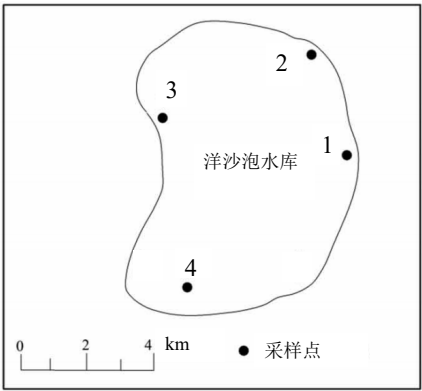


图 1 洋沙泡水库水样采集点分布示意图

论文根据实际监测的数据以及 GB3838—2002《地表水环境质量标准》选取 9 项水质评价指标，分别为溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮、氟化物以及挥发酚。

3.2 计算模糊关系矩阵

根据 6 级隶属函数的定义，计算每一个指标相对于 I~

劣 V 类水质的隶属度，得到 4 个观测点的水质的模糊关系矩阵。以观测点 1 为例，其隶属度矩阵如下：

$$R_{1点} = \begin{bmatrix} 0 & 0.924 & 0.076 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.892 & 0.108 & 0 & 0 \\ 0 & 0.044 & 0.956 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.813 & 0.188 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.689 & 0.311 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.522 & 0.478 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.418 & 0.582 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.813 & 0.187 & 0 \end{bmatrix}$$

3.3 计算权重

采用熵权法确定各评价指标的权重，具体计算结果见表 1。信息论中，熵反映不确定性，评价指标的熵值越大，不确定性越小，说明该评价指标提供的有效信息量越少，相应的其指标权重就较小。从表 1 也可以看出，以挥发酚为例，它的熵值为 0.785，权重仅为 0.077，这是由于挥发酚在 4 个监测点的差异不大导致的。

表 1 各指标的熵及熵权

评价指标	信息熵	熵权
溶解氧	0.704	0.106
高锰酸盐指数	0.767	0.083
化学需氧量	0.781	0.078
五日生化需氧量	0.703	0.106
氨氮	0.709	0.104
总磷	0.681	0.114
总氮	0.778	0.079
氟化物	0.292	0.253
挥发酚	0.785	0.077

3.4 评价结果与讨论

水质模糊综合评价矩阵是由各监测点的模糊关系矩阵与熵权法计算的各评价指标的乘积得到，由此可以得到各取样点的评价结果，见表 2。

表 2 熵权模糊综合评价法水质评价结果

取样点	水质类别隶属度						水质评价结果
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类	劣 V	
1 号	0	0.259	0.209	0.071	0.107	0.354	劣 V 类
2 号	0	0.065	0.275	0.199	0.015	0.446	劣 V 类
3 号	0	0.090	0.276	0.170	0.018	0.446	劣 V 类
4 号	0.060	0.151	0.165	0.131	0.046	0.446	劣 V 类

而利用传统模糊综合评价法显示洋沙泡水库的水质为 V 类，而用基于熵权的模糊综合评价法显示洋沙泡水库的水质为劣 V 类，表明基于熵权的模糊综合评价法扩大了评价范围，对水质超出 V 类水体的情况可以评价，采用 6 级隶属度函数的熵权模糊综合评价弥补了传统模糊综合评价法的不足。

基于熵权的模糊综合评价法可以通过分析熵值，确定影

响水质的主要因子,洋沙泡水库影响水质的主要因子是氟化物、总磷、溶解氧和五日生化需氧量等,表明洋沙泡水库水体受氟化物和总磷的影响较为严重。洋沙泡水库氟化物含量超标主要是环境本底值高和外源输入导致的^[10]。洋沙泡水库位于吉林西部白城市镇赉县,吉林省西部地区是地方性氟中毒区,土壤、地表水氟含量都较高,同时二龙涛河是洋沙泡水库的主要补给来源,补给到洋沙泡水库中的二龙涛河水中氟化物浓度相对较高,周边地表水携带的氟、降水中携带的氟和洋沙泡水库底泥释放的氟皆汇集到洋沙泡水库导致氟化物浓度的升高。此外,地形地貌、气候因素以及地下水环境等因素均对洋沙泡水库高氟区的形成有一定影响^[11]。另外,洋沙泡水库中的总磷含量也较高,主要原因是农业面源污染、生活污水和工业废水的排放,洋沙泡水库周有大量农田,一方面,经过雨水或农业灌溉造成化肥中的磷流入水体;另一方面,由于灌溉退水及降雨形成径流入湖的影响和底泥的扰动造成的可溶磷的溶解释放,使得水库总磷浓度偏高。地表水中如果存在较高的总磷,容易引起水体富营养化,降低水体的透明度,影响水中植物的光合作用,进而影响溶解氧的状态,最终影响鱼类的生存环境,严重威胁洋沙泡水库的渔业产量。水体富营养化会导致水中藻类和浮游生物的繁殖,消耗氧气,降低溶解氧含量。污染物的输入会导致水中有害物质的积累,影响水中生物的生存,同时也会影响氧气的溶解度和有机物的分解速率。

4 结论与建议

论文采用熵权模糊综合评价法对洋沙泡水库 2016 年 6 月—2017 年 6 月的四个监测点的水样进行了水质评价。评价结果显示,洋沙泡水库的水质呈劣 V 类水,水质受到严重污染,影响洋沙泡水库水质的主要因子是氟化物、总磷、溶解氧和五日生化需氧量等。

熵权模糊综合评价和传统模糊综合评价相比,基于 6 级隶属度函数的熵权模糊综合评价能拓宽水质评价范围,在洋沙泡水库水质评价的应用显示是一种可靠并全面表达水质评价的一种方法,能够克服传统评价方法对水质等级界限

边缘指标值对评价结果的影响。

洋沙泡水库作为引嫩入白工程的反条件水库,承担白城和镇赉县城市供水的重要作用,而目前水污染严重,水生态环境极其脆弱,急需水环境修复和保护,需要控制内源污染,防治外源污染,加强水库周围村民保护环境意识,需要投入大量的人力物力支持,强化管理,加强水库管理人员的能力建设。

参考文献

- [1] 赵恰,赵明杰,郭清,等.基于单因子评价法和综合污染指数法解析龙凤河水质状况[J].江苏科技信息,2023,40(6):72-75.
- [2] 方菊,谌贻胜,童祯恭.综合指数法在饮用水水质评价中的应用[J].市政技术,2011,29(1):63-65.
- [3] 章艳红,方梦婷,武晋玄,等.基于模糊综合评价法的栗水河水质评价与对比分析[J].东华理工大学学报(自然科学版),2022,45(5):470-476.
- [4] 丛铭,阳辉,张晓静,等.单因子法与可变模糊法在水质评价中的应用[J].南水北调与水利科技(中英文),2021,19(4):720-728.
- [5] 周默.几种水质评价方法在地表水评价中的应用及比较研究[J].水资源开发与管理,2022,8(9):50-55.
- [6] 国家环境保护总局.GB3838—2002地表水环境质量标准[S].北京:中国环境科学出版社,2002.
- [7] 徐健,吴玮,黄天寅,等.改进的模糊综合评价法在同里古镇水质评价中的应用[J].河海大学学报(自然科学版),2014,42(2):143-149.
- [8] 王玉萍,何玛峰.水质状况的熵值评价法[J].河北水利水电技术,2001(1):36-38.
- [9] ZOU Zhihong, YUN Yi, SUN Jingnan. Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment[J].Journal of Environmental Sciences,2006(5): 1020-1023.
- [10] 梁秀娟,肖然,肖长来,等.吉林西部洋沙泡水库高氟水的形成[J].吉林大学学报(地球科学版),2012,42(3):798-804.
- [11] 贾璐,梁秀娟,肖长来,等.白城市浅层高氟地下水分布特征及富集机理[J].水电能源科学,2021,39(1):51-54+123.