

单因子评价和灰色关联分析法在水质评价中的应用探讨

贾树胜 黄明

安徽建筑大学 环境与能源工程学院 安徽合肥 230601

[摘要] 为了解巢湖的水质状况, 于2008年对巢湖的5个监测点进行水样采集, 对As、F、Cu、TN、TP、CODMn主要指标进行检测, 并采用单因子评价法和灰色关联分析法分别对巢湖水质进行评价。结果表明, 两种水质评价方法的结果存在较大的差异。单因子评价法评价的水质状况较差, 为劣V类水质标准, TN和TP为主要污染物; 灰色关联分析法评价巢湖水质状况较符合实际, 分别为II、III和V类水质标准; 灰色关联分析法综合考虑了各项污染指标的影响, 能对水质进行全面客观的评价, 具有较强的可操作性。

[关键词] 单因子评价法; 灰色关联分析法; 水质评价; 污染物

中图分类号: X824

文献标识码: A

0 引言

水质综合评价是确定水质类别和水环境综合治理的重要依据。目前, 单因子评价法和灰色关联分析法在水质评价中应用广泛。本文选取了2008年巢湖5个点的水质监测数据, 分别采用单因子评价法和灰色关联分析法对巢湖水质进行评价, 探讨了两种方法对水质评价结果的影响。

1 水质评价方法

1.1 单因子评价法

单因子评价法是将参与评价的污染因子实际监测值与相应污染因子的地表水环境质量标准值进行对照分析, 确定各项指标所对应的最差水质类别作为该水质评价的最终结果^[1]。该方法凭借其操作简单、易于理解等特点, 在综合水质评价中得到广泛应用。但单因子评价法对水质评价过于悲观, 仅能反映污染严重的单项指标, 不能综合反映水体污染的整体情况, 导致水质使用功能评价较低。

1.2 灰色关联分析法

灰色关联分析法是一种以各因素的数据序列为依据, 采用灰色关联度来研究各因素关系的统计分析方法。分别计算不同评价因子的实测数据与质量分级标准的关联度, 确定最大关联度所对应的结果为最终的水质类别^[2]。

(1) 确定参考序列与比较序列

设s个监测点中n个污染因子的实测数据为参考序列 $A_i(k)$, 共有s个参考序列, 其中每个参考序列有n个评价因子, 则第i个参考序列为: $A_i(k) = \{a_i(1), a_i(2), \dots, a_i(n)\}$ ($i=1, 2, \dots, s$)

设p类水质标准中n个评价因子的标准值为比较序列 $B_j(k)$, 共有p个比较序列, 其中每个比较序列有n个评价因子, 则第j个比较序列为: $B_j(k) = \{b_j(1), b_j(2), \dots, b_j(n)\}$ ($j=1, 2, \dots, p$)

(2) 对数据无量纲化处理

为了消除各指标间量纲的影响, 需要对实测值和标准值进行无量纲化处理^[3]。本次采用极值化方法处理数据, 将参考序列与比较序列合并为一个决策矩阵 $S_{m \times n}$, 即 $S_{m \times n} = m \times n = (a_{ij})_{m \times n}$ 。对于浓度越大污染程度越低的水质指标, 实测值与标准值的无量纲化为 $a_{ij}' = a_{ij}/a_{jmax}$; 对于浓度越小污染程度越低的水质指标, 实测值与标准值的无量纲化为 $a_{ij}' = a_{jmin}/a_{ij}$ ^[4]。

(3) 确定最大值与最小值

参考数列 $A_i(k)$ 与比较数列 $B_j(k)$ 在第k点的绝对差值 $\Delta_{ij}(k)$ 构成差序列, 在绝对差值中找出最大值 $\max \Delta_{ij}(k)$ 与最小值 $\min \Delta_{ij}(k)$ 。

(4) 确定整体关联度

计算实测数据与地表水环境质量标准的关联度, 并得出参考序列 $A_i(k)$ 与比较序列 $B_j(k)$ 之间的整体关联度。

$$1) \quad 2)$$

其中 $\xi_i(k)$ 为参考序列 $A_i(k)$ 与比较序列 $B_j(k)$ 在第k项评价指标的关联系数, ρ 为分辨系数, 一般在 $[0, 1]$ 之间取值, 通常取 0.5 ; r_i 为关联度, 表示参考序列 $A_i(k)$ 与比较序列 $B_j(k)$ 之间的相关程度^[5]。

(5) 关联度排序及水质确定

通过比较两个序列关联度的大小, 确定水质类别。 r_i 值越大, 表明参考序列 $A_i(k)$ 与比较序列 $B_j(k)$ 之间的关联程度越高, 最大关联度所对应的水质标准就是最终的水质类别^[6]。

2 应用实例

2.1 监测数据

选取2008年巢湖5个监测点(H001B、H002B、H003C、H004D、H005E)的监测数据进行水质综合评价。巢湖水质实测数据及地表水环境质量标准(GB3838-2002), 见表1。

表1 巢湖水质监测数据及地表水环境质量标准 单位(mg/L)

指标	As	F	Cu	TN	TP	CODMn
H001A	0.00212	0.445	0.003	1.060	0.0225	3.27
H002B	0.00282	0.410	0.003	2.295	0.023	3.42
H003C	0.00084	0.460	0.0035	2.345	0.0395	4.35
H004D	0.00123	0.495	0.003	3.720	0.061	4.98
H005E	0.00339	0.515	0.004	4.940	0.161	5.29
I类	0.0500	1.000	0.010	0.200	0.010	2.0
II类	0.0500	1.000	1.000	0.500	0.025	4.0
III类	0.0500	1.000	1.000	1.000	0.050	6.0
IV类	0.1000	1.500	1.000	1.500	0.100	10.0
V类	0.1000	1.500	1.000	2.000	0.200	15.0

2.2 单因子评价法评价结果

根据单因子评价法的水质评价结果可知, 各个监测点的水污染均较为严重, 其中 H001A 断面的水质为 IV 类, H002B、H003C、H004D、H005E 更是达到了劣 V 类, 巢湖中 TN 和 TP 的含量超标严重。TN 和 TP 是主要污染因子而忽略其他污染因子对水质的影响, 因此导致各监测点的水质评价较差。

2.3 灰色关联分析法评价结果

根据灰色关联分析法原理, 将表 1 数据合并为一个矩阵 $S_{10 \times 6}$, 然后对实测值和标准值进行无量纲化处理, 得到无量纲矩阵 $S'_{10 \times 6}$ 。

以监测点 H001A 为例, 取矩阵 $S'_{10 \times 6}$ 中第 1 行序列依次减去第 6~10 行序列数据得到 H001A 与 I ~ V 类水的绝对差 $\Delta_{ij}(6)A$ 。计算 H001A 的最大绝对差值 $\max \Delta_{ij}(6)A=0.997$ 和最小绝对差值 $\min \Delta_{ii}(6)A=0.011$, 利用公式 1) 求出 H001A 的关联系数 $\xi_i(k)$: $\xi_1(6)=(0.581, 0.505, 0.425, 0.389, 0.484, 0.575)$; $\xi_2(6)=(0.581, 0.505, 0.341, 0.718, 0.939, 0.836)$; $\xi_3(6)=(0.581, 0.505, 0.341, 1.000, 0.686, 0.656)$; $\xi_4(6)=(0.575, 0.445, 0.341, 0.921, 0.605, 0.560)$; $\xi_5(6)=(0.575, 0.445, 0.341, 0.868, 0.571, 0.522)$ 。根据公式 2) 求出监测点 H001A 的关联度为 $r_1=0.493, r_2=0.653, r_3=0.628, r_4=0.575, r_5=0.554$, H001A 的关联度排序: $r_2 > r_3 > r_4 > r_5 > r_1$, 取最大值, 则监测点 H001A 水质对应为 II 类。同理, 可计算出监测点 H002B、H003C、H004D、H005E 的水质类别。

因此, 由灰色关联分析法水质评价结果可知, H001A 和 H002B 的水质为 II 类, H003C 和 H004D 达到 III 类, H005E 水质最差, 为 V 类, 而监测点 H001A 和 H002B 的水质有从 II 类向 III 类水质变化的趋势、

H004D 则有从 III 类向 IV 类水质变化的趋势。灰色关联分析法评价结果与巢湖水质状况较一致。

3 结论

通过对单因子评价法和灰色关联分析法的比较分析, 发现两种方法的水质评价结果存在较大差异。单因子评价法操作简单, 能快速找出主要污染因子, 但只考虑了污染严重的因子而忽略其他污染因子对水质的影响, 导致水质的评价结果较差; 灰色关联分析法综合考虑各污染因子, 对水质进行客观全面的评价, 其水质评价结果较好, 与巢湖水质现状较为一致。因此, 灰色关联分析法具有较强的可操作性。

[参考文献]

- [1] 徐祖信. 我国河流综合水质标识指数评价方法研究 [J]. 同济大学学报 (自然科学版), 2005, (04): 482-488.
- [2] 姚建玉, 钟正燕, 陈金发. 灰色聚类关联评估在水环境质量评价中的应用 [J]. 环境科学与管理, 2009, 34(2): 172-174.
- [3] 郑志国, 张升第, 张秀敏. 灰色关联分析法在东平湖水水质评价中应用 [J]. 山东水利, 2016, (9): 55-56.
- [4] 杨悦, 黄明. 地表水环境质量评价方法比较探讨 [J]. 绿色科技, 2015, (3): 187-190.
- [5] Shanshan Fang, Xinsheng Yao, Junqi Zhang, Meng Han. Grey correlation analysis on travel modes and their influence factors [J]. Procedia Engineering, 2017, (174): 347-352.
- [6] 李佐卿, 蒋慧云. 基于灰色关联的长江流域断面水质评价 [J]. 资源环境与发展, 2012, (1): 36-39.