

江南运河苏浙边界十年水质评价

石亚东¹, 杨铭威², 高 怡¹, 徐 枫¹, 盛 东²

(1. 太湖流域管理局水文水资源监测局, 江苏 无锡 214024; 2. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098)

摘要 引入目标差值率, 对密切值法进行改进, 详细阐述其原理和计算步骤, 将其应用于江南运河苏浙边界 1997 ~ 2006 年的水质评价, 并参照地表水环境质量 II ~ V 类水标准, 对污染程度进行了排序。结果表明, 江南运河苏浙边界十年水质均未达到 III 类水标准, 其中 1997 ~ 1999 年、2001 ~ 2002 年的水质标准维持在 III ~ IV 类之间, 2000 年、2003 ~ 2006 年的水质维持在 IV ~ V 类水之间。

关键词 江南运河 改进密切值法 水质评价

中图分类号 X824 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2009)05-0086-04

Ten-year water quality assessment of Jiangnan Canal at the Su-Zhe boundary

SHI Ya-dong¹, YANG Ming-wei², GAO Yi¹, XU Feng¹, SHENG Dong²

(1. Bureau of Hydrology and Water Resources Monitoring, Taihu Basin Authority, Wuxi 214024, China; 2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract The osculation value method was improved by introducing a target dispersion rate. Its principle and calculation steps are described in this paper. The method was applied to water quality assessment of the Jiangnan Canal, at Su-Zhe boundary, for the years 1997 to 2006, and an order of the contamination degree was given according to the II-V water standard of the Surface Water Environment Quality Standard. The results show that the water quality of the Jiangnan Canal at the Su-Zhe boundary was entirely below the III water standard from 1997 to 2006. From 1997 to 1999 and from 2001 to 2002, the water maintained a III-IV quality standard. In 2000 and from 2003 to 2006, the water maintained a IV-V quality standard.

Key words Jiangnan Canal; modified intimate data method; water quality assessment

水质评价是根据水的用途, 按照一定的评价参数、质量标准和评价方法, 对水域的水质或水域综合体的质量进行定性或定量评定。通过水质评价, 可以了解和掌握水质变化趋势, 准确地反映水体污染状况和程度, 为合理开发、利用和保护水资源提供重要的科学依据。

近年来, 随着经济社会的发展, 水污染问题日益突出, 省际水事纠纷也时有发生, 为此, 社会各界越来越关注省界水体水资源的质量状况。加强重要省界水体的水量水质监测, 对省界水体进行评价, 并及时向社会各界报告重要省界水体的水资源质量状况, 反映存在的水环境问题, 对增强全民的水环境意

识, 促进河流水污染的防治, 以及实施水资源的实时调度具有重要的现实意义^[1]。本文采用江南运河苏浙边界的监测点——北虹大桥 1997 ~ 2006 年水质监测数据, 参照 GB 3838—2002《地表水环境质量评价标准》, 利用改进密切值法对江南运河苏浙边界的水质进行综合评价, 旨在将一种水质评价模型——改进密切值法引入太湖流域省界水环境评价中, 以便简捷直观地分析水质变化状况。

1 改进密切值法的原理和建模

密切值法是系统工程的一种优选方法, 具有直观、采纳信息广泛、分析效能高的特点, 尤其在水环

境质量评价的过程中不受评价因子数目的限制,最初人们多是将其用于样本的优劣排序。它适用于正向指标体系,对负向指标则要求将其转化为正向指标。应用时先确定各评价指标的“最优点”与“最劣点”,然后计算各评价单元与“最优点”、“最劣点”的距离,根据密切值大小确定各评价单元综合质量的优劣顺序^[2]。改进密切值法继承了密切值法在评价单元优劣排序中的独到之处,将每一项评价指标的 z 级标准引入初始矩阵,采用目标差值率法,进行归一化处理成无量纲指标后,按一定的计算程序,先确定各评价指标的“最优点”与“最劣点”,然后计算各评价单元与“最优点”、“最劣点”的距离,根据密切值大小确定各评价单元综合质量的优劣顺序^[3]。

1.1 建立有量纲初始矩阵

设数据 a_{ij} 是评价单元 $S_i (i = 1, 2, 3, \dots, m)$ 在目标 $G_j (j = 1, 2, 3, \dots, n)$ 下的取值,其组成的指标矩阵 A 为:

$$A^{(k)} = \begin{matrix} & G_1 & \cdots & G_n \\ S_1 & a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_m & a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{matrix} = (a_{ij})_{m \times n}$$

1.2 初始矩阵模型的规范化

把有量纲和物理意义的初始矩阵模型通过数学转换变为以正负数形式组成的数学矩阵模型 R 。一般来说,密切值法^[4]进行规范化处理的规则为:

$$b_{ij} = \begin{cases} a_{ij} & \text{当 } G_j \text{ 为障直时} \\ -a_{ij} & \text{当 } G_j \text{ 为赶直时} \end{cases}$$

且

$$r_{ij} = b_{ij} / \sqrt{\sum_{k=1}^m b_{kj}^2} \quad (1)$$

式中 $i = 1, 2, 3, \dots, m$, 为评价单元数 $j = 1, 2, 3, \dots, n$, 为评价指标数; r_{ij} 为指标序列目标差值率。

G_j 为正向指标时,数值越大,评价结果越好, r_{ij} 取正值; G_j 为负向指标时,数值越大,评价结果越差, r_{ij} 取负值。

本文采用改进的密切值法对无量纲矩阵初始矩阵进行规范化处理,采用目标差值率变换^[5]进行。首先对各指标提出目标值,然后进行变换:

$$r_{ij} = \pm (a_{ij} - T_j) / T_j \quad (2)$$

式中“+”用于正向指标,“-”用于逆向指标; a_{ij} 为第 i 个评价单元的第 j 个监测值; T_j 为按照一定设计程序确定的第 j 个指标的目标值,本文目标值 T_j 按照正向指标取上限值,逆向指标取下限值的原則选取。

规范化的指标矩阵 R 为:

$$R = \begin{matrix} & G_1 & \cdots & G_n \\ S_1 & r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_m & r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{matrix} = (r_{ij})_{m \times n}$$

1.3 确定评价指标的“最优点”和“最劣点”

“最优点”是指各评价指标规范化 r_{ij} 中的最大值;“最劣点”是指各评价指标规范化 r_{ij} 中的最小值。

$$\text{令} \quad \begin{cases} r_j^+ = \max_{1 \leq i \leq m} \{r_{ij}\} \\ r_j^- = \min_{1 \leq i \leq m} \{r_{ij}\} \end{cases} \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (3)$$

最优点集合 $Q^+ = \{r_1^+, r_2^+, \dots, r_n^+\}$, 最劣点集合 $Q^- = \{r_1^-, r_2^-, \dots, r_n^-\}$ 。

1.4 计算各评价单元与最优点和最劣点的密切程度

根据欧式空间距离计算方法,计算各评价单元与“最优点”的欧式距离 d_i^+ , 和“最劣点”的欧式距离 d_i^- , 计算公式为:

$$\begin{cases} d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - r_j^+)^2} \\ d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - r_j^-)^2} \end{cases} \quad (4)$$

1.5 计算密切值

$$\text{令} \quad \begin{cases} d^+ = \min_{1 \leq i \leq m} \{d_i^+\} \\ d^- = \max_{1 \leq i \leq m} \{d_i^-\} \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{则:} \quad C_i = d_i^+ / d^+ - d_i^- / d^- \quad (6)$$

密切值 C_i 为物理量纲,反映了综合评价各单元接近于最优点与最劣点的程度。对于非劣的评价单元, $d^+ \neq 0, d^- \neq 0$, 由于 $d^+ \leq d_i^+, d^- \geq d_i^-$, 所以 $d_i^+ / d^+ \geq 1, d_i^- / d^- \leq 1$, 从而 $C_i \geq 0$ 。当 $d^+ = d_i^+, d^- = d_i^-$ 时, $C_i = 0$, 这时评价单元与最优点最近而离最劣点最远。当 $C_i > 0$ 时, 则评价单元偏离最优点, 且 C_i 之值越大, 评价单元越偏离最优点, 水质越差; 反之, C_i 之值越小, 水质越好。

2 实例应用

2.1 水质监测点和监测数据

江南运河是京杭运河的 7 个大段之一,北起镇江,南至杭州^[6],跨越江苏、浙江两省,而北虹大桥位于江南运河苏浙交界处,如图 1。本文以北虹大桥 1997 ~ 2006 年水质监测的年均数据为依据(监测数据见表 1),并选择 GB 3838—2002《地表水环境质量评价标准》II ~ V 类标准为参评样本,运用改进密切值法对其水质进行评价,水质评价指标主要有 DO、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、BOD、 COD_{Mn} 、TP 和挥发酚。

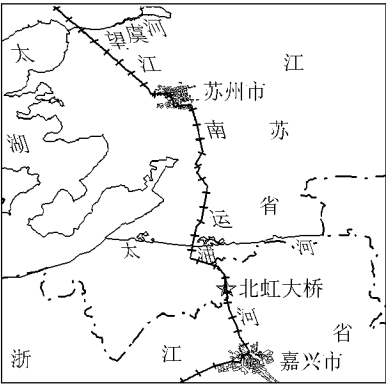


图 1 江南运河苏浙边界监测点——北虹大桥位置图

表 1 北虹大桥 1997~2006 年指标监测值 mg/L

年份	$\rho(\text{DO})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TN})$	$\rho(\text{BOD})$	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$	$\rho(\text{TP})$	$\rho(\text{挥发酚})$
1997	2.77	1.01	2.40	8.21	9.15	0.295	0.003
1998	4.13	0.42	2.21	5.06	7.86	0.270	0.002
1999	3.19	0.61	2.27	4.33	6.86	0.200	0.002
2000	3.33	0.67	3.08	10.6	10.3	0.238	0.002
2001	2.46	0.41	2.43	10.7	10.2	0.245	0.002
2002	2.54	0.85	3.07	7.46	7.70	0.187	0.002
2003	2.57	1.13	3.51	6.56	8.47	0.211	0.003
2004	1.16	1.43	3.77	15.81	10.45	0.271	0.005
2005	2.53	1.83	4.21	6.58	9.18	0.248	0.003
2006	2.33	1.58	3.84	6.83	9.58	0.281	0.002

注 数据来源于太湖流域管理局水环境监测中心。

	DO	NH ₃ -N	TN	BOD	COD _{Mn}	TP	挥发酚
1997	-0.5383	-1.4634	-3.8000	-1.7367	-1.2875	-1.9500	-0.5000
1998	-0.3117	-0.0244	-3.4200	-0.6867	-0.9650	-1.7000	0
1999	-0.4683	-0.4878	-3.5400	-0.4433	-0.7150	-1.0000	0
2000	-0.4450	-0.6341	-5.1600	-2.5333	-1.5750	-1.3800	0
2001	-0.5900	0	-3.8600	-2.5667	-1.5500	-1.4500	0
2002	-0.5767	-1.0732	-5.1400	-1.4867	-0.9250	-0.8700	0
R = 2003	-0.5717	-1.7561	-6.0200	-1.1867	-1.1175	-1.1100	-0.5000
2004	-0.8067	-2.4878	-6.5400	-4.2700	-1.6125	-1.7100	-1.5000
2005	-0.5783	-3.4634	-7.4200	-1.1933	-1.2950	-1.4800	-0.5000
2006	-0.6117	-2.8537	-6.6800	-1.2767	-1.3950	-1.8100	0
II	0	-0.2195	0	0	0	0	0
III	-0.1667	-1.4390	-1.0000	-0.3333	-0.5000	-1.0000	-1.5000
IV	-0.5000	-2.6585	-2.0000	-1.0000	-1.5000	-2.0000	-4.0000
V	-0.6667	-3.8780	-3.0000	-2.3333	-2.7500	-3.0000	-49.0000

评价的指标中,DO 为正向指标,其他均为负向指标。

c. 根据式(3),由矩阵 R 确定“最优点” Q^+ 和“最劣点” Q^- ,它们分别是:

$$Q^+ = (0,0,0,0,0,0,0)$$

$$Q^- = (-0.8067, -3.8780, -7.4200, -4.2700, -2.7500, -3.0000, -49.0000)$$

d. 根据式(4)计算各评价单元与“最优点”和“最劣点”的欧式距离 d^+ 、 d^- ,它们分别是:

$$d^+ = (23.0484, 18.2716, 17.4643, 28.0929,$$

2.2 密切值法计算

a. 根据表 1 中各年份的评价指标监测值和评价标准,建立初始矩阵 A。

	DO	NH ₃ -N	TN	BOD	COD _{Mn}	TP	挥发酚
1997	2.77	1.01	2.40	8.21	9.15	0.295	0.003
1998	4.13	0.42	2.21	5.06	7.86	0.270	0.002
1999	3.19	0.61	2.27	4.33	6.86	0.200	0.002
2000	3.33	0.67	3.08	10.6	10.3	0.238	0.002
2001	2.46	0.41	2.43	10.7	10.2	0.245	0.002
2002	2.54	0.85	3.07	7.46	7.70	0.187	0.002
A = 2003	2.57	1.13	3.51	6.56	8.47	0.211	0.003
2004	1.16	1.43	3.77	15.81	10.45	0.271	0.005
2005	2.53	1.83	4.21	6.58	9.18	0.248	0.003
2006	2.33	1.58	3.84	6.83	9.58	0.281	0.002
II	6	0.5	0.5	3	4	0.1	0.002
III	5	1.0	1.0	4	6	0.2	0.005
IV	3	1.5	1.5	6	10	0.3	0.01
V	2	2.0	2.0	10	15	0.4	0.1

b. 由初始矩阵 A 中的数据,确定各指标目标值为 $T_j = (6,0.5,0.5,3,4,0.1,0.002)$,由式(2)对初始矩阵 A 进行目标差值率变换,得无量纲标准矩阵 R。

$$23.3805, 25.6598, 30.1460, 39.6146, 38.9034, 35.2848, 1.0000, 11.8003, 26.7841, 225.3730)$$

$$d^- = (0.9749, 0.9889, 0.9891, 0.9837, 0.9861, 0.9849, 0.9736, 0.9503, 0.9720, 0.9819, 1.0000, 0.9641, 0.9089, 0.0965)$$

e. 根据式(5)和式(6)计算密切值:

$$C_i = (22.0734, 17.2827, 16.4752, 27.1092, 22.3944, 24.6749, 29.1724, 38.6644, 37.9314, 34.3029, 0.0000, 10.8362, 25.8752, 225.2765)$$

把计算出来的密切值由小到大进行排序,见表

表 2 各评价单元的密切值及排序结果

排序	评价单元	密切值	排序	评价单元	密切值
1	Ⅱ	0.0000	8	Ⅳ	25.8752
2	Ⅲ	10.8362	9	2000	27.1092
3	1999	16.4752	10	2003	29.1724
4	1998	17.2827	11	2006	34.3029
5	1997	22.0734	12	2005	37.9314
6	2001	22.3944	13	2004	38.6644
7	2002	24.6749	14	V	225.2765

从排序结果可以看出来,1997~2006 年的水质均未达到Ⅲ类水标准,1997~1999 年、2001~2002 年的水质标准维持在Ⅲ~Ⅳ类水之间,2000 年、2003~2006 年的水质维持在Ⅳ~Ⅴ类水之间,其中 2004 的水质最差,1999 年的水质相对最好。

2.3 结果比较分析

目前,省界水质评价一般采用单因子评价,然后按最差项目赋全权的方法进行综合评价。

单因子评价的结果与改进密切值法的结果相差较大,其评价的结果是 1997~2006 年北虹大桥的水质类别均为劣Ⅴ类。实际上,单因子评价法是对水质指标逐个进行评价,考虑了最突出的因子即污染状况最严重的评价因子对整个评价结果的影响,充分显示超标最严重的因子对整个评价结果的决定性作用,即体现单因子否决权,其他因子的作用被弱化^[7]。这种方法反映的信息量较大,适应于个别评价因子超标过大,严重影响水环境质量的情况,但是它较难综合反映水体的综合环境状况,进而难以对各年份的综合水质进行比较排序。

而改进密切值法将多个指标结合在一起考虑,可以提高分析效能,其引用自身内部指标或以指标的分级标准作参比,使得评判结果合理准确。同时,与单因子方法相比较,改进密切值法更能体现物理概念清晰、数学逻辑严谨且避免受到个别因素的影响和控制的优点^[8]。因此,将改进密切值法用于省界监测点多年、多指标的水质评价是一种切实有效的方法。值得注意的是,如需确定水体水质等级以及各水体满足哪一级水环境功能的要求,还应结合水环境质量标准综合确定,此方法不能直接确定^[5]。

3 结 语

通过改进密切值法对 1997~2006 年北虹大桥的水质状况进行了评价,将其引入省界水环境的水质评价中,并与单因子评价结果进行了比较,证实了改进密切值法能够客观、准确、全面地反映实际情况。该方法计算简便、快捷,用 Excel 表格便可以处理大量的数据,计算结果直观、可靠。

从改进密切值法评价北虹大桥的结果可以看出,1997~2006 年中,江南运河水质一直都较差,需加强对河道两岸工业污染源、生活污水的综合治理;加强对农业面源污染基础数据的普查,研究污染机理及发展趋势 加强河道清淤及驳岸的建设护理,加强对周边汇入的中、小河流的治理 开展船舶污染治理工作^[6],减少省界水污染事件的发生。

参考文献:

[1] 中华人民共和国科学技术部. 科学数据共享工程工作报告[R]. 北京: 中华人民共和国科学技术部,2004.
[2] 谢迪华,谢敏. 密切值法在水质变化趋势评价中的应用[J]. 数理医药学杂志,2002(6): 82-83.
[3] 薛丽群,张江山. 改进密切值法评价山仔水库富营养类型[J]. 福建师范大学学报,2006(4): 51-55.
[4] 刘宁. 工程目标决策研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社,2006: 151-155.
[5] 杨文海,王丽芳,王坤,等. 改进密切值法在水环境质量评价中的应用[J]. 水资源与水工程学报,2005(2): 73-75.
[6] 晏桂娥. 江南运河(苏州段)水质监测分析[J]. 水资源保护,2002,18(2): 63-65.
[7] 曾永,樊引琴,王丽伟,等. 水质模糊综合评价法与单因子指数评价法比较[J]. 人民黄河,2007(2): 47.
[8] 孙世群,汤金来,鲍锦磊. 南淝河水环境质量的改进密切值法综合评价[J]. 合肥工业大学学报,2007(2): 66-69.

(收稿日期: 2008-07-26 编辑: 高渭文)

欢迎订阅 2010 年《环境监测管理与技术》

《环境监测管理与技术》是由江苏省环境监测中心和南京市环境监测中心站联合主办的集学术性与实用性于一体的环境科技双月刊。本刊为中国科技论文统计源期刊,全国中文核心期刊、江苏省一级期刊。国内统一刊号:CN 32-1418/X,国际标准刊号:ISSN 1006-2009。本刊立足江苏,面向全国,以从事环境管理、环境监测、环境监察和环境科研、环境教学的专业技术人员、管理干部、教师及其他环境科技工作者为服务对象,辟有管理与改革、环境监察、专论与综述、研究报告、调查与评价、标准化、监测技术、污染防治技术、争鸣与探索、工作经验、知识介绍、国外环境、动态与简讯等栏目,从多角度向读者介绍国内外环境保护的新成果、新技术、新动态、新经验。

邮发代号 28-341,全国各地邮局均可订阅。如漏订,可向编辑部补订。逢双月 25 日出版,定价为 8.00 元/期,全年定价 48.00 元。热忱欢迎新、老订户订阅。

编辑部地址 210013 南京市虎踞路 175 号

邮箱: HJJS@chinajournal.net.cn

编辑部电话: (025)83701931 传真: (025)83336958

收款单位 环境监测管理与技术编辑部

开户银行 建设银行南京市鼓楼支行

银行账号 32001595536050000777