

文章编号:1007-6492(1999)01-0084-04

# 关于区域环境质量评价方法的比较研究

于鲁冀<sup>1</sup>, 王震<sup>1</sup>, 韩国新<sup>2</sup>

(1. 郑州工业大学水利与环境工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 信阳环境监测站, 河南 信阳 464000)

**摘要:** 从分析环境和环境质量结构以及环境质量评价的基本涵义入手, 通过实例应用对几种主要评价方法进行比较分析, 发现模糊理论及模糊距离评价法才能客观反映环境质量结构本质和定量评价要求, 对环境科学的方法论体系有一定意义, 但也有准确性不够高的缺点.

**关键词:** 区域环境质量; 环境质量评价; 比较研究; 模糊理论; 模糊距离

**中图分类号:** X 822 **文献标识码:** A

## 0 引言

环境质量评价就是对环境素质优劣的定量描述<sup>[1]</sup>. 环境科学作为研究并解决环境问题的一个学科, 相对人类现代社会的工业化和城市化产生的尖锐的环境污染和生态破坏等环境问题, 其理论基础和方法论体系滞后于客观需要, 对环境保护实践活动的指导作用受到严重影响.

环境科学为解决艰巨的环境问题而借鉴运用了很多其它学科的理论和方法, 但没有进行必要的吸收扬弃和发展, 致使环境科学的方法体系仍然停滞在经验模式和定性估计判断的初级水平上. 就环境质量评价而言, 目前使用最多的仍然是综合指数评价法; 也有不少学者和实践工作者的把模糊理论引入环境质量评价应用领域. 大多数评价方法不仅没能反映环境质量结构的多要素综合性, 也没有体现出环境质量标准的科学综合性, 对环境质量不能进行定量判定其标准级别. 因此, 正确认识环境质量结构的多因子综合性和环境质量标准的科学多样合理性, 才能优化完善科学合理的评价方法.

## 1 环境质量结构及评价

环境科学认为环境是人类赖以生存和发展的物质条件的综合体<sup>[1]</sup>, 那么对于环境质量来说, 各种结构要素(因子)具有相同的有效性. 因此环境质量评价应首先判定相对于环境标准质量分级系列等级, 待评区域环境质量“是”或“属于”何等级的定

量性结论, 并使同一环境方面的不同评价单元的评价结果之间具有直接可比性; 其次才是对各结构因子在环境质量构成中的主次作用判别, 或是相对某等级环境标准质量进行超标状况评述. 因此, 环境质量评价的方法必须能够在理论上和实践操作上都体现环境质量结构因子的相同有效性、多因子综合性和主要因子的主导性<sup>[2]</sup>.

“环境质量(年度、季度或月度)报告”是环境质量评价的典型成果, 因仍使用落后的环境质量指数评价法, 得出的评价结论是定性的抽象描述结论, 既削弱了其社会可接受性, 也影响了环境决策的科学性<sup>[3]</sup>.

## 2 现有环境质量评价方法的优化分析

环境质量评价在我国已有近20年的历史, 综合已有的评价方法, 可划分为3类, 即环境质量指数法、模糊矩阵(灰色系统)评价法、模糊距离评价法. 分别以表1和表2的环境监测资料及相应环境质量标准进行实例应用分析.

### 2.1 环境质量指数法评价应用分析

环境质量指数评价方法有单因子污染指数法、综合质量指数法两种. 对于表1和表2所示的待评区域环境单元 $A_i$ 来说, 如果用单因子污染指数法对 $A_i$ 进行评价, 最终不能评判 $A_i$ 到底“是”哪个等级级别的环境标准质量, 只能描述出 $A_i$ 的各种结构因子的超标状况; 若用综合指数法( $P_{ij}$ )评价, 虽可计算出 $P_{ij} - B_k$ 的指数量值, 但该量值与“ $A_i$ 是 $B_j$ 级标准质量”无法联系到一

收稿日期:1999-09-02; 修订日期:1999-01-06

作者简介:于鲁冀(1962-), 男, 山东省文登市人, 郑州工业大学工程师, 主要从事环境评价及环境工程方面的研究.

起,只能主观界定  $P_{ij} - B_k$  的分级值,得出“待评环境单元  $A_i$  相对于  $B_k$  等级环境标准质量是‘清洁’或‘污染轻重’”等定性化的抽象结论.由于评价结论的非定量化,  $A_1$  和  $A_2$  区域环境质量相互无法比较优劣.因此,环境质量指数评价法在评

价结果上不符合环境质量评价的本质要求;而且,评价过程介入的主观因素过于浓厚,评价结果抽象,社会公众难于理解,削弱了评价结论的社会可接受性,因此,该类评价方法不适作为区域环境质量的

表1 监测资料与水环境质量标准分级值汇总表

结构因子	1995年监测结果年均值			GB 3838-88 标准分级值				
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	I类( $B_1$ )	II类( $B_2$ )	III类( $B_3$ )	IV类( $B_4$ )	V类( $B_5$ )
	溶解氧DO	9.10	3.28	6.03	$\geq 19.50$	$\geq 6$	$\geq 5$	$\geq 3$
高锰酸盐指数	2.43	10.73	7.45	2	4	6	8	10
COD	9.28	37.79	27.40	$< 15$	$< 15$	15	20	25
BOD <sub>5</sub>	1.83	3.33	3.33	$< 3$	3	4	6	10
非离子氨	0.003	0.035	0.033	0.02	0.02	0.02	0.2	0.2
亚硝酸盐氮	0.005	0.120	0.086	0.06	0.1	0.15	1.0	1.0
挥发酚	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
氰化物	0.002	0.005	0.003	0.005	0.05	0.2	0.2	0.2
总砷	0.005	0.015	0.014	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
总汞	0.00005	0.00005	0.0005	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001
六价铬	0.003	0.006	0.009	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
总铅	0.005	0.005	0.005	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
总镉	0.0005	0.0005	0.0005	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
石油类	0.003	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.5	1.0

表2 大气监测资料及环境质量标准分级值汇总表

质量因子	区域大气监测年均值			GB 3095-96 质量标准分级值		
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	一级( $B_1$ )	二级( $B_2$ )	三级( $B_3$ )
	TSP	1.157	1.163	1.265	0.15	0.30
SO <sub>2</sub>	0.431	0.287	0.077	0.02	0.06	0.10
NO <sub>x</sub>	0.041	0.035	0.031	0.05	0.10	0.15

2.2 模糊矩阵(灰色系统)评价法的应用分析

该类评价方法是以待评区域环境单元的各结构因子的量值信息,建立模糊矩阵  $R$ ,再以环境质量标准分级量值建成权重模糊集合  $W$ ,将  $R$  和  $W$  合成为评判模糊集合  $B$ ;那么,集合  $B$  中最大隶属度值所对应的环境质量标准级别  $B_p$  就是待评环境单元  $A$  的质量等级.其评价模型可表示为:

$$B_p = \max_{1 \leq k \leq m} \{B_{kj}\},$$

$$B_{kj} = \max_{1 \leq i \leq n} \{ (W_i \wedge R_{Aki}) \}.$$

因该评价方法过程繁琐,限于篇幅,仅以表2表示大气监测资料进行应力分析.

(1) 确定各种质量结构因子的隶属度<sup>[3]</sup>.

当  $k=1$  时:

$$\gamma_{1i} = \begin{cases} 0 & Cx_i \geq S_2, \\ \frac{|Cx_i - S_2|}{S_2 - S_1} & S_1 < Cx_i < S_2, \\ 1 & Cx_i \leq S_1; \end{cases}$$

当  $k=2$  时:

$$\gamma_{2i} = \begin{cases} 0 & Cx_i \leq S_1 \text{ 或 } Cx_i \geq S_2, \\ \frac{Cx_i - S_1}{S_2 - S_1} & S_1 < Cx_i < S_2, \\ \frac{S_3 - Cx_i}{S_3 - S_2} & S_2 < Cx_i < S_3; \end{cases}$$

当  $k=3$  时:

$$\gamma_{3i} = \begin{cases} 0 & Cx_i \leq S_2, \\ \frac{Cx_i - S_2}{S_3 - S_2} & S_2 < Cx_i < S_3, \\ 1 & Cx_i \geq S_3. \end{cases}$$

(2) 建立评价标准矩阵<sup>[3]</sup>

$$B_{ki} = \begin{vmatrix} 0.15 & 0.30 & 0.50 \\ 0.02 & 0.06 & 0.10 \\ 0.05 & 0.10 & 0.15 \end{vmatrix}.$$

(3) 建立各待评环境单元  $A_i$  的评判矩阵  $R$

$$R_{A1} = R_{A2} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$

$$R_{A3} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.575 & 0.575 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

(4) 建立各评价单元权重系数模糊集合  $W$

$$W_i = \frac{Cx_i / Sx_i}{\sum_{i=1}^n (Cx_i / Sx_i)},$$

$$Sx_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m Sk_i).$$

(5) 计算各评价单元对  $B_k$  的隶属度  $B_{ki}$  :

$$B_{A1} = \{ (0.325 \wedge 0) \vee (0.639 \wedge 0) \vee (0.036 \wedge 1), \\ (0.325 \wedge 0) \vee (0.639 \wedge 0) \vee (0.036 \wedge 0), \\ (0.325 \wedge 1) \vee (0.639 \wedge 1) \vee (0.036 \wedge 0) \} \\ = (0.036, 0, 0.639);$$

$$B_{A2} = (0.040, 0, 0.543);$$

$$B_{A3} = (0.056, 0.230, 0.714).$$

(6) 按照隶属度最大评判原则,  $A_1, A_2$  和  $A_3$  评价单元的大气环境质量都是三级标准质量.

结合表 2 资料分析上述评价结果, 对于  $A_3$  点域, 仅 TSP 一项超标, 其余两项不超标, 而  $A_1$  点域有 TSP 和  $SO_2$  两项因子严重超标, 但二者评价结果都是三级, 客观上缺乏合理准确性. 这是由于评价过程中, 忽视一般因子对环境质量结构的共同有效性, 对主要因子的主导作用赋予了绝对决定作用, 使大量信息丢失所致, 而且该方法评价过程太复杂, 可操作性差, 其评价结果亦无可比性.

### 2.3 模糊距离评价方法的应用分析

模糊距离是对模糊集合之间的中间过渡不分

明性大小的表现指标, 按常规数学的距离最小趋近原则, 在待评区域环境单元  $A$  与  $m$  个环境质量标准分级集合之间总有一个最小模糊距离, 据此判定  $A$  是  $B_p$  级环境标准质量等级<sup>[4]</sup>. 其评价模型为

$$\varphi(\underline{A}, \underline{B}_p) = \min_{1 \leq k \leq m} \{ \varphi(\underline{A}, \underline{B}_k) \},$$

$$\varphi(\underline{A}, \underline{B}_k) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\mu_{\underline{A}}(x_i) - \mu_{\underline{B}_k}(x_i)]^2}.$$

该评价方法的关键在于把待评环境单元  $A$  的质量结构集合环境质量标准等级集合  $B_k$ , 分别转化为  $[0, 1]$  论域的模糊子集. 以建立隶属函数  $\mu_A(x_i)$  和  $\mu_{B_k}(x_i)$  来实现.

$$\mu_A(x_i) = Cx_i / Sx_{im};$$

$$\mu_{B_k}(x_i) = Sx_{ik} / Sx_{im}.$$

当  $Cx_i \geq Sx_{im}$  时, 令  $\mu_A(x_i) = 1$ .

以表 1 水质监测资料为例, 应用模糊距离评价法则对河流水质进行评价, 结果如表 3.

结合表 1 对表 3 评价结果进行分析, 对于由 14 项质量因子构成的待评环境单元, 只要给定环境质量标准系列  $B_k$ , 都能定量地判定其环境标准质量等级  $B_p$ , 实现了评价结果的定量化, 其次各项因子的量值信息对评价结果都有作用, 体现了环境质量结构因子的共同有效性和多因子综合性特征.

但是, 对于  $A_1$  断面, 14 项质量结构因子中 12 项因子符合 I 类水质标准要求; 而  $A_2$  断面中有 9 项因子超过或等于 II 类水质标准限值, 其中还有 2 项因子超过 V 类水质标准, 而  $A_1$  和  $A_2$  的评价结论都是 I 级水质, 这种“滞缓饱和”现象是该方法的最大缺陷.

表 3 模糊距离法水体质量评价结果汇总表

标准类别	评价断面			
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	全河段 $A$
$\varphi(\underline{A}_i, \underline{B}_1)$	0.145	0.290	0.208	0.222
$\varphi(\underline{A}_i, \underline{B}_2)$	0.268	0.313	0.273	0.286
$\varphi(\underline{A}_i, \underline{B}_3)$	0.388	0.383	0.366	0.379
$\varphi(\underline{A}_i, \underline{B}_4)$	0.681	0.596	0.606	0.629
$\varphi(\underline{A}_i, \underline{B}_5)$	0.915	0.808	0.828	0.851
$\min \varphi(\underline{A}_i, \underline{B}_p)$	$\varphi(\underline{A}_1, \underline{B}_1)$	$\varphi(\underline{A}_2, \underline{B}_1)$	$\varphi(\underline{A}_3, \underline{B}_1)$	$\varphi(\underline{A}, \underline{B}_1)$
评价结果 ( $B_p$ )	I	I	I	I

从理论上讲,模糊理论能充分体现环境量结构的多因子综合性,在评价模型中,模糊距离法体现了结构因子的相同有效性和综合性,但忽视了主要因子的主导作用;模糊矩阵法只赋予主要因子的绝对决定作用,而忽视了其他结构因子的相同有效性和综合性.若能使两种评价方法的优点互利,就可满足了环境质量评价的客观要求.

### 3 结果与讨论

(1) 环境质量指数评价法在评价过程中介入主观因素过多,失去了对环境质量结构客观性的准确反映;评价结论是抽象的描述性结论.因此环境质量指数法不宜继续用作区域环境质量评价方法,只可用于评述环境结构因子的达标状况.

(2) 模糊理论是较为理想的区域环境质量评价方法理论基础.环境质量结构和环境质量标准等级结构都是各种结构因子理化量值信息的特定时空范围的集合结构,二者在客观上存在中间差别不分明性;而模糊理论是建立在集合论基础上的关于客观事物差异中间过渡“不分明性”的理论,并对这种不分明性给出唯一明确判定的方法理论<sup>[3]</sup>.因此,根据环境质量评价的客观要求,对模糊理论方法进行认真的吸收和扬弃,必然能寻出科学合理的环境质量评价方法.

(3) 通过比较分析,在满足环境质量评价定量化要求方面,现有的模糊理论评价方法比质量

指数评价方法有质的突破.模糊评价方法能够在法定的环境质量标准系列中,定量地判定待评环境单元的质量等级,克服了指数评价中的先主观定等级、再定性抽象描述 的缺陷.

(4) 现有的模糊评价方法都有缺陷问题.要么只注重质量结构因子的共同有效性,而导致评价结果的“饱和滞缓”现象;要么就是赋予质量主导因子对环境质量的绝对决定性,丢失信息太多,而导致“极值决定”现象.评价结果都发生较大的偏差,缺乏准确性.

(5) 综合现有的各种评价方法及其应用效果来看,环境科学理论的方法论体系中,还没有形成本学科的合理的评价方法.这是我国环境科学的实践过份依赖于行政手段,而忽视增强技术手段的支撑作用导致的必然结果.因此,加强环境科学基础研究是一项紧迫而艰巨的任务.

### 参考文献

- [1] 中国大百科全书编委会.中国大百科全书(环境科学)[M].北京:大百科全书出版社,1983.
- [2] 贺仲雄.模糊数学及其应用[M].天津:天津科学技术出版社,1985.30-30.
- [3] 田新会.模糊数学在水质评价中的应用研究[A].中山大学地理系编.中国地理学会第三届青年学术研讨会论文集[C].广州:中山大学出版社,1991.
- [4] 李振亮.欧几里德贴近度在环境评价中的应用[J].中国环境监测,1991,7(1):34.

## Comparative Study on the Methods of Assessing Regional Environmental Quality

YU Lu<sup>-ji</sup><sup>1</sup>, WANG Zhen<sup>1</sup>, HAN Guo<sup>-xin</sup><sup>2</sup>

(1. College of Hydraulic and Environmental Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. Xinyang Regional Environmental Monitoring Station, Xinyang 464000, China)

**Abstract** :Based on the complete analyses of several main methods of the previous assessment ,which from analyzing the construction of the regional environmental quality and the basic definition for asseesing it .The fuzzy theory was considered reasonable aspects on describing the objectivity of environmental quality structure and meeting the quantitative assessment demands .It is evidently an evolution for Environment Science , though there exists defect of inaccuracy .

**Key words** :regional environmental quality ; environmental quality assessment ; comparative study ; fuzzy theory ;fuzzy distance between fuzzy subsets