

杨文澜, 李磊. 2009. 应用模糊数学法综合评价淮安市大气环境质量 [J]. 气候与环境研究, 14 (4): 451-454. Yang Wenlan, Li Lei. 2009. Fuzzy mathematics-based comprehensive evaluation of atmospheric environmental quality in Huaian [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 14 (4): 451-454.

应用模糊数学法综合评价淮安市大气环境质量

杨文澜 李磊

淮阴师范学院化学化工学院, 淮安 223300

摘要 运用模糊数学方法, 选用 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 作为评价因子, 参照大气环境质量标准, 通过计算污染因子权重分配系数和隶属度对淮安市总体大气环境质量给出客观的评价。综合评判结果表明, 淮安总体大气环境质量为中度污染 (三级), 且空气质量在逐年恶化。用模糊概念进行推理, 经过运算得出的综合评价结果与一般评价方法相比更接近客观。

关键词 模糊数学 大气环境 隶属函数 综合评价

文章编号 1006-9585 (2009) 04-0451-04 **中图分类号** X820.2 **文献标识码** A

Fuzzy Mathematics-Based Comprehensive Evaluation of Atmospheric Environmental Quality in Huaian

YANG Wenlan and LI Lei

School of Chemistry and Chemical Engineering, Huaiyin Normal University, Huaian 223300

Abstract Consulting the standards of atmospheric environment, the atmospheric environment quality of Huaian was evaluated by using the method of fuzzy mathematics, selecting SO_2 , NO_2 , PM_{10} as evaluation factors to calculate the weight of distribution coefficients and grade attachment of atmospheric pollution factors. The results of comprehensive evaluation indicated that the atmospheric environment of Huaian was moderately polluted, and it was deteriorated year after year. The results of comprehensive evaluation using the method of fuzzy mathematics were more objective than any other normal evaluation methods.

Key words fuzzy mathematics, atmospheric environment, attaching function, comprehensive evaluation

1 引言

环境质量评价是人类社会根据自身需要而对环境系统状态的一种价值判断。必须建立起一套既能体现人类社会生存发展的需要, 又能具体衡量环境质量对人类社会生存发展需要满足程度的指标体系 (陆书玉, 2005)。

对大气环境质量的评价, 我国很多城市和地区采用的是各种指数评价方法 (张美根等, 1999), 即根据空气环境中各个污染物的浓度, 通过各种数学模式加以综合换算, 计算出环境质量指数, 与评价标准进行比较。此类评价方法属于一种相对的评价方法, 忽略了浓度值间的统计差异性, 对比性不强, 未能十分完善地反映环境质量的优劣 (杨绪勤, 1989)。本文就模糊数学

综合评判法应用于淮安市大气环境质量评价进行探讨, 在环境空气质量评价过程中充分考虑了环境空气质量标准中 3 个级别, 并对标准进行了必要的补充。因此, 不仅克服了其他评价法的缺点, 而且能够反映出评价参数与评价标准之间的自然隶属关系, 使评价结果更符合实际且合理、可信。

本文在对淮安市大气环境质量进行评价时, 根据《环境空气质量标准》(GB 3095-1996) 和国内一些城市大气实际污染水平划分成 I、II、III、IV 级, 分别代表空气质量状况中的清洁、轻污染、中污染和重污染 4 个水平。并根据国家环境保护总局颁发的《环境监测评价规范(大气和废气部分)》必测项目的规定, 选取 SO₂、NO₂、PM₁₀ 为评价因子(周毅等, 1993)。大气环境质量标准如表 1 所示, 淮安市大气污染物监测数据如表 2 所示。

2 模糊综合评价方法

2.1 建立隶属度函数

隶属度是描述污染物的含量与各污染等级之间相关程度的参数。根据污染物的实测值和各级评价标准就可以计算出污染物相对于各污染等级的隶属度。在计算污染物的隶属度时, 需要选择一

表 1 淮安市大气环境质量评价标准

Table 1 The standard of atmospheric environmental quality evaluation in Huaian City

污染物	浓度/mg·m ⁻³			
	I级(清洁)	II级(轻污染)	III级(中污染)	IV级(重污染)
SO ₂	0.02	0.06	0.10	0.14
NO ₂	0.02	0.04	0.08	0.15
PM ₁₀	0.04	0.10	0.15	0.20

表 2 淮安市大气污染物年平均监测数据

Table 2 The annual average data of atmospheric pollution in Huaian City

年份	浓度/mg·m ⁻³		
	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀
2005	0.041	0.018	0.110
2006	0.061	0.032	0.120
2007	0.098	0.038	0.120

注: 资料来源于江苏省环保厅 2005、2006 和 2007 年城市空气质量统计公报

个隶属度函数。常用的隶属度函数包括降半阶隶属度函数、高斯隶属度函数、三角隶属度函数等。本文采用降半阶梯形隶属度函数。用 j 表示污染的等级 $j = 1, 2, \dots, n$; x_i 表示环境要素的第 i 种污染物的实测值; S_{ij} 表示第 i 种污染物的第 j 级标准; 用 r_{ij} 表示第 i 种污染物对第 j 级的隶属度。则隶属度的计算公式(陈玉成, 1998; 谢季坚等, 2006) 如下:

当 $j=1$ 时,

$$r_{ij} = \begin{cases} 0, & x_i \geq S_{i(j+1)}, \\ \frac{S_{i(j+1)} - x_i}{S_{i(j+1)} - S_{ij}}, & S_{ij} < x_i < S_{i(j+1)}, \\ 1, & x_i \leq S_{ij}. \end{cases} \quad (1)$$

当 $j=2, 3, \dots, n-1$ 时,

$$r_{ij} = \begin{cases} 0, & x_i \leq S_{i(j-1)}, x_i \geq S_{i(j+1)}, \\ \frac{x_i - S_{i(j-1)}}{S_{ij} - S_{i(j-1)}}, & S_{i(j-1)} < x_i < S_{ij}, \\ \frac{S_{i(j+1)} - x_i}{S_{i(j+1)} - S_{ij}}, & S_{ij} \leq x_i < S_{i(j+1)}. \end{cases} \quad (2)$$

当 $j=n$ 时,

$$r_{ij} = \begin{cases} 0, & x_i \leq S_{i(j+1)}, \\ \frac{x_i - S_{i(j-1)}}{S_{ij} - S_{i(j-1)}}, & S_{i(j-1)} < x_i < S_{ij}, \\ 1, & x_i \geq S_{ij}. \end{cases} \quad (3)$$

2.2 建立模糊关系矩阵

建立方法是先用全部污染物指标建立一个 $m \times n$ 的隶属度矩阵, 本文污染物项目数 $m = 3$, 类别标准 $n=4$, 即建立一个第 k 年的 3×4 的隶属度矩阵 R_k 。例如以 2006 年淮安市大气污染物监测数据为例, 建立隶属度矩阵为

$$R_k = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & R_{14} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & R_{24} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & R_{34} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0.975 & 0.025 & 0 \\ 0.4 & 0.6 & 0 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.4 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{SO}_2 \\ \text{NO}_2 \\ \text{PM}_{10} \end{matrix}$$

由此可见, 2006 年淮安市大气污染物中 SO₂ 浓度为 II 级, 达 97.5% 的程度; NO₂ 浓度为 II 级, 达 60% 的程度; PM₁₀ 为 II 级, 达 60% 的程度。根据表 2 的实测资料数据, 代入隶属函数计算, 并建立模糊关系矩阵见表 3。

表 3 淮安市大气环境质量模糊关系矩阵

Table 3 The fuzzy relationship matrix of atmospheric environmental quality in Huaian City

年份	污染物	环境质量			
		I 级	II 级	III 级	IV 级
2005	SO ₂	0.475	0.525	0	0
	NO ₂	1	0	0	0
	PM10	0	0.8	0.2	0
2006	SO ₂	0	0.975	0.025	0
	NO ₂	0.4	0.6	0	0
	PM10	0	0.6	0.4	0
2007	SO ₂	0	0.05	0.95	0
	NO ₂	0.1	0.9	0	0
	PM10	0	0.6	0.4	0

2.3 计算各污染物的权重

模糊综合评价中赋权方法很多，可以分为标准赋权法和主因素突出赋权法两大类。标准赋权法因为仅考虑评价标准间的差异会产生荒谬的结论，超标倍数法是一种主因素突出型的赋权方法，但不同的权重定义使评价结果也相差很大。

本文采用超标倍数赋权法（陈玉成，1998），并将权值归一化，这样既可突出环境质量评价中主要污染物的作用，又考虑了不同污染物标准值的差异，计算较简便，其计算公式为：

$$w_i = \frac{x_i/s_i}{\sum_{i=1}^n x_i/s_i}$$

式中， w_i 为参数（污染物） i 的权重值； S_i 为第 i 种参数 n 个类别标准的平均值； x_i 为参数 i 的实际浓度值。

对 w_i 进行归一化后可得到一个 1×3 的权重值矩阵 W 。具体计算结果见表 4。

2.4 建立模糊评价结果矩阵

模糊矩阵 W 和 R 复合运算其含义是： W 中的 3 个数是 r_{ij} 3 个单项指标对于总体污染作用的权重大小； R 中第 1~4 列是 r_{ij} 上 3 个单项指标分别对于 I~IV 类大气污染水平的隶属度。考虑总体对几类空气质量的隶属度就必须考虑各项分类指标对几类的隶属度及其权重。这就是 W 中第一行与 R 中第一列复合运算的目的。本文采用先乘后并的方法，以便获得比较清晰的结果矩阵，准确得出评价对象的污染等级，从而对评价对象做出较好的描述。

根据以上数据及计算方法和步骤得到最终计算结果见表 5。

3 计算结果分析

从表 3 可以看出，除了 2005 年淮安市空气中平均 NO₂ 浓度属于 I 级（清洁）之外，2006 和 2007 年空气质量明显恶化，逐渐由轻度污染向中度污染过渡。

从表 4 各污染因子权重系数中可以看出，2005 和 2006 年影响淮安市空气质量的主要污染因子是 PM10，且随着淮安市工业的发展、机动车辆的急剧增加，SO₂、NO₂ 污染因子的权重不断增加。2007 年，PM10 已不再是淮安空气污染的主要因子，但仍占相当大的比例，而 SO₂ 已成为影响淮安市空气质量的主要因素。

4 结论

用模糊数学的方法，采用隶属度函数来描述大气污染状况，体现了实际界限的模糊性，其优点是综合、客观，使评价结果更符合实际且合理、可信（王淑文等，2001）。模糊数学作为一种方法，不仅可以对空气质量进行评价，而且还可以对水质、生物、物理等其他各项环境质量进行评价，使其评价结果更接近客观实际。

淮安是苏北欠发达城市，但近几年得到了较快的发展，随之而来的环境污染也逐渐严重。

表 4 权重计算结果

Table 4 The computation results of weight analysis

年份	SO ₂	NO ₂	PM 10
2005	0.311	0.145	0.544
2006	0.351	0.197	0.452
2007	0.452	0.187	0.361

表 5 模糊综合评价结果

Table 5 The results of fuzzy comprehensive evaluation

年份	I 级	II 级	III 级	IV 级	评价结果
	(清洁)	(轻污染)	(中污染)	(重污染)	
2005	0.290	0.598	0.112	0	0.598 (II 级)
2006	0.079	0.732	0.189	0	0.732 (II 级)
2007	0.019	0.430	0.551	0	0.551 (III 级)

综合评价结果表明,近两年淮安市的空气质量明显恶化。2007年,淮安市的空气状况已由之前的轻度污染过渡到中度污染,这不得不引起我们的重视。

参考文献 (References)

- 陈玉成. 1998. 环境数学分析 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社. Chen Yucheng. 1998. Environment Mathematics Analysis [M] (in Chinese). Chongqing: Southwest China Normal Universtiy Press.
- 陆书玉. 2005. 环境影响评价 [M]. 北京: 高等教育出版社. Lu Shuyu. 2005. Environmental Impact Assessment [M] (in Chinese). Beijing: High Education Press.
- 王淑文, 刘臣. 2001. 水环境质量评价的模糊数学方法 [J]. 吉林水利, 2: 20-22. Wang Shuwen, Liu Chen. 2001. Fuzzy mathematics method in water environment quality assessment [J]. Jilin Water Resources (in Chinese), 2: 20-22.
- 谢季坚, 刘承平. 2006. 模糊数学方法及其应用 [M]. 武汉: 华中理工大学出版社. Xie Jijian, Liu Chengping. 2006. Approach and Application of Fuzzy Mathematics [M] (in Chinese). Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press.
- 杨绪勤. 1989. 模糊数学在大气环境质量评价中的应用 [J]. 上海环境科学, 8 (1): 14-17. Yang Xuqin. 1989. Application of fuzzy mathematics in atmospheric environmental quality assessment [J]. Shanghai Environment Science (in Chinese), 8 (1): 14-17.
- 周毅, 赵光. 1993. 模糊数学综合评判法在大气环境质量评价中的应用 [J]. 辽宁工学院学报, 13 (4): 75-79. Zhou Yi, Zhao Guang. 1993. Application of fuzzy mathematics method on atmospheric environmental quality assessment [J]. Journal of Liaoning Institute of Technology (in Chinese), 13 (4): 75-79.
- 张美根, 韩志伟, 雷孝恩. 1999. Monte Carlo 多源模式在广东核电站大气环境评价中的应用 [J]. 气候与环境研究, 4 (2): 203-209. Zhang Meigen, Han Zhiwei, Lei Xiaoen. 1999. Application of Monte Carlo model for multiple sources to air quality assessment at atomic power plant of Guangdong [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 4 (2): 203-209.