

大气环境质量评价的未确知测度模型*

刘开第¹, 庞彦军¹, 姚立根¹, 李亚² (1. 河北建筑科技学院经济与管理工程系, 河北邯郸 056038, E-mail: L iuka i di@ 263. net; 2. 邯郸市环保研究所)

摘要: 给出大气环境质量综合评价的未确知测度模型, 并用于某大型钢铁企业的大气环境质量评价. 模型严谨, 测度函数的构造力求符合实际, 并且针对评价空间分割的有序性, 引入置信度识别准则使评判结果合理, 是大气环境质量综合评价的实用模型. 关键词: 大气环境质量, 未确知测度, 综合评价.

中图分类号: X823 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2000)03-0011-05

The Unascertained Measure Model of the Synthetical Evaluation on Atmosphere Environmental Qualities*

L iu K a i d i¹, P a n g Y a n j u n¹, Y a o L i g e n¹, L i Y a² (1. Dept. of Economics & Management, Hebei Institute of Architectural Science and Technology, Hebei Handan 056038, China E-mail: L iuka i di@ 263. net; 2. Handan Environmental Research Institute, Handan 056038)

Abstract This paper sets up an unascertained measure model of synthetical evaluating on atmosphere environmental qualities, and applies it to evaluate the atmosphere environmental qualities of a certain steel plant. This model is supposed to be strict in theory. The measure function is meticulously constructed. According to sequence in dividing the evaluating space, the rule of the incredible recognition is introduced. The evaluating result is reasonable. It is the practical model for synthetical evaluating on atmosphere environmental qualities. **Keywords:** atm osphere environm ental qualities, unascertained measure, synthetical evaluating.

邯钢是一个特大型钢铁企业, 地处邯郸市, 是邯郸大气环境最主要的污染源. 环保部门十分重视单项污染物的监测, 但是, 只有综合评价才能反映大气环境质量的全貌, 才能对各指标对总体的影响程度作出评价, 从而确定综合治理的策略. 为此, 本文探讨并建立大气环境质量综合评价的未确知测度模型, 为决策部门提供可靠的数量依据.

1 未确知测度模型

设 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 是 n 个测点的大气样本, X 表示对象空间, 则 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. 要评价 x_i 需要测量 m 个指标 $I_1, I_2, \dots, I_m$, 指标空间记作 I , 则 $I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$. 设 x_{ij} 表示 x_i 关于 I_j 的监测值, 对 x_{ij} 有 p 个评价等级 $c_1, c_2, \dots, c_p$, 评价空间记作 U , 则 $U = \{c_1, c_2, \dots, c_p\}$, 若 c_k 比

c_{k+1} “好”, 记作 $c_k > c_{k+1}$. 若 $c_1 > c_2 > \dots > c_k$, 称 $\{c_1, c_2, \dots, c_p\}$ 是评价空间 U 的一个有序分割类.

1.1 单指标未确知测度

用 $\mu_{ijk} = \mu(x_{ij} \in c_k)$ 表示监测值 x_{ij} 属于第 k 个评价等级 c_k 的程度, μ 满足:

$$0 \leq \mu(x_{ij} \in c_k) \leq 1 \tag{1}$$

$$\mu(x_{ij} \in U) = 1 \tag{2}$$

$$\mu\left|x_{ij} \in \bigcup_{l=1}^k c_l\right| = \sum_{l=1}^k \mu(x_{ij} \in c_l) \tag{3}$$

其中, $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m, k = 1, 2, \dots,$

* 国家自然科学基金资助项目(Porject Supported by the National Natural Science Foundation of China), 编号: 69675003 和河北省自然科学基金资助项目, 编号: 696391, 699319. 作者简介: 刘开第(1941~), 男, 教授, 主要从事不确定性信息数学处理的理论和方法研究. 收稿日期: 1999-09-17

p . 式(2)称为 μ 对评价空间 U 满足“归一性”; 式(3)称为 μ 对评价空间 U 满足“可加性”. 不满足“归一性”与“可加性”的测量结果, 在理论上讲是不可信的. 称满足(1)、(2)、(3)的 μ 为未确知测度, 简称测度. 称矩阵(4)为 x_i 单指标测度评价矩阵, 称矩阵(4)的第 j 个行向量为 x_{ij} 的单指标测度评价向量.

$$(\mu_{ijk})_{m \times p} = \begin{bmatrix} \mu_{i11} & \mu_{i12} & \cdots & \mu_{i1p} \\ \mu_{i21} & \mu_{i22} & \cdots & \mu_{i2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{im1} & \mu_{im2} & \cdots & \mu_{imp} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$(i = 1, 2, \dots, n)$

1.2 指标权重

用 w_j 表示指标 I_j 相对于其它评价指标的重要程度, w_j 满足:

$$0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^m W_j = 1 \quad (5)$$

称 w_j 为指标 I_j 的权重. $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ 为指标权重向量.

1.3 多指标综合测度

用 $\mu_{ik} = \mu(x_i \in c_k)$ 表示样本 x_i 属于第 k 个评价等级 c_k 的程度, 则:

$$\mu_{ik} = \sum_{j=1}^m w_j \mu_{ijk} \quad (6)$$

其中, $i = 1, 2, \dots, n, k = 1, 2, \dots, p$. 显然

$$0 \leq \mu_{ik} \leq 1, \sum_{k=1}^p w_{ik} = 1$$

所以, (6)式确定的 μ_{ik} 是未确知测度. 称矩阵(7)为多指标综合测度评价矩阵. 矩阵(7)的第 i 个行向量 $(\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{ip})$ 称为样本 x_i 的多指标综合测度评价向量.

$$(\mu_{ik})_{n \times p} = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \cdots & \mu_{1p} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \cdots & \mu_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{n1} & \mu_{n2} & \cdots & \mu_{np} \end{bmatrix} \quad (7)$$

1.4 识别

当 $\{c_1, c_2, \dots, c_p\}$ 有序时, 最大隶属度识别准则是不适用的. 为此, 建立置信度识别准则如下:

设置信度 $\lambda > 0.5$, 通常取 $\lambda = 0.6$ 或 0.7 , 且 $c_1 > c_2 > \dots > c_p$, 令:

$$k_0 = \min_k \left| k: \sum_{l=1}^k \mu_{il} \geq \lambda, k = 1, 2, \dots, p \right| \quad (8)$$

则判 x_i 属于第 k_0 个评价等级 c_{k_0} .

2 应用实例

邯钢是邯郸市市区大气环境的主要污染源, 现以1993年冬季在邯钢10个监测点连续7d对 SO_2 、 NO_x 、TSP、CO的监测值, 综合评价大气环境质量.

大气环境质量等级标准见表1.

表 1 大气环境的质量等级标准¹⁾

污染物名称	取值时间	浓度限值/ $mg \cdot m^{-3}$		
		c_1 : 一级 (清洁)	c_2 : 二级 (轻污染)	c_3 : 三级 (中污染)
I_1 : SO_2	日平均	0.05	0.15	0.25
I_2 : NO_x	日平均	0.10	0.10	0.15
I_3 : TSP	日平均	0.12	0.30	0.50
I_4 : CO	日平均	4.00	4.00	6.00

1) 城镇规划中确定的居住区、商业交通居民混合区、文化区、一般工业区和农村地区执行二级标准.

邯钢在 $3 \times 10^4 m^2$ 辖区内设立10个大气环境监测点. 1993年冬连续7d的监测结果如表2.

现对10个点的监测结果综合评价.

对象空间 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_{10}\}$, 指标空间 $I = \{I_1, I_2, I_3, I_4\}$. 评价空间 $U = \{c_1, c_2, \dots, c_5\}$, 前3个等级是国家规定等级, 超过三级标准记作四级, 当污染物浓度超过三级标准的1倍时视为高警级, 记作 c_5 , 表示污染非常严重.

2.1 单指标测度函数构造

表1中的等级划分标准给出了污染物浓度上限, 增加重污染等级 c_4 和严重污染等级 c_5 . 注意到 $I_2 = NO_x, I_4 = CO$ 的二级标准与一级相同, 超过一级按3级计. 构造各单指标的测度函数如图1.

表 2 污染物浓度监测值

监测点	污染物	最大日平均 /mg•m ⁻³	总平均值 /mg•m ⁻³	监测点	污染物	最大日平均 /mg•m ⁻³	总平均值 /mg•m ⁻³
1	SO ₂	0.738	0.557	6	SO ₂	0.282	0.195
	NO _x	0.193	0.116		NO _x	0.182	0.128
	TSP	1.288	0.904		TSP	0.904	0.702
	CO	5.22	3.31		CO	5.25	3.255
2	SO ₂	0.355	0.213	7	SO ₂	0.439	0.286
	NO _x	0.102	0.0608		NO _x	0.139	0.0956
	TSP	0.651	0.411		TSP	0.763	0.56
	CO	4.86	2.13		CO	4.63	2.885
3	SO ₂	0.178	0.117	8	SO ₂	0.363	0.308
	NO _x	0.156	0.114		NO _x	0.222	0.153
	TSP	0.859	0.672		TSP	1.162	0.769
	CO	4.72	2.99		CO	5.49	2.634
4	SO ₂	0.351	0.256	9	SO ₂	0.200	0.144
	NO _x	0.15	0.126		NO _x	0.148	0.087
	TSP	1.008	0.81		TSP	0.681	0.311
	CO	4.13	2.416		CO	2.98	1.978
5	SO ₂	0.392	0.312	10	SO ₂	0.256	0.107
	NO _x	0.12	0.0878		NO _x	0.186	0.136
	TSP	0.677	0.509		TSP	1.176	0.717
	CO	4.04	2.189		CO	3.31	1.600

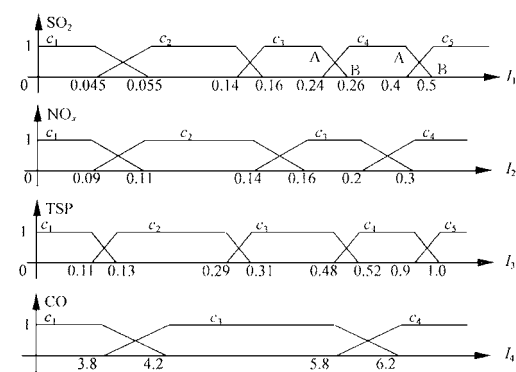


图 1 各单指标的测度函数图

最大日均值

$$x_1: (\mu_{1jk})_{4 \times 5} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

日均值

$$(\mu_{1jk})_{4 \times 5} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.96 & 0.04 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

2.2 单指标测度评价矩阵

由表 2 中的指标监测值及单指标测度函数, 可求各测值的单指标测度. 如 $x_{41} = 0.256$, 表示第 4 个测点关于指标 $I_1 = \text{SO}_2$ 的日平均值为 0.256, 欲求 $\mu(x_{41} \in c_k)$. 在图 1 中, 线段 AB 所在的直线方程: $y = \frac{1}{2}(-100x + 26)$, 将 $x = 0.256$ 代入, 求出 $\mu_{413} = 0.2$, 知 $\mu_{414} = 0.8$, $\mu_{411} = \mu_{412} = \mu_{415} = 0$, 由此得测值 x_{41} 的单指标测度评价向量为 $(0, 0, 0.2, 0.8, 0)$. 仿此可得单指标

测度评价矩阵为:

$$x_2: (\mu_{2jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0.4 & 0 & 0.6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$
$$(\mu_{2jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$x_3: (\mu_{3jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0.8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$
$$(\mu_{3jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$x_4: (\mu_{4jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0.175 & 0 & 0.825 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$
$$(\mu_{4jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0.2 & 0.8 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$x_5: (\mu_{5jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0.4 & 0 & 0.6 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$
$$(\mu_{5jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.275 & 0.725 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$x_6: (\mu_{6jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.96 & 0.04 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$
$$(\mu_{6jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$x_7: (\mu_{7jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.61 & 0.39 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$
$$(\mu_{7jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0.72 & 0 & 0.28 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$x_8: (\mu_{8jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.78 & 0.22 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$
$$(\mu_{8jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.175 & 0.825 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$x_9: (\mu_{9jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.6 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$
$$(\mu_{9jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$x_{10}: (\mu_{10jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0.2 & 0.8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$
$$(\mu_{10jk})_{4 \times 5} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

2.3 多指标综合测度评价矩阵

TSP 更为重要, 指标权重由专家确定为:

考虑到邯钢的具体情况, 监测指标 SO₂ 与

(w_1, w_2, w_3, w_4)
= (0.325, 0.200, 0.275, 0.200)
最大日均值:
 $(\mu_{ik})_{10 \times 5} =$

C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	
0	0	0.200	0.200	0.600	x_1
0.080	0	0.320	0.600	0	x_2
0	0	0.565	0.435	0	x_3
0.035	0	0.265	0.425	0.275	x_4
0.08	0	0.320	0.600	0	x_5
0	0	0.200	0.789	0.011	x_6
0	0	0.400	0.473	0.127	x_7
0	0	0.200	0.481	0.319	x_8
0.200	0	0.445	0.355	0	x_9
0.200	0	0.065	0.460	0.275	x_{10}

(9)

2.4 识别

取置信度 $\lambda = 0.6$, 由多指标综合测度评价矩阵(9)、(10)及公式(6)评定测点 x_i ($i = 1, 2, \dots, 10$) 的污染级别见表 3.

表 3 测点污染等级										
测点	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
按最大日均值计	C5	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C4
按日均值计	C4	C3	C3	C4	C4	C3	C4	C4	C3	C3

3 结果分析

邯钢地处邯郸市, 按国家规定大气环境

由单指标测度评价矩阵及指标权重向量, 按公式(6)得多指标综合测度评价矩阵为:
日均值:

$(\mu_{ik})_{10 \times 5} =$

0.2	0	0.2	0.264	0.336
0.400	0	0.600	0	0
0.200	0.325	0.200	0.275	0
0.200	0	0.265	0.535	0
0.400	0	0.076	0.524	0
0.200	0	0.525	0.275	0
0.344	0	0.056	0.600	0
0.200	0	0.035	0.765	0
0.400	0.260	0.450	0	0
0.200	0.325	0.200	0.275	0

(10)

执行二级标准. 按各项污染物的日均浓度评价, 仅有 $x_2, x_3, x_6, x_9, x_{10}$ 这 5 个测点属于三级即中污染, 其余测点属于四级即重污染, 与大气环境的二级质量标准相差较大. 除 CO 的浓度基本符合标准外, NO_x, SO_2, TSP 都超标, 特别是 SO_2, TSP 严重超标, 如测点 x_1 , 按最大日均值评价已超过警限.

参考文献

1 丁进宝. 倍斜率聚类法在环境质量综合评价中的应用. 环境科学, 1995, 16(1): 48~ 51.
2 程乾生. 属性集和属性综合评价系统. 系统工程理论与实践, 1997, 17(9): 1~ 8.