城市综合环境质量的物元分析评价*

李祚泳

（成都气象学院大气电子工程系，成都 610041）

摘要 为了探索物元分析方法用于城市综合环境质量评价的可能性，通过计算城市环境对各评价等级的综合关联度，进行城市综合环境质量评价。用物元分析法对四川省16个城市的综合环境质量评价结果表明它用于城市综合环境质量评价是可行的。

关键词 物元分析，关联函数，环境质量评价。

国内有人采用二级模糊综合评判或二级灰色聚类法进行城市综合环境质量评价[1,2]。这2种方法需要设计众多的隶属函数或白化函数，当评价因素或评价等级数目较多时，计算量大。城市综合环境质量评价，其各单项因素评价结果往往是互不相容的。我国学者蔡文80年代初提出的物元分析为处理不相容问题开辟了新途径[3]。因此，可将物元分析法用于城市综合环境质量评价。

1 物元分析和物元分析评价[3]

1.1 n维物元和物元矩阵

物元分析可用来处理在某些条件下，用通常方法无法处理的不相容问题的一种分析方法。若对象M需用n个特征Q，Q，$\cdots Q_n$及其相应量值x_1，x_2，$\cdots x_n$描述时，它可用n维物元矩阵表示为：

$$R=\begin{pmatrix} M & Q_1 & x_1 \\ & Q_2 & x_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & Q_n & x_n \end{pmatrix}$$

1.2 节域物元矩阵和经典域物元矩阵

若对象M为由标准事物加上可转化为标准事物所组成的节域对象。而$x_{pj}=\langle a_{pj}, b_{pj}\rangle$表示节域对象关于特征$Q_j$的量值范围。则节域对象的物元矩阵表示为：

$$R_p=\begin{pmatrix} M & Q_1 & \langle a_{p1}, & b_{p1}\rangle \\ & Q_2 & \langle a_{p2}, & b_{p2}\rangle \\ & \vdots & \vdots & \vdots \\ & Q_n & \langle a_{pn}, & b_{pn}\rangle \end{pmatrix}$$

若对象M只是标准对象，其特征的量值范围为$x_{ij}=\langle a_{ij}, b_{ij}\rangle$，则经典域对象物元矩阵表示为：

$$R_i=\begin{pmatrix} M_i & Q_1 & \langle a_{i1}, & b_{i1}\rangle \\ & Q_2 & \langle a_{i2}, & b_{i2}\rangle \\ & \vdots & \vdots & \vdots \\ & Q_n & \langle a_{in}, & b_{in}\rangle \end{pmatrix}$$

显然，$x_{ij}\subset x_{pj}(i=1, 2, \cdots, B, j=1, 2, \cdots n)$

1.3 关联函数及评价标准

关联函数表示物元的量值取为实轴上一点时，物元符合要求的取值范围程度。它定义为：

$$K(x)=\begin{cases} -\dfrac{\rho(x, x_0)}{|x_0|} & x\in x_0 \\ \dfrac{\rho(x, x_0)}{\rho(x, x_1)-\rho(x, x_0)} & x\overline{\in} x_0 \end{cases} \quad (1)$$

式中，$\rho(x\ x_0)=|x_0-\frac{1}{2}(a+b)|-\frac{1}{2}(b-a)$ (2)

它为一点x_0到区间$x=[a,b]$的距离。因为关联函数$K(x)$的数值表示被评价的对象对某级标准对象的取值范围的隶属程度。因此，可以根据$K(x)$的不同取值范围作评价标准，见表1。

2 物元分析应用于城市综合环境质量评价实例

该方法用于文献[4]中的四川省16个城市的综合环境质量评价。城市各项环境因子监测值如表2所示。为了使该方法的评价结果能与文献[4]用模糊综合评价结果相比较，各评价因子的分级标准取值与文献[4]的标准取值相同，即以国家有关规定和标准为依据，结合四川环

* 四川省应用基础研究专项基金项目

收稿日期：1995-04-28

表1 评价标准

$K(x)\geqslant 0$	$-1\leqslant K(x)<0$	$K(x)<-1$
表示评价对象符合标准对象的要求，其值大小表示符合要求的程度。	表示评价对象不符合标准对象的要求，但具有转化为标准对象的条件。	表示评价对象不符合标准对象的要求，且不具有转化为标准对象的条件。

境现状，作了适量调整。因为生产生活环境质量的3项评价因子的数值愈大，环境质量愈好，这与其它项评价因子恰好相反。因此，为了与其它项评价因子相一致，这3项评价因子采用其各级标准的倒数值作为评价标准。各评价因子的分极标准和选定的最高允许量如表3所示。

表2 四川省16个主要城市环境因子监测值

城市名	每万元工业产值三废排放量			一年每km²污染负荷量			污染状况			生产生活环境质量		
	废水(t)	废气(10^4m^3)	废渣(t)	工业废水(10^4t)	工业废气(10^4m^3)	工业废渣(t)	SO_2($\mu g/m^3$)	TSP($\mu g/m^3$)	居民区白天噪声(dB)	1/人均耕地面积	1/人均居住面积	1/人均绿化面积
重庆	628	4.0	144.2	36.6	2343	940	490	620	57.7	0.55	0.045	0.023
成都	405	5.8	99.0	17.2	2469	682	80	380	59.9	0.61	0.047	0.023
自贡	246	5.1	17.3	3.8	802	213	190	480	59.7	0.66	0.044	0.028
攀枝花	565	24.2	1326.4	3.7	1587	5131	50	390	63.0	0.59	0.038	0.058
泸州	865	12.1	7.3	41.2	5758	340	180	860	63.0	0.57	0.045	0.027
德阳	262	1.6	2.0	0.4	25	18	340	300	57.6	1.02	0.042	0.022
内江	3030	10.3	18.1	116.9	3970	1382	250	480	57.5	0.56	0.046	0.021
乐山	998	9.9	42.1	3.3	324	220	220	1120	57.4	0.77	0.043	0.022
绵阳	196	1.9	10.5	1.0	95	67	250	160	55.0	0.95	0.042	0.032
万县	286	3.4	6.1	5.0	618	265	260	870	47.2	0.59	0.047	0.021
涪陵	771	10.8	9.6	0.7	94	34	630	1140	62.0	1.14	0.041	0.023
宜宾	958	9.9	27.0	4.3	444	227	370	590	52.1	0.71	0.045	0.021
南充	254	3.0	4.1	10.9	1261	370	270	680	48.0	0.57	0.039	0.023
达县	406	5.4	15.3	6.2	842	576	70	1360	49.0	0.62	0.039	0.022
雅安	555	4.5	3.7	1.0	84	34	20	350	74.0	0.81	0.043	0.023
西昌	222	7.8	2.0	1.0	342	118	30	170	55.4	0.59	0.039	0.023

表3 城市环境质量评价因子分级标准及评价因子最高允许量

	评价因子	1级	2级	3级	4级	5级	最高允许量
三废排放量	废水(t)	50.0	100.0	300.0	500.0	1000.0	3000.0
	废气(10^4m^3)	0.5	1.0	3.0	5.0	10.0	30.0
	废渣(t)	0.5	1.0	3.0	10.0	20.0	50.0
污染负荷量	工业废水(10^4t)	0.3	1.0	4.0	8.0	16.0	100.0
	工业废气(10^4m^3)	25.0	50.0	100.0	250.0	500.0	5000.0
	工业废渣(t)	15.0	30.0	60.0	150.0	300.0	1500.0
污染状况	SO_2($\mu g/m^3$)	10.0	20.0	60.0	150.0	300.0	1000.0
	TSP($\mu g/m^3$)	100.0	150.0	300.0	500.0	800.0	3000.0
	居民区白天噪声(dB)	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	80.0
生产生活质量	1/人均耕地面积	0.5	0.56	0.67	0.8	1.25	5.0
	1/人均居住面积	0.04	0.015	0.05	0.06	0.1	0.5
	1/人均绿化面积	0.02	0.02	0.022	0.025	0.03	0.2

2.1 城市综合环境的节域物元矩阵和经典域物元矩阵的建立

令 M：{城市环境}，M_i：{i 级环境}，$i=1, 2, \cdots, 5$。以 $Q_j(j=1, 2, \cdots, 12)$ 分别代表表 3 中的 12 个评价因子。节域物元矩阵的 Q_j 取值范围 $x_{pj}=<a_{pj}, b_{pj}>$ 应为 $x_{pj}=<0$，评价因子 j 的最高允许量>。而综合环境经典域物元矩阵的 Q_j 取值范围 $x_{ij}=(a_{ij}, b_{ij})$ 应为 $x_{ij}=<0$，各因子的 i 级标准值>。$i=1, 2, \cdots, 5$。

2.2 计算各评价因子的权重

采用下述指数超标法计算公式计算 i 级标准中各评价因子的权重。

$$\overline{W}(j)=\overline{Q}(j)/\overline{S}(j,i),\ j=1, 2, \cdots, n \quad (3)$$

式中，$\overline{Q}(j)$ 为 j 因子监测值的平均值，$\overline{S}(j,i)$ 为 j 因子标准值的平均值，其归一化权值见表 4。

2.3 每个城市环境对各评价等级的综合关联度

表 4 基于指数超标法计算的各因子归一化权值

项目	三废排放量			污染负荷量			污染状况			生产生活环境质量		
	废水	废气	废渣	工业废水	工业废气	工业废渣	SO_2	TSP	居发区白天噪声	1/人均耕地面积	1/人均居住面积	1/人均绿化面积
$W(j)$	0.022	0.025	0.203	0.043	0.113	0.095	0.108	0.085	0.058	0.086	0.067	0.095

根据表 2 中各城市的因子监测值，按公式(1)公式(2)和加权公式(公式 4)

$$K_i(x)=\sum_{j=1}^{12}W(j)K_i(x_j)\begin{pmatrix} i=1, 2, \cdots 5, \\ j=1, 2, \cdots 12 \end{pmatrix} \quad (4)$$

计算各城市综合环境对各评价等级的综合关联度 $K_i(x)$，如表 5 所示。按表 1 的评价标准，四川省 16 个城市综合环境质量的物元分析评价结果见表 5。

表 5 各级的关联函数值及评价结果

城市名	$K_1(x)$	$K_2(x)$	$K_3(x)$	$K_4(x)$	$K_5(x)$	物元分析法评价结果	B-P 法评价结果	模糊法排序结果
重庆	−0.8906	−0.8695	−0.8387	−0.8201	−0.8560	5^+	5	16
成都	−0.6979	−0.6723	−0.6005	−0.4578	−0.4369	5^+	5	10
自贡	−0.4052	−0.3750	−0.2827	−0.0996	0.2022	5	5	7
攀枝花	−6.0211	−6.0441	−6.1492	−7.0139	−9.1483	5^+	5	15
泸州	−0.4793	−0.4524	−0.3893	−0.1682	0.0241	5	5	13
德阳	−0.2935	−0.1151	0.0485	0.0712	0.1189	3	3	1
内江	−0.4968	−0.4715	−0.4199	−0.2948	−0.0745	5^+	5	14
乐山	−0.4665	−0.4402	−0.3706	−0.2326	0.0246	5	5	12
绵阳	−0.3804	−0.3016	−0.1124	0.0866	0.2338	4	3	2
万县	−0.3679	−0.3338	−0.2369	0.0456	0.2047	4	4	9
涪陵	−0.3910	−0.3087	−0.1838	−0.0255	0.1259	5	4	5
宜宾	−0.4064	−0.3789	−0.3118	−0.1675	0.0918	5	5	8
南充	−0.3614	−0.3240	−0.2118	0.0223	0.1340	4	4	6
达县	−0.3687	−0.3369	−0.2474	−0.0483	0.1281	5	5	11
雅安	−0.3740	−0.2560	−0.0110	0.1619	0.1765	4	4	4
西昌	−0.3323	−0.2356	0.0941	0.1527	0.2320	3	3	3

3 比较

表 5 中亦列出分别用 B-P 人工神经网络法和模糊综合评价法[4]对上述 16 个城市综合环境质量评价和排序结果。可以看出用物元分析法和 B-P 法对 16 个城市综合环境质量评价，除绵阳和涪陵各相差 1 级外，其余 14 个城市评价

（下转第 88 页）

高的社会折现率会使更多的资源得到保护或保持，这显然对资源环境有利。另一方面，从直接利用资源的角度看，如果社会折现率越高，将会使耗竭性资源消耗速度越快、可更新资源的存量也将越小，这显然对以后各世代人的资源环境不利。于是，将出现这样一种两难困境，即高的社会折现率既对资源环境基础有利且同时又不利的矛盾状况出现，我们称这一两难困境为"社会折现率资源环境两难困境"。

"社会折现率资源环境两难困境"表明，社会折现率不足以充分分析资源环境保护和利用问题，更不足以处理持续发展的代际公平性问题。

如果对性质不同的投资项目采取不同的社会折现率(即对环境项目采取相对较低的社会折现率，而对非环境项目采取相对较高的社会折现率)，那么也会出现新的问题，即实际操作中的困难。一是不同社会折现率的选取问题，即如何针对不同的项目采取不同的社会折现率；二是项目性质的界定或划分的困难性，即如何确定哪些项目属于环境项目，哪些项目属于非环境项目。

4 结论

上述分析表明，社会折现率不足以充分诱导资源环境的保护和利用，因此需要从多方面来分析资源环境的保护和有效利用及代际公平性问题。

首先，应改进目前的"社会折现"的评价方法，或建立更好的社会折现技术。

其次，可以寻求其它途径或建立其它模式对资源环境进行评价，尤其是成本和效益评价技术。

再次，在任何行为中都应该按照持续发展原则，综合考虑资源环境问题。

最后，应强调从资源持续利用的角度，来体现世代间的公平性，尤其是在处理环境风险大、不可逆性强、比较敏感或脆弱的生态系统时更需要谨慎。

参 考 文 献

1 毛文永. 环境科学. 1994，**15**(4)：1

2 赵景柱. 科技导报. 1992，(4)：13

2 Amsberg J von. Project Evaluation and the Depletion of Natural Capital：An Application of the Sustainability Principles. Environmental Department，The World Bank，1993

4 Den Butter F A G，Verbruggen H. Environmental and Resource Economics，1994，(4)：187

5 Opschoor J B. Environmental Economy and Sustainable Development. Groningen：Wolters-Noordhoff，1992

6 World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford：Oxford University Press，1987

(上接第78页)

结果完全一致。若将模糊综合评判法对16个城市评价排序数按下面对应关系划分为三级：

排序数	1—3	4—6	7—15
相应等级	3级	4级	5级

则只有序数为2(绵阳)、5(涪陵)和9(万县)对应的等级与物元分析法评价结果相应的等级不一致。因此，物元分析法可用于城市综合环境质量评价。

4 结论

物元分析法用于环境质量评价有以下特点：

(1) 物元分析根据综合关联度数值范围对环境质量作出评价，结果清晰，判断准确。

(2) 关联函数 $K(x)$ 的设计形式固定，并且只是简单的四则运算，计算简便。

参 考 文 献

1 葛晔等. 环境科学丛刊. 1991，**12**(2)：6

2 张庆杰. 环境保护. 1994，(2)：18

3 蔡文. 物元分析. 广州：广东高等教育出版社，1987：1—163

4 吕恩琳. 城乡生态环境. 1993，**17**(2)：30

also measured, and the total levels of amines in the cheese were also measured, and the total levels of amines in the cheese were about 1.34×10^5 μg/kg. Based on the daily diet and drinking a person, the theoretical calculation was made for the relative yield of endogenously synthesized nitrosamines in human body in different areas.

Key words: endogenous synthesis, nitrosamine, gastric cancer etiology.

Temporal and Spatial Patterns of Environmental Risk Events in the Past 30 Years in Shenyang City. Bi Jun (Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101), Wang Huadong (Institute of Environ. Sciences, Beijing Normal Univ., Beijing 100875): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(5), 1995, pp. 72—75

The index of "risk frequency" and other relative indices are used to analyze the temporal and spatial patterns of environmental risk events in the past 30 years in Shenyang city. The results show that there existed an extremely significant variation in the risk frequency during the periods of 1966—1977 and 1978—1979 ($t = -7.353$, $t_{0.01} = 2.807$). During the past 30 years, there was no significant variation in the spatial patterns of the evironmental risk, while the distribution of environmental risk among the districts was extremely different. In Shenyang city, there existed a series of high-risk enterprises, and the chemical industry was of the highest risk.

Key words: Shenyang, environmental risk, temporal and spatial patterns, risk frequency.

Assessment on the Comprehensive Urban Environmental Quality Based on a Matter Element Analysis. Li Zuoyong (Dept. of Atmospheric Electronics Eng., Chengdu Institute of Meteorology, Chengdu 610041): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(5), 1995, pp. 76—78

In order to study the possibility of the use of a matter element analysis in the assessment on comprehensive urban environmental quality, an assessment model for the comprehensive urban environmental quality was developed by calculating the comprehensive cognate degree between the environment and each assessment class. The results from exemplified application to 16 cities in Sichuan show that it was rational and practicable to assess the comprehensive urban environment quality by using a matter element analysis.

Key words: matter element anlaysis, cognate function, environmental quality assessment.

Membrane Bio-reactor Technology for the Treatment of Water and Wastewater. Fan Yaopo and Wang Jusi (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(5), 1995, pp. 79—81

A review was made on the concept, categories and characteristics of membrane bioreactors and the advances in their R & D for use in the treatment of water and wastewater. The bioreactors, including the immersed hollow fiber membrane bioreactors, the crossflow filtration membrane bioreactors and the extractive membrane bioreactors, were described by giving eight examples of membrane bioreactors for the treatment of water and wastewater, and their respective technical parameters and treatment efficiencies. All of these membrane bioreactors used an activated sludge process in their bioreactors and were equipped with an ultrafiltration membrane, a microfiltration membrane or an extractive membrane in their membrane units. They have been developed for the purposes of nitrogen removal, organic pollutants removal, or degradation of priority toxic substances. The membrane bioreactors had higher removal efficiencies, for example, a COD removal of up to 80%—90% and a NH_3-N removal of over 98%. There was a lower turbidity in their effluents which are thus suitable for reuse. It was pointed out that more and more attention has been paid in many countries to the membrane bioreactor as technology for recycling or reusing wastewater as a secondary resource.

Key words: bioreactor, membrane technology, water treatment, wastewater treatment.

Study on Metals Behavior in Marine Salt Marsh Environments. Fan Zhijie et al. (Institute of Marine Environ. Protection, SOA, Dalian 116023): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(5), 1995, pp. 82—86

The behaviors of metals and their affecting chemical/physical factors, including salt marsh area classifications, metal mobility, and the relationship between salt marsh plants and metals in the marine salt marsh environments, have been discussed in some details. The study has also shown that some salt plants in an early growth stage may be damaged by higher concentration of metals. Those plants can therefore be used as biomonitor for the environmental condition.

Key words: marine salt marsh, salt marsh plant, metal contamination, bioindicator.