

文章编号:1673-2340(2006)04-0041-03

GTPM(1)模型在二氧化硫污染指数预测中的应用

石 健

(南通大学 化学化工学院, 江苏 南通 226007)

摘 要:根据南通市1997~2003年的环境质量数据,利用GTPM(1)模型对南通市未来几年大气中的二氧化硫污染指数进行预测,通过预测探讨了环境质量的变化趋势,所建模型具有较低残差、较高精度,有较好的可行性和适用性,可为管理规划提供决策依据。

关键词:优序法;数学模型;二氧化硫污染指数;残差

中图分类号:X11

文献标识码:A

Application of GTPM (1) Model to Forecast the Trend of Sulfur Dioxide Pollution Index of the Atmosphere

SHI Jian

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Nantong University, Nantong 226007, China)

Abstract: According to the environmental quality data of Nantong from 1997 to 2003, sulfur dioxide pollution index of the atmosphere was calculated and the trend of the environment quantity was forecasted by the GTPM (1) model. The results show the built model has lower residual, higher accuracy and better feasibility and suitability, which can be used as decision reference for the management and planning.

Key words: optimum order method; mathematical models; sulfur dioxide pollution index; residual

环境质量的优劣受多种因素的影响,比较不同区域或同一区域不同监测点的环境质量的优劣是环境质量评价的重要内容之一,也是环境管理和环境决策中的重要问题。环境数学方法可以定量化表述与比较“三废”处理系统,给工程决策提供依据,有利于避免受主观片面因素的影响,因此用数学方法对环境质量做及时有效的比较、预测,防患于未然,才能真正做到可持续发展^[1-3]。

江苏省是我国经济发达、人口稠密的地区。随着经济的不断发展,大气污染和酸雨也日益加剧,局部地区已比较严重。众所周知,酸雨是由于大气中二氧化硫浓度过高引起的,目前我省部分地区大气污染已相当严重,徐州、邳州和新沂市区已被划为酸雨控制区^[4-5]。

由表1看出,苏南和苏中地区雨水酸度和酸

表1 1997年江苏省不同地区城市平均降水pH值

地区	pH范围	平均pH值	酸雨频率范围/%
苏南	4.16~5.71	5.15	11.5~40.9
苏中	5.02~5.21	5.09	20.2~41.0
苏北	5.31~6.54	6.06	2.6~9.8

雨频率均明显大于苏北地区,这与全国南方酸雨污染重于北方的趋势一致。因此对南通地区二氧化硫污染指数的研究与深入探讨有着切实的社会意义。本文将以南通市(苏中城市)近几年的二氧化硫污染指数为研究对象,试着把GTPM(1)模型用于二氧化硫污染指数的预测^[6-8],以期对环境监测、环境规划、环境预测等工作提供有利的数字依据,从而帮助环保部门能对环境的改变及时做出相应的决策。

收稿日期:2006-04-26

基金项目:江苏省教育厅自然科学基金项目(05KJD350162),南通大学博士启动基金项目(03040266)

作者简介:石 健(1972-),女,南通大学化学化工学院讲师,博士,主要从事污染治理及控制技术方面的研究。

1 建模原理

灰色二次幂函数曲线模型是一个幂函数与二次函数的复合函数,但为了使模型能有理想的拟合精度,我们还需对所建模型做进一步的优化建模,而且它是模型能否正确分析、预测环境系统未来的发展态势的关键。

设有原始时间数列 $X^{(0)}$

$$X_{(k)}^{(0)} \{X_{(1)}^{(0)}, X_{(2)}^{(0)}, X_{(3)}^{(0)}, \dots, X_{(n)}^{(0)}\} \quad (1)$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, n$$

作一阶累加生成成为 $X^{(1)}$ 其中

$$X_i^{(1)} = \sum_{j=1}^i X_j^{(0)} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

对应于 $X_{(i)}^{(1)}$ 的一次累加生成成为 $a^{(1)} X_{(i)}^{(1)}$, 其中:

$$a^{(1)} X_{(i)}^{(1)} = X_{(i)}^{(1)} - X_{(i-1)}^{(1)} = X_{(i)}^{(0)}$$

微分方程拟合得到的白化形式灰色动态模型为:

$$\frac{dX}{dt} + a \frac{X^{(1)}}{t} = bt \quad (3)$$

式中 a, b 为待定参数, 记

$$A = \begin{bmatrix} -X_{(1)}^{(1)} & 1 \\ -\frac{X_{(2)}^{(1)}}{2} & 2 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{X_{(n)}^{(1)}}{2} & n \end{bmatrix} \quad Y_n = \begin{bmatrix} X_{(1)}^{(0)} \\ X_{(2)}^{(0)} \\ \vdots \\ X_{(n)}^{(0)} \end{bmatrix}$$

$$\text{则 } a = (a, b)^T = (A^T A)^{-1} A^T Y_n \quad (4)$$

式中 a, b 为微分方程(1)的灰参数。

式(3)的数学解析式为:

$$X^{(1)}(t) = C t^{-a} + P t^2 \quad (5)$$

$$\text{式中, } C = X_{(1)}^{(1)} - \frac{b}{2+a}, \quad P = \frac{b}{2+a}$$

式(5)是一个幂函数与二次函数的复合函数,定义为灰色二次幂函数曲线模型,简称 GTPM (1)。进一步分析式(5)可得:当 $a > 0$ 或 $a < 0$ 时, $x^{(1)}$ 主要反映系统的单调性;当 $a = 0$ 时, $x^{(1)}$ 则转化为抛物线。

人们通常希望所选用的灰色模型具有理想的拟合精度,能借助于模型准确描述环境系统的运行规律,并透过现实的运行规律去分析、预测环境系统未来的发展态势。因此,常对已建模型做进一步的优化建模。式(5)中,由于 a 已经求出,可视参数 $C,$

P 为待估参数,依最小二乘法有:

$$\hat{C} = (\hat{C} \cdot \hat{P})^T = (B^T B)^{-1} B^T Y_m \quad (6)$$

式中:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2^{-a} & 2^{-a} \\ \vdots & \vdots \\ n^{-a} & n^2 \end{bmatrix} \quad Y_m = \begin{bmatrix} X_{(1)}^{(1)} \\ X_{(2)}^{(1)} \\ \vdots \\ X_{(n)}^{(1)} \end{bmatrix}$$

于是得到 GTPM(1)的优化模型。由于 $x^{(1)}$ 由 $x^{(0)}$ 累加生成,则 $x^{(0)}$ 可由 $x^{(1)}$ 累减得到,因而 GTMP(1) 的还原态模型为:

$$\hat{X}^{(0)}(t) = C[t^{-a} - (t-1)^{-a}] + 2Pt - P \quad (7)$$

由式(7)可以看出, GTPM(1)是幂函数与线性函数的复合函数,它既能反映系统的线性律特征,也能反映系统的幂指数律特征,当然更能反映系统的幂指数律与线性律的耦和特征。

2 应用实例

为进一步研究优化建模后的 GTPM(1)模型在实际环境预测中的实用性,下面以预测二氧化硫污染指数为例,将模型运用于实际预测。

南通市 1997~2003 年二氧化硫污染指数数据及一阶累加生成数据见表 2。

表 2 南通市 1997~2003 年二氧化硫污染指数一阶累加生成序列

年份	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
$X^{(0)}/(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	0.034	0.028	0.032	0.048	0.037	0.041	0.041
$X^{(1)}/(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	0.034	0.062	0.094	0.142	0.179	0.220	0.261

由上述方法得:

$$A = \begin{bmatrix} -0.0340 & 1 \\ -0.0310 & 2 \\ -0.0313 & 3 \\ -0.0355 & 4 \\ -0.0358 & 5 \\ -0.0367 & 6 \\ -0.0373 & 7 \end{bmatrix} \quad Y_N = \begin{bmatrix} 0.034 \\ 0.028 \\ 0.032 \\ 0.048 \\ 0.037 \\ 0.041 \\ 0.041 \end{bmatrix}$$

$$\text{则 } a = (a, b)^T = (A^T A)^{-1} A^T Y_N = \begin{bmatrix} -0.9818 \\ 0.0008773 \end{bmatrix}$$

$$\text{即 } a = -0.9818, \quad b = 0.0008773$$

$$\text{所以 } C = 0.034 - \frac{0.0008773}{2 - 0.9818} = 0.03312$$

$$P = \frac{0.0008773}{2 - 0.9818} = 0.0008773$$

$$\hat{C} = (\hat{C} \cdot \hat{P})^T = (B^T B)^{-1} B^T Y_m = \begin{bmatrix} 0.03038 \\ 0.001182 \end{bmatrix}$$

$$\text{即 } C = 0.03038 \quad P = 0.001182$$

$$\text{则 } X_{(t)}^{(0)} = 0.03038 [t^{0.9818} - (t-1)^{0.9818}] + 0.002364t - 0.001182$$

3 模型检验

经上述 GTPM(1)模型计算还原后所得二氧化硫污染指数计算值的残差结果列于表 3。

表 3 GTPM(1)模型残差检验

序号	年份	测量值	模型值	残差	误差/%
1	1997	0.034	0.03399	0.00001	0.029
2	1998	0.028	0.03316	-0.00516	-18.42
3	1999	0.032	0.03525	-0.00325	-10.15
4	2000	0.048	0.03743	0.01057	22.0
5	2001	0.037	0.03966	-0.00266	-7.18
6	2002	0.041	0.04192	-0.00092	2.24
7	2003	0.041	0.04419	-0.00319	7.78

残差计算结果表明,模型计算值与实际测量值比较接近,平均误差为 9.69%,模型精度为 90.31%,在误差允许范围内不需再做残差修正。

4 二氧化硫污染指数预测

利用上述模型对南通市二氧化硫污染指数进行预测,其结果见表 4。

表 4 未来几年南通市二氧化硫污染指数预测值

年份	2004	2005	2006	2007	2008
预测值 ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	0.04648	0.04878	0.05109	0.05340	0.05572

由表 3 可知,南通市二氧化硫指数近几年将一直处在国家二类标准的水平上,符合各方面的要求。

5 小 结

(1) 本文应用灰色系统理论对南通市二氧化硫污染指数建立 GM(1, 1)模型,低残差,精度较高,能够反映南通市二氧化硫污染指数,具有实用价值。

(2) 所得模型结果显示,在保持现有条件不变的情况下,未来几年内二氧化硫污染指数将符合国家二级标准,但呈增长趋势。目前南通正处于快速发展阶段,城市二氧化硫排放量必然随着经济的增长而增加,也就是说事实上二氧化硫的增长趋势要比模型计算的快,为能真正做到可持续发展、防患于未然,应得到有关部门及广大市民的重视,在某些方面应做好规划。

(3) GTPM(1)模型在环境预测中的应用是可行的,它可以为今后制定环境规划、防治等方面提供科学依据。

参考文献:

- [1] 国家环境保护局规划与财务司. 环境统计概论[M].北京:中国环境科学出版社, 2001.
- [2] 金良超. 多目标决策的优序法及其应用[J]. 系统工程理论与实践, 1984, 4(3):9-14.
- [3] 邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉:华中工学院出版社, 1985.
- [4] 1997-2003年南通市环境公报.
- [5] 韩 敏. 江苏省大气污染和酸雨的现状预测[J]. 污染防治技术, 2003, 16(2):17-20.
- [6] 向跃霖. GTPM(1)模型在二氧化硫排放量预测中的应用[J]. 污染防治技术, 1996, 9(4):247-250.
- [7] 石 健. 灰色系统理论预测大气氮氧化物污染的应用[J]. 华东地质学院学报, 2003, 26(1):38-40.
- [8] 田贵全. 优序法用于环境质量的比较[J]. 化工环保, 1995, 15(6):371-373.

(上接第 18 页)

3 时, $C_3^2 = 3$, 故外积为 $R^3 \times R^3 \rightarrow R^3$ 的代数运算, 即在 R^3 空间中向量的外积对三维欧氏空间是封闭的, 但当 $n > 3$ 时, $C_n^2 > n$, R^n 空间向量的外积不再对 n 维欧氏空间封闭。

参考文献:

- [1] 王录勋. 向量外积的推广[J]. 陕西教育学院学报, 1995, 4(27):92-94.
- [2] 吕林根, 许子道. 解析几何[M]. 北京:高等教育出版社, 2001.