

基于灰色理论的城市降尘环境污染预测模型

张永帅¹, 云梁¹, 方志刚², 沙飞¹

(¹伊犁师范学院生命与资源环境科学系, 新疆奎屯 833200; ²喀什师范学院成人教育学院, 新疆喀什 844006)

摘要: 基于灰色预测理论, 探讨了灰色预测模型在城市降尘污染预测中的可行性, 以实例为基础, 应用灰色预测模型对城市降尘环境污染预测, 并进行了检验。结果表明: GM(1,1)模型预测结果经过精度检验, 后验差比值 $C=0.43$, 小误差频率 $P>0.95$, 精度较高; 用灰色理论预测城市降尘环境污染, 灰色预测模型具有较高预测精度、方便实用等优点, 该方法可作为环境监测指标预测工具之一。

关键词: 灰色模型; 城市降尘; 环境污染

中图分类号: X831 文献标识码: A

Forecasting Models of City Dustfall Environmental Pollution Based on Grey Theory

Zhang Yongshuai¹, Yun Liang¹, Fang Zhigang², Sha Fei¹

(¹Life and Resources Environmental Science Department, Yili Teachers College, Kuitun Xinjiang 833200;

²Adult Education College, Kashi Teachers College, Kashi Xinjiang 844006)

Abstract: Based on the gray system theory and example, the feasibility of city dust prediction model was explored and tested. The results showed that: the accuracy of GM (1, 1) model tested are Posterior margin ratio $C=0.43$ and frequency of small error $P>0.95$, which meet the accuracy level. Gray prediction model has higher prediction accuracy, convenient and practical advantages Etc. The method can be used as one of indicators of environmental monitoring forecast tools.

Key words: gray model, city dustfall, environmental pollution

降尘(也称大气降尘,系指以自身重力作用自然沉降于地面的颗粒物,它是广义的大气气溶胶的组成部分,其粒径一般大于 $10\ \mu\text{m}$, 小于 $100\ \mu\text{m}$)是城市大气环境监测的重要内容之一,其值可作为空气质量的指标^[1]。城市降尘在城市中也是随处可见,城市降尘对生态系统的破坏是隐蔽的、潜在的、也是长期的,而且城市降尘对人体的危害则是直接的,甚至是致命的,同时也会对土壤、水体、动植物产生物理侵害和化学危害^[2-4]。降尘量的变化,历来都是城市居民和环保部门最为关心的指标之一。由于它受自然因素和人为因素的影响,因而对其进行预测既有已知部分,又有未知部分,为一灰色系统。

灰色系统广泛存在于自然界、人类社会等领域,其主要特征是针对认识层次系统不完全的信息。灰色系统理论从1982年问世以来获得了飞速的发展,已渗透到

自然科学、环境科学和社会科学等许多领域,为研究解决系统分析、建模、预测、决策和控制提供了有效的工具,并且都已获得了成功的应用^[5]。笔者利用灰色系统模型对城市降尘环境污染进行预测分析,对预防大气污染,有针对性地进行有效的环境管理,减轻降尘对空气污染的贡献,改善环境质量,具有一定的指导意义。

1 预测模型 GM(1,1)的建立

1.1 对原始数据累加生成新的数据序列

灰色模型 GM(1,1)是一阶、一个变量的微分方程模型,适合于对系统行为特征值大小的发展变化进行预测。其实质是通过原始数据序列作一次累加生成(1-AGO, Accumulated Generating Operation),使生成数据序列呈现一定规律,从而构造预测模型。此模型中第一个变量是要进行预测的变量——每年的月均降尘量,把近年所收集到的环境监测数据资料作为数列

基金项目:伊犁师范学院科研计划项目“奎屯市城市降尘环境污染特征及环境质量评价”(2008YB034)。

第一作者简介:张永帅,男,1980年出生,新疆乌苏人,讲师,硕士,研究方向:环境医学与信息技术。通信地址:833200 新疆奎屯市北京西路62号,新疆省奎屯市伊犁师范学院生命与资源环境系, Tel: 0992-6661277, E-mail: dashuaier@126.com。

收稿日期:2008-08-15, 修回日期:2009-02-18。

并对生成数据进行建模。

$$x_0 = \{x_0(1), x_0(2), x_0(3), \dots, x_0(n)\},$$

令 $x_1 = \{x_1(i), i=1, 2, 3, \dots, k\}$ 其中:

$$x_1(i) = \sum_{i=1}^n x_0(i)$$

1.2 确定数据矩阵 B 和数据向量 Y_n

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{x_1(1) + x_1(2)}{2} & 1 \\ -\frac{x_1(2) + x_1(3)}{2} & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{x_1(n-1) + x_1(n)}{2} & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_n = \{x_0(2), x_0(3), x_0(4), \dots, x_0(n)\}$$

1.3 求模型参数

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n = (a, b)^T$$

1.4 确定模型

$$\hat{x}_1(k+1) = \left(x_0(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-ak} + \frac{b}{a}$$

1.5 预测数据校验

GM模型一般采用3种检验,即残差大小的检验、关联度检验及后验差检验。残差大小检验是按点检验,检验预测值与实际值的相符性,可以采用残差检验。关联度检验是建立的模型与指定函数之间近似性的检验,后验差检验是残差分布统计特性的检验。常用的有残差检验和后验差检验。

1.5.1 残差检验 残差 $r_i = x_0(i) - \hat{x}_0(i)$, 相对误差 $\Delta_i =$

$$\left| \frac{x_0(i) - \hat{x}_0(i)}{x_0(i)} \right|。若 $i < n$, 则称 $\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i$ 中的 $\bar{\Delta}$$$

为平均相对误差。

1.5.2 后验差检验 预测模型得到的预测值必须经过统计检验才能确定其预测精度等级,预测精度可以用后验差比值(C)来检验,一个好预测模型 C 值越小越好,一般要求 $C < 0.35$, 不超过 0.65 。另外一个指标是小误差概率,要求 $P > 0.95$, 不得小于 0.7 。

$$C = \frac{S_r}{S_x}$$

其中: S_r 为残差标准差, $S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n-1}}$; S_x 为

$$\text{原始数据列标准差 } S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_0(i) - \bar{x})^2}{n-1}};。$$

2 GM(1,1)在城市降尘环境污染预测中的应用

数据来源于奎屯市环境监测站,为1999—2003年月均降尘量的监测数据,见表1。

表1 奎屯市每年月均降尘量 (t/km²·月)

年度	1999	2000	2001	2002	2003
降尘量	12.97	11.19	12.73	11.46	8.73

以1999年为起点,即 $t=0$, 则原始数据数列为: $x_0 = \{12.97, 11.19, 12.73, 11.46, 8.73\}$ 。

对原始数据进行累加,

$$x_1 = \{12.97, 24.16, 36.89, 48.35, 57.08\};$$

构造数据矩阵 B 和数据向量 Y_n ,

$$B = \begin{bmatrix} -18.57 & 1 \\ -30.53 & 1 \\ -42.62 & 1 \\ -52.72 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_n = [11.19, 12.73, 11.46, 8.73]^T$$

求模型参数: $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n = (a, b)^T = (0.07259, 13.6487)^T$ 。

确定模型: $\hat{x}_1(t+1) = \left(x_0(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-at} + \frac{b}{a} = -175e^{-0.07259t} + 188$, 上式中 $t=0, 1, 2, 3, \dots, n$ 。

表2 预测值与实际值比较

年份	实际值	预测值	绝对误差	精度/%
1999	12.97	12.97	0.00	100
2000	11.19	12.26	-1.07	90.47
2001	12.73	11.40	1.33	89.54
2002	11.46	10.60	0.86	92.50
2003	8.73	9.86	-1.13	87.07

模型检验:采用累加生成灰色模型GM(1,1)可靠性预测值及误差对比如表2所示,由上面预测结果和预测绝对误差可以很直观地看出模型精度较高;采用后验方差检验,后验差比值 $C=0.43 < 0.65$, 小误差频率 $P > 0.95$ 。

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n-1}} = 1.233,$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_0(i) - \bar{x})^2}{n-1}} = 2.852,$$

$$C = 1.233/2.852 = 0.43。$$

3 结论

笔者首次将灰色系统理论运用到城市降尘环境污染的评价与预测中,作为一个特例,将它应用于奎屯市

降尘量预测的研究,得到的预测模型为 $x^1(t+1)=-175e^{-0.07259t}+188$, 后验差比值 $C=0.43 < 0.65$, 小误差频率 $P > 0.95$, 精度较高, 预测结果与城市降尘现状及其发展趋势具有较好的一致性; 环境监测系统是灰色系统, 灰色模型可应用于不同指标或同一指标不同时间段的建模和模型检验过程, 对于研究环境监测技术具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 聂国朝. 采石场大气污染物源强分析研究. 资源调查与环境, 2003, 24(4):287-294.
- [2] 王赞红. 大气降尘监测研究. 干旱区资源与环境, 2003, 17(1):55-59.
- [3] Manas Kanti Deb, Manisha Thakur, R K Mishra, et al. Assessment of atmospheric arsenic level in airborne dust particulates of an urban city of central India. Water, Air and Soil Pollution, 2002, 140(3):57-71.
- [4] Kwaasi AA, Parhar RS, al-Mohanna FA, et al. Aeroallergens and viable microbes in sandstorm dust: Potential triggers of allergic and no allergic respiratory ailments, 1998, 53(3):255-265.
- [5] 陈志, 俞炳丰, 胡汪洋, 等. 城市热岛效应的灰色评价与预测. 西安交通大学学报, 2004, 38(9):985-988.