

监测与评价

基于灰色 GM(1,1)模型的成都市大气污染物
浓度预测

武文琪

(四川大学 建筑与环境学院,四川 成都 610065)

摘要:基于灰色系统理论的预测原理和方法,在城市大气污染物浓度预测中应用了灰色 GM(1,1)模型。该模型通过了残差检验和后验差检验,检验结果均在允许范围内,模型精度较高。采用该模型对成都市 2018-2022 年大气污染物 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 年均浓度进行了灰色预测。预测结果显示,成都市未来五年环境空气质量将持续好转,但 NO₂ 和 PM_{2.5} 的年均浓度仍然较高,NO₂ 及颗粒物污染防治仍是成都市未来五年大气污染治理的重点。

关键词:灰色系统;GM(1,1)模型;大气污染物;浓度预测

中图分类号:X823

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2019)02-0056-03

AIR POLLUTANT CONCENTRATION PREDICTION IN
CHENGDU BASED ON GREY GM(1,1) MODEL

WU Wen-qi

(College of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Based on the prediction principle and method of gray system theory, a grey GM(1,1) model was applied for the prediction of urban air pollutants. The established GM (1,1) model has passed the residual test and the posterior-variance-test with test results all within the allowable range, and was proved to be accurate. This model was used to predict the annual concentrations of air pollutants, such as SO₂, NO₂, PM₁₀ and PM_{2.5}, in Chengdu from 2018 to 2022. The predicted results showed that the environmental air quality in Chengdu would continue to improve in the next five years, while the annual concentrations of NO₂ and PM_{2.5} would keep high. Therefore air pollution control in Chengdu in the next five years should focus on NO₂ and particulate matter pollution.

Key words: Gray system; GM(1,1) model; Air pollutants; Concentration prediction.

城市大气污染已经成为威胁人体健康的重要因素。污染源位置和高度、大气稳定度以及人口、燃料构成等对城市空气质量的影响和作用往往是非线性的,可以算是灰色的信息,因此精确预测城市中大气污染物浓度十分困难。成都市地处四川盆地西北部,静风频率高、大气层结稳定、逆温频率高、湿度大等独特的气象条件也成为了发生严重空气污染的潜在先天因素。2016年成都市空气

质量在全国排名同比上升1位,空气质量好转,全市空气中主要污染物细颗粒物年平均浓度超过国家标准0.80倍,同比下降1.6%,可吸入颗粒物年平均浓度超过国家标准0.50倍,同比下降2.8%^[1]。由此可见成都市近年空气质量有所好转,但空气污染状况仍然不容乐观。

最早于20世纪80年代,邓聚龙教授最先提出了灰色理论,最初通过颜色来表示对系统信息的认识理解。“白色”表示信息是完全的无缺失的,“黑色”表示信息是完全缺失的,“灰色”则表示信

收稿日期:2018-10-31

作者简介:武文琪(1993-),女,山西阳泉人。

息是不完整的^[2]。目前广泛使用的灰色预测模型是一阶微分的 GM(1,1)模型。GM(1,1)模型主要利用预测对象自身的时间序列来进行计算,它是一阶单变量模型,预测所需的数据少^[3],但需要同一地区多年的污染物浓度值。

1 GM(1,1)模型及其检验

GM(1,1)模型基于随机的原始时间序列,按时间进行累加后形成新的时间序列,呈现的规律可用一阶线性微分方程的解来逼近。灰色预测过程最重要的特点就是要进行大量的数列和矩阵运算,故使用 MATLAB 工具和 GM(1,1)模型进行结合,将会更有效地实现灰色预测复杂算法^[4]。

GM(1,1)模型的检验主要分为三个方面:残差检验;关联度检验和后验差检验。其中,残差检验即按点检验预测值与实测值的一致性,关联度检验是建立与模型相关因素的近似性检验,后验差检验主要是对残差的统计特性进行检验,包括小误差概率检验和方差比检验。在这些模型检验方法中,常用的有残差检验和后验差检验^[5]。后验差检验计算得到的方差比 C 和小误差概率 P,可参考表 1 对模型的预测精度进行判定^[6]。

表 1 模型精度判定指标

小误差概率 P	方差比 C	模型精度
>0.95	<0.35	优
>0.70	<0.65	合格
<0.70	>0.65	不合格

表 4 GM(1,1)模型残差检验

年份	SO ₂				NO ₂				PM ₁₀				PM _{2.5}			
	监测值	预测值	残差	相对误差%	监测值	预测值	残差	相对误差%	监测值	预测值	残差	相对误差%	监测值	预测值	残差	相对误差%
2013	0.031	0.0310	0	0	0.063	0.0630	0	0	0.15	0.1500	0	0	0.097	0.0970	0	0
2014	0.019	0.0183	0.0007	3.54	0.059	0.0574	0.0016	2.77	0.123	0.1225	0.0005	0.38	0.077	0.0750	0.0020	2.59
2015	0.014	0.0155	-0.0015	-10.50	0.053	0.0556	-0.0026	-4.87	0.108	0.1107	-0.0027	-2.53	0.064	0.0679	-0.0039	-6.02
2016	0.014	0.0131	0.0000	6.73	0.054	0.0539	0.0001	0.27	0.105	0.1001	0.0049	4.71	0.063	0.0614	0.0016	2.56
2017	0.011	0.0110	0	0	0.053	0.0522	0.0008	1.55	0.088	0.0904	-0.0024	-2.74	0.056	0.0555	0.0005	0.83

表 5 GM(1,1)模型后验差检验

污染物	小误差概率 P	检验方差比 C	平均相对误差%	模型精度
SO ₂	1	0.1181	4.19	优
NO ₂	1	0.3559	1.89	合格
PM ₁₀	1	0.1323	2.07	优
PM _{2.5}	1	0.1437	2.40	优

2 大气污染物灰色 GM(1,1)模型的建立

本部分将根据 GM (1,1) 模型建立原理,以 2013-2017 年成都市 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 年均浓度为训练样本进行模型的建立与检验。

2.1 模型建立

以成都市各监测站 2013-2017 年监测数据为样本(如表 2 所示),借助 MATLAB 工具并建立程序,根据建模原理分别对成都市大气污染物 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 建立 GM(1,1)模型,模型结果如表 3 所示。

表 2 成都市 2013-2017 年各污染物指标年均监测值

年份	SO ₂ (mg/m ³)	NO ₂ (mg/m ³)	PM ₁₀ (mg/m ³)	PM _{2.5} (mg/m ³)
2013	0.031	0.063	0.15	0.097
2014	0.019	0.59	0.123	0.077
2015	0.014	0.053	0.108	0.064
2016	0.014	0.054	0.105	0.063
2017	0.011	0.053	0.088	0.056

表 3 成都市各污染物灰色模型

污染物	灰色模型
SO ₂	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = -0.1177e^{-0.1695k} + 0.1487$
NO ₂	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = -0.8452e^{-0.0316k} + 1.9082$
PM ₁₀	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = -1.2725e^{-0.1013k} + 1.4225$
PM _{2.5}	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = -0.7862e^{-0.1002k} + 0.8832$

2.2 模型检验

依据各检验方法的检验原理,得到如下模型检验结果(表 4、表 5),分析得成都市 2013-2017 年各污染物预测值与监测值的相对误差较小,模型精度能够满足预测要求,可以用来预测未来五年成都市大气污染物浓度。

3 成都市主要污染物浓度预测

本部分将利用建立好的 GM(1,1)模型,对成都市 2018-2022 年各大气污染物 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 浓度进行预测并与我国环境质量标准进行对比,同时表示出这四项污染物连续十年的浓度变化趋势。模型预测结果如表 6 所示。

表6 成都市2018-2022年各大气污染物年均浓度预测值

年份	SO ₂ (mg/m ³)	NO ₂ (mg/m ³)	PM ₁₀ (mg/m ³)	PM _{2.5} (mg/m ³)
2018	0.0093	0.0506	0.0817	0.0502
2019	0.0079	0.0490	0.0738	0.0455
2020	0.0066	0.0475	0.0667	0.0411
2021	0.0056	0.0460	0.0603	0.0372
2022	0.0047	0.0445	0.0545	0.0337

将模型预测结果与我国环境空气质量标准^[7]进行对比,分析得成都市未来五年SO₂浓度远低于标准限值,PM₁₀浓度预计到2020年达到国家二级标准,PM_{2.5}浓度预计2022年达到国家二级标准,NO₂浓度未来五年仍不达标。

成都市大气污染物SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}在2013-2022年十年的年均浓度变化趋势如图1所示,从预测结果可以看出,成都市未来五年各大气污染物浓度均呈下降趋势。

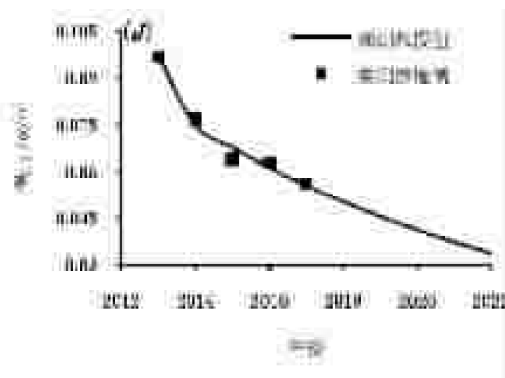
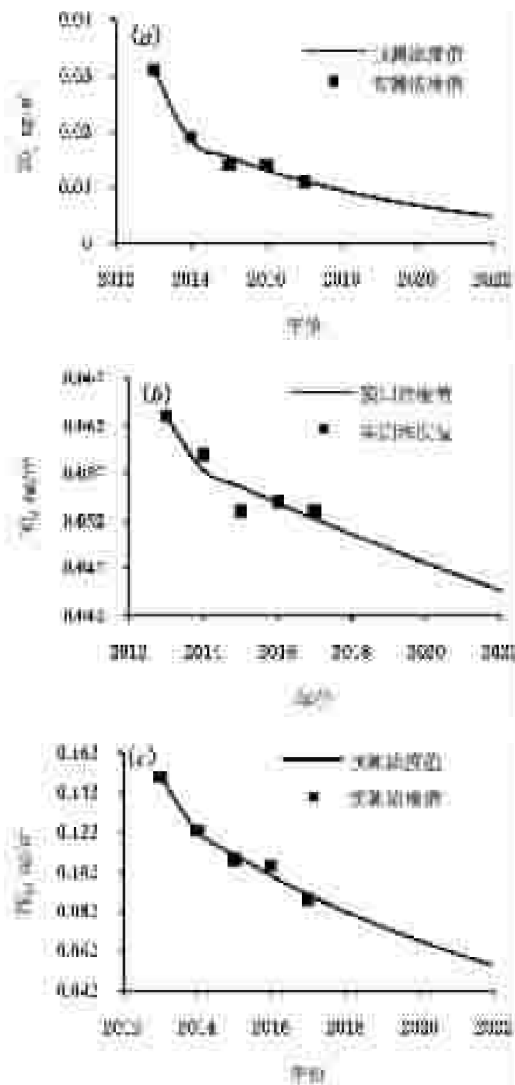


图1 成都市各大气污染物浓度变化曲线



4 结论

利用MATLAB工具对成都市近年大气污染物浓度进行GM(1,1)模型预测,操作过程简单,程序简洁、算法清晰,避免了手工计算达不到模型精度要求的缺陷,尤其是工作效率大大提高,为灰色系统理论的预测实践提供了新的手段和思路。

利用成都市2013-2017年大气污染物SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}的逐年监测数据,编写MATLAB程序对各污染物建立了灰色预测模型,模型精度较好,满足预测需求。

由于近年来成都市加大了对大气污染的治理力度,采用有效的措施。成都市2013-2022年各大气污染物浓度均呈现下降趋势,其中,二氧化硫浓度已远低于标准限值。

由预测结果分析得成都市未来五年对大气污染的治理应以NO₂及颗粒物为主,城市机动车尾气污染仍然需要采取有效的治理措施,以防止污染的进一步恶化。

参考文献

- [1]2016年成都市环境质量公报 [EB/OL]. http://www.cdepb.gov.cn/cdhbj/c110802/2017-06/02/content_0e452a83884745a5b2e62be-3459a5ea6.shtml.

(下转第55页)