

刘严萍, 王勇, 赖迪辉. 基于 PM10 与气态污染物的北京市 PM2.5 浓度模型研究[J]. 灾害学, 2016, 31(2): 116–118, 155. [Liu Yanping, Wang Yong and Lai Dihui. Study of PM2.5 Concentrations Model based on PM10 and Gaseous Pollutants in Beijing[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(2): 116–118, 155.]

基于 PM10 与气态污染物的北京市 PM2.5 浓度模型研究^{*}

刘严萍¹, 王 勇², 赖迪辉¹

(1. 天津城建大学 经济与管理学院, 天津 300384; 2. 天津城建大学 地质与测绘学院, 天津 300384)

摘 要: 针对 2013 年北京市 10 个空气质量观测站点资料, 对影响 PM2.5 浓度的因素进行相关性分析, 发现 PM2.5 浓度与 PM10、SO₂、NO₂ 和 CO 存在显著正相关特性。通过 PM10 与气态污染物构建单站点 PM2.5 浓度模型和北京市统一化 PM2.5 浓度模型。通过 PM2.5 浓度观测值与模型估算结果比较, 单站点 PM2.5 浓度模型与北京市统一化 PM2.5 浓度模型估算结果一致, 且两者均与 PM2.5 浓度观测值吻合。

关键词: PM2.5; 相关性分析; 逐步回归; 气态污染物; 北京

中图分类号: X43; X51; O657.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2016)02–0116–04

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2016.02.023

随着城市化快速发展, 大型工业开发区建设和机动车保有量攀升使得城市大气环境污染物的排放量不断增加, PM2.5 因其粒子半径较小更容易携带有毒物质, 严重危害人们健康而备受研究者关注。国内外学者针对我国华北地区、环保重点城市和超大城市的主要污染物浓度变化开展了霾天气形成机理研究^[1–4]。卫星遥感监测可快速进行污染源的定点定位, 核定污染范围, 分析污染物在大气中的分布、扩散情况。国内外学者研究了 MODIS AOT (Aerosol Optical Thickness, 气溶胶光学厚度) 产品与近地层 PM2.5、PM10 浓度的相关性, 建立回归方程反演近地层气溶胶浓度^[5–6]。利用气象观测资料与能见度观测数据, 部分学者开展了霾天气过程及年际变化分析^[7–9]。利用现有 PM2.5 观测数据研究区域大气污染时空演变特征受观测年限较短的限制; 通过气象观测数据可分析霾天气的年际变化, 但其变化分析局限于定性分析, 难以定量分析 PM2.5 浓度的变化。由于地表反射率的估计、像元上空云的识别、气溶胶模型的判断等方面存在误差, 所以卫星遥感 MODIS AOT 产品也存在误差, 卫星遥感监测反演的 PM2.5 浓度精度不高^[10–11]。大气中的部分气态污染物(如 SO₂、NO₂、CO 等)是在一定环境条件下形成 PM2.5 的主要前体物且观测工作开展较早,

而我国对于 PM2.5 的观测始于 2012 年, 为科学开展城市环境管理工作, 长时序的 PM2.5 的时空演化特征研究具有重要现实意义和基础价值, 而这一研究的核心在于如何获取长时序的 PM2.5 数据。

本文将基于北京市空气质量监测数据, 开展 PM2.5 浓度模型研究。首先对北京市 10 个空气质量监测站点开展 PM2.5 与 PM10、气态污染物的相关性分析, 然后构建各监测站点的 PM2.5 浓度估算模型, 依据多站点数据构建北京市 PM2.5 统一化模型, 并对模型可靠性进行验证。

1 研究数据

研究数据为 2013 年 1–12 月的北京市 10 个空气质量监测站点观测数据, 表 1 为北京市空气质量监测站点相关信息。空气质量监测站点主要采集 PM2.5、PM10、SO₂、NO₂、CO 和 O₃ 等数据, 观测数据为仪器连续自动记录, 24 h 连续观测, 采样率为每小时观测一个数据。CO 浓度单位为 mg/m³, 其他观测要素单位为 μg/m³。本文研究涉及 PM2.5 浓度模型的构建与检验, 实验设计如下: 从 10 个监测站点的观测数据中随机选择连续的

^{*} 收稿日期: 2015–09–30 修回日期: 2015–11–19

基金项目: 河北省自然科学基金(D2015209024); 教育部人文社科青年基金(12YJCZH095); 住房和城乡建设部课题(R22015055)

作者简介: 刘严萍(1979–), 女, 河南汝南人, 博士, 讲师, 主要从事应急管理研究。E-mail: liuxiawy@126.com

通讯作者: 王勇(1978–), 男, 江西宁都人, 博士, 教授, 主要从事 GPS 气象学研究。E-mail: wangyongjz@126.com

300 h 数据用于模型可靠性检验, 其余数据用于 PM2.5 浓度模型的构建。PM2.5 浓度模型构建采用两种方式: 单站点 PM2.5 浓度模型和北京市统一化 PM2.5 浓度模型。单站点 PM2.5 浓度模型采用单站点观测数据构建, 而北京市统一化 PM2.5 浓度模型采用多站点观测数据构建。

表 1 北京市空气质量监测站点相关信息

站点名称	经度/(°)	纬度/(°)
昌平	116.23	40.22
定陵	116.24	40.30
东四	116.42	39.93
官园	116.37	39.94
古城	116.19	39.92
海淀区万柳	116.30	39.97
怀柔	116.67	40.32
农展馆	116.47	39.95
顺义新城	116.66	40.19
万寿西宫	116.37	39.89

2 PM2.5 浓度与 PM10、SO₂、NO₂、CO、O₃ 浓度的相关特征分析

PM2.5 浓度模型的构建需要考虑哪些因素与 PM2.5 浓度强相关, 因此需要进行各监测站点的 PM2.5 与其他观测要素的相关性分析。将北京市 10 个空气质量监测站点的 PM2.5 浓度时值观测数据分别与其它要素观测数据进行双变量相关分析 (见表 2), 全部站点的 PM2.5 与 PM10、SO₂、NO₂、CO 的双变量相关分析的 sig 值为 0, 显著性概率 sig 值小于 0.05, 说明通过显著性检验, PM2.5 与 O₃ 的相关性分析未通过显著性检验。

表 2 北京市空气质量监测站双变量相关分析结果

站点	相关性				
	PM2.5&O ₃	PM2.5&PM10	PM2.5&SO ₂	PM2.5&NO ₂	PM2.5&CO
昌平	-0.086	0.907	0.605	0.735	0.791
定陵	0.002	0.469	0.668	0.313	0.837
东四	-0.024	0.714	0.636	0.559	0.828
官园	-0.008	0.694	0.617	0.435	0.818
古城	-0.067	0.643	0.558	0.433	0.787
海淀区万柳	-0.008	0.613	0.492	0.413	0.796
怀柔	0.127	0.693	0.492	0.533	0.778
农展馆	0.024	0.640	0.594	0.405	0.843
顺义新城	0.088	0.591	0.529	0.365	0.842
万寿西宫	0.053	0.681	0.592	0.473	0.825

由表 2 可看出, PM2.5 与 PM10、SO₂、NO₂、CO 存在显著正相关, 可用于 PM2.5 浓度估算模型构建。从与 PM2.5 相关性系数的大小来看, 可以发现: 除昌平站点外, 其余 9 个站点的观测要素与

PM2.5 相关性从大到小依次为 CO、PM10、SO₂、NO₂。因此, 在 PM2.5 浓度模型构建时依次考虑以上要素。

3 基于 PM10 与气态污染物的 PM2.5 浓度模型

3.1 模型构建

PM2.5 浓度与 CO、PM10、SO₂、NO₂ 存在显著正相关特性, 因此 PM2.5 浓度模型的构建采用观测要素 CO、PM10、SO₂、NO₂ 完成。以 PM2.5 浓度为因变量、CO、PM10、SO₂、NO₂ 观测要素为自变量, 采用单站点观测数据构建 PM2.5 浓度模型, 并采用多站点观测数据实现北京市统一化 PM2.5 浓度模型。PM2.5 浓度模型采用逐步回归方法构建多元线性回归模型。北京市各监测站点的 PM2.5 浓度模型、北京市统一化 PM2.5 浓度模型的常数项和各观测要素的系数见表 3。

表 3 单站点 PM2.5 浓度模型与北京市统一化 PM2.5 浓度模型

站点	PM2.5 浓度模型系数				
	常数项	CO	PM10	SO ₂	NO ₂
昌平	-18.606	15.821	0.554	0.026	0.351
定陵	-10.272	33.689	0.436	-0.196	0.206
东四	-22.163	17.685	0.534	0.133	0.277
古城	-22.635	17.785	0.574	0.064	0.135
官园	-16.258	18.415	0.581	0.045	0.125
海淀区万柳	-28.889	19.046	0.507	0.135	0.342
怀柔	-14.657	16.465	0.601	-0.091	0.226
农展馆	-19.480	19.731	0.510	0.049	0.252
顺义新城	-18.459	18.656	0.616	-0.066	0.168
万寿西宫	-16.400	17.187	0.568	0.115	0.093
统一化模型	-21.341	17.519	0.550	0.123	0.194

由表 3 可知, 除定陵站点外, 其余 9 个站点的 PM2.5 浓度模型与北京市统一化 PM2.5 浓度模型的表达较为一致。

3.2 模型可靠性检验

通过实验设计预先随机提取的 300 h 各站点空气质量监测数据, 对各站点 PM2.5 浓度模型和北京市统一化 PM2.5 浓度模型进行可靠性检验。经检验, 各站点 PM2.5 浓度模型和北京市统一化 PM2.5 浓度模型结果基本一致, PM2.5 浓度模型估算结果与实测 PM2.5 浓度值吻合。图 1 为昌平、官园、定陵、农展馆 4 个站点进行的单站点 PM2.5 浓度模型、北京市统一化 PM2.5 浓度模型估算结果与实测 PM2.5 浓度值的比较。

由图 1 可看出, 虚线与三角形线基本一致, 说明单站点 PM2.5 浓度模型与北京市统一化 PM2.5 浓度模型的估算结果一致。PM2.5 浓度模型与 PM2.5 浓度观测值基本吻合, 说明本文推导的 PM2.5 浓度模型可用于 PM2.5 浓度预测。

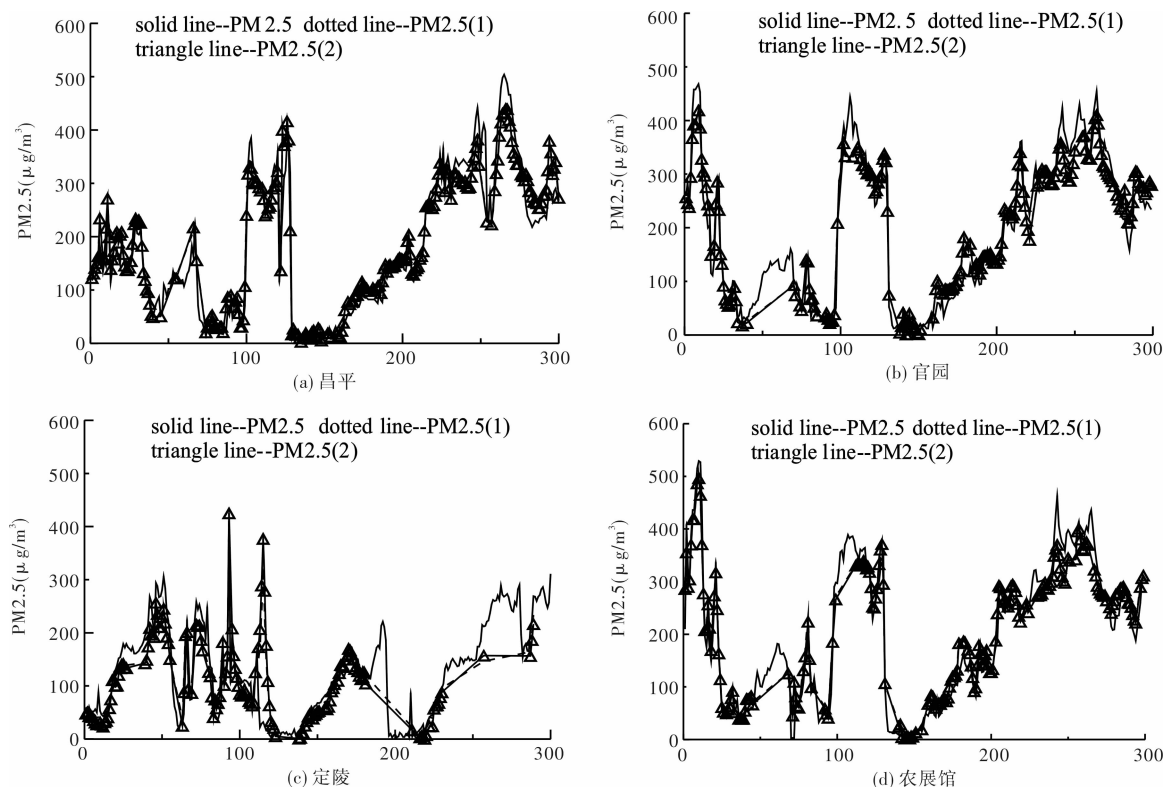


图1 PM_{2.5}模型估算值与实测PM_{2.5}浓度值的比较

(注:图1中,实线代表实测PM_{2.5}浓度值,虚线代表单站点PM_{2.5}浓度模型估算结果,三角形线为北京市统一化PM_{2.5}浓度模型估算结果。各图形中有部分时段PM_{2.5}实测值、估算值为直线,代表该时段为缺少观测数据。)

4 结论

本文利用2013年北京市10个空气质量监测站点观测资料,进行了基于PM_{2.5}与PM₁₀、气态污染物的相关性分析,构建了单站点PM_{2.5}浓度模型和北京市统一化PM_{2.5}浓度模型,并对模型进行了可靠性检验,结论如下所示。

(1)PM_{2.5}与PM₁₀、SO₂、NO₂、CO存在显著正相关,可用于PM_{2.5}浓度估算模型构建。从与PM_{2.5}相关性系数的大小来看,可以发现:除昌平站点外,其余9个站点的观测要素与PM_{2.5}相关性从大到小依次为CO、PM₁₀、SO₂、NO₂。

(2)各站点PM_{2.5}浓度模型和北京市统一化PM_{2.5}浓度模型结果基本一致,PM_{2.5}浓度模型估算结果与实测PM_{2.5}浓度值吻合。

参考文献:

- [1] Anne Boynard, Cathy Clerbaux, Lieven Clarisse, et al. First simultaneous space measurements of atmospheric pollutants in the boundary layer from IASI: A case study in the North China Plain [J]. *Geophysical Research Letters*, 2014, 41(2): 645–651.
- [2] Zhao X J, Zhao P S, Xu J, et al. Analysis of a winter regional haze event and its formation mechanism in the North China Plain [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2013, 13: 5685–5696.
- [3] 戴永立, 陶俊, 林泽健, 等. 2006–2009年我国超大城市霾天气特征及影响因子分析 [J]. *环境科学*, 2013, 34(8): 2925–2932.
- [4] 孟晓艳, 王瑞斌, 张欣, 等. 2006–2010年环保重点城市主要污染物浓度变化特征 [J]. *环境科学研究*, 2012, 25(6): 622–627.
- [5] Gupta P, Christopher S A. Seven year particulate matter air quality assessment from surface and satellite measurements [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2008, 8(12): 3311–3324.
- [6] Kumar N, Chu A, Foster A. An empirical relationship between PM_{2.5} and aerosol optical depth in Delhi Metropolitan [J]. *Atmospheric Environment*, 2007, 41(21): 4492–4503.
- [7] 吴兑, 廖碧婷, 吴蒙, 等. 环首都圈霾和雾的长期变化特征与典型个例的近地层输送条件 [J]. *环境科学学报*, 2014, 34(1): 1–11.
- [8] 王喜全, 孙明生, 杨婷, 等. 京津冀平原地区灰霾天气的年代变化 [J]. *气候与环境研究*, 2013, 18(2): 165–170.
- [9] 廖晓农, 张小玲, 王迎春, 等. 北京地区秋冬季持续性雾-霾发生的环境气象条件对比分析 [J]. *环境科学*, 2014, 35(6): 2031–2044.
- [10] 陶金花, 张美根, 陈良富, 等. 一种基于卫星遥感AOT估算近地面颗粒物浓度的新方法 [J]. *中国科学(D辑)*, 2013, 43(1): 143–154.
- [11] Levy R C, Remer LA, Mattoo S, et al. Second-generation operational algorithm: Retrieval of aerosol properties over land from inversion of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer spectral reflectance [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2007, 112, D13211: 1–21.

(下转第155页)

- [3] 樊全武, 李嘉华. 震后临时安置住房的现状和思考[J]. 华中建筑, 2009, 27(11): 5-6.
- [4] USDHS. Statement of Richard L. Skinner, Inspector General, U. S. Department of Homeland Security, before the Committee on Homeland Security and Governmental Affairs[R]. United States Senate, VSDHS, 2006.
- [5] 王威. 城市避震疏散场所选址的时间满意覆盖模型[J]. 上海交通大学学报, 2014, 48(1): 154-158.
- [6] 郭子雪, 王兰英, 齐美然, 等. 基于区间数信息的区域应急物资储备库选址多目标决策模型[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 148-151.
- [7] A Elnashai, S Hampton, H Karaman, et al. Architectural Overview of MAEviz-HAZTURK[J]. Journal of Earthquake Engineering, 2008, 12(Supp. 2): 92-99.
- [8] O El-Anwar, K El-Rayes and A Elnashai. An automated system for optimizing post-disaster temporary housing allocation[J]. Automation in Construction, 2009(12): 983-993.
- [9] 于辉, 刘鸣. 救援储备灾后临时住房模块化可持续设计探讨[J]. 大连理工大学学报, 2009, 45(5): 714-717.
- [10] 张波, 王芳, 赵颖, 等. 震后居民过渡期安置点规划探析—以都江堰市大观镇安置点规划为例[J]. 新建筑, 2008(6): 69-71.
- [11] 刘方舟, 何韶瑶. 洪灾临时简易住宅设计与实现[J]. 中外建筑, 2009, 1(1): 128-130.
- [12] O El-Anwar, A Elnashai. Minimization of socioeconomic disruption for displaced populations following disasters[J]. Disasters, 2010, 34(3): 865-883.
- [13] 郑童, 张纯, 万小媛, 等. 震后重建为契机的城市政策转型: 墨西哥城案例的启示[J]. 城市发展研究, 2012, 19(5): 111-117.
- [14] 谢金星, 薛毅. 优化建模与 LINDO/LINGO 软件[M]. 北京: 清华大学出版, 2014.

Research on Post-disaster Temporary Housing Allocation Model based on Multi-objective Optimization

Xin Jing and Zhang Peng

(Department of Fire Command, The Chinese People's Armed Police Force Academy, Langfang 065000, China)

Abstract: In the aftermath of natural disasters, Emergency management agencies need to provide adequate temporary housing for displaced families. Disaster impact assessment software systems enable emergency decision-makers to estimate the expected displacement of families after natural disasters; however they lack the capability of identifying the optimal temporary housing. Firstly, six optimization metrics, including employment and educational opportunities, distance between the assigned temporary housing locations and preferred temporary housing locations by displaced families, housing quality and delivery time, housing safety, accessibility of essential utilities and services, and total public expenditures are selected and their measurement standards are defined in the paper. Secondly, minimizing socioeconomic disruption and minimizing total public expenditures are designed to be the main objectives. Finally, a multi-objective optimization model for temporary housing is presented. An application example is optimized to illustrate the use of the model and demonstrate its capabilities in generating optimal plans for realistic temporary housing problems.

Key words: disaster; multi-objective; optimization model; temporary housing; socio-economy; disruption; post-disaster recovery

(上接第 118 页)

Study of PM_{2.5} Concentrations Model based on PM₁₀ and Gaseous Pollutants in Beijing

Liu Yanping¹, Wang Yong² and Lai Dihui¹

(1. School of Economics and Management, Tianjin Chengjian University, Tianjin 300384, China;

2. School of Geology and Geomatics, Tianjin Chengjian University, Tianjin 300384, China)

Abstract: The correlation analysis method is used to investigate the relationship among PM_{2.5} concentration, PM₁₀ and gaseous pollutants. Notable positive correlation exists in PM₁₀, SO₂, NO₂ and CO. The relationship among PM_{2.5} concentration, PM₁₀ and gaseous pollutants are explored in terms of successive regression method. The single-site and unified PM_{2.5} concentration is constructed respectively. Comparison of observations with model results, we can find that PM_{2.5} concentration estimation value of single-site model is consistent with that of the unified model, and both of them coincide with the PM_{2.5} concentration observations value.

Key words: PM_{2.5}; correlation analysis; successive regression; gaseous pollutants; Beijing