

上海城市空气质量预报(日报)业务系统探讨

谈建国 邵德民 黄家鑫

(上海市城市环境气象研究中心,200030)

蒋明皓

(上海市环境监测中心)

提 要

介绍了由上海市城市环境气象研究中心和上海市环境监测中心合作开发研制的上海城市空气质量预报(日报)系统的整体框架,包括数据资料采集、信息交换、预报制作和产品发布子系统。对用于城市空气污染物指数日常预报服务的五种预测模式和方法及其精度进行了讨论。

关键词: 空气质量 预报 业务系统 模型

引 言

基于人们希望能够尽可能地预先知道可能出现的大气污染程度和空气质量状况,以便采取措施减轻可能出现的严重的污染危害。上海市环境监测中心与上海市城市环境气象研究中心在多年来污染预报和气象预报经验的基础上,共同开发研制了上海城市空气质量预报(日报)业务系统,从1999年6月5日开始正式对外发布上海城市空气质量预报(日报),本文对上海城市空气质量预报(日报)业务系统作一介绍。

1 上海市城市空气质量预报(日报)系统的整体框架

1.1 快速、便捷、可靠的资料采集子系统

上海市环境监测中心和上海市城市环境气象研究中心加强和完善了各自的数据采集系统,使其能快速、便捷、可靠地提供空气质量预报所需的各种数据资料。上海市环境监测中心定时自动采集上海市7个自动空气监测站(其中一个为市郊区清洁对照点)的自动监测数据,存入原始数据库,经审核后,利用VBA编写的空气质量日报软件对数据进行统计,计算各站污染物API指数和全市的

API指数,存入相应日报数据库。上海市城市环境气象研究中心收集各类历史和实时的气象观测资料以及短、中、长期天气预报和数值预报各项产品,综合归纳分析、存库。双方实现空气质量监测资料与气象观测资料以及气象预报结果的匹配、分析和处理,建立专用的空气质量预报资料数据库。

1.2 灵活机动的信息交换子系统(建设中)

利用计算机通讯技术,在上海市环境监测中心和上海市气象科学研究所之间,建设专用的信息交换网络,实现定时资料同步传输,可以实现可视化预报会商和快速、自动地预报发布。

1.3 空气质量预报(日报)的加工制作子系统

空气质量预报(日报)以客观、自动化为目标,以数值分析预报产品为基础,以人机交互工作站为主要平台,不断提高日报的预报准确率,尤其是以重大转折性空气质量变化过程为关键,最终目标是建立适合上海实际使用的空气质量诊断方程和数值预报模式。

由于大气环境监测与气象观测预报是既有联系,又互为独立的业务,为充分发挥双方

各自的优势,拟采用先进的远程可视化通讯技术,建立远程可视化预报会商系统。双方实现网上办公,网上会商预报,实时诊断分析,网上发布预报结果。

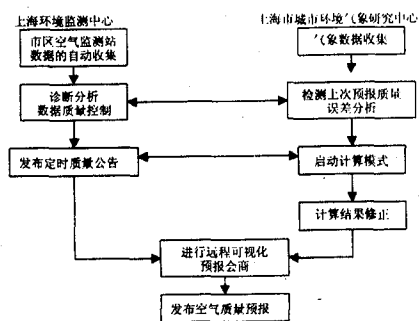


图 1 上海市空气质量预报(日报)的流程

1.4 产品发布子系统

空气质量预报(日报)是本业务系统的最终产品,它面向领导、群众、机关及各行各业。空气质量日报广泛使用网络、电视、报纸、广播、信息台等媒体发布。

2 上海市城市空气质量预报(日报)的主要模式和方法

许多文献介绍了空气污染气象研究以及空气污染物的预测技术^[1,2],目前在上海市城市空气质量预报(日报)业务系统中使用的模式和方法主要有以下几种:

2.1 CAPPS(City Air Pollution Prediction System)模式

该模式是从中国气象科学研究院引进的城市大气污染潜势和空气质量指数预报系统^[3]。CAPPS 分气象场预报和空气污染潜势预报及空气质量预报两部分,气象场预报采用 MM4 中尺度数值预报模式,污染潜势和污染指数预报采用了大气平流扩散的非静稳多箱模型。该模式预报的空气污染潜势能较好地反映实际气象条件下的通风扩散稀释和干、湿沉降消除大气污染物的总能力,空气质量指数的预报公式和方法对源强和浓度监测的要求比较灵活,引进后模式很快就投入业务运行。

2.2 K 模式

该模式是同南京气象学院合作改进的预测空气污染物浓度的数值模拟模式(现正在调试中),由于该模式需要比较详细的污染源资料,目前上海的二氧化硫源强比较清楚,暂时仅作二氧化硫浓度的预测。该模式使用有限元的 chapeau 函数法,数值求解一阶闭合的三维欧拉大气平流扩散方程,并以修改后的 Mass 一层中尺度气象数值模式计算水平风场,将风廓线推广到三维,将其作为三维平流扩散方程的气象背景场输入,联接两模式使之成为研究城市多源污染物分布状况的实用数值模式。

2.3 分类统计方法

该方法自行开发的统计释用模式,在分析了近几年污染物浓度和气象条件关系的基础上进行了气象特征量的分类,探讨污染物浓度季节分布特征、污染物浓度与风向、风速、温度、气压等气象要素及其变化之间的相互关系,并利用近几年污染物浓度资料和对应的常规地面观测资料建立了逐步回归方程^[3],分别构建了不同季节 TSP、SO₂、NO_x 三种污染物指数预报方程,方程所需的各气象要素预测值来自 MM5 数值预报结果。

2.4 神经网络方法

该方法是与同济大学共同研制开发的,目前尚在研究试运行阶段。该方法建立在神经网络方法的理论基础上的,在神经网络的应用理论中,网络分层排列,每层由若干神经元只接受低层各神经元的输入,经过神经元的运算后,通过连接权重传到更高层次的各个神经元中。神经网络通过学习获得知识,网络学习的过程就是各个权和神经元的自动调节过程,调节的准则使网络输出与实际的模式尽可能地接近,如果有误差,则自动调节权使误差减小直至满足要求。该业务系统用的是前向型的人工神经网络方法,先建立一个多层感知机,把输入单元记为一层,再加上多层感知机,还至少包括一个隐蔽层和一个输出层,即三层。程序中使用的是四层感知机,输入层有 14 个量,包括气温、风向、雨量

等及 TSP、SO₂、NO_x 三种污染物(中的一种)的污染指数,隐蔽层有两层,分别是 10 层和 6 层,输出层只有一层,是 TSP 或 SO₂ 或 NO_x。

2.5 门限自回归方法

门限自回归方法系上海环境监测中心开发的空气质量预报方法,门限自回归属于随机时间序列预测方法的一种,该模式利用预测日前 360 个污染物浓度数据和相应地面子站(空气监测站)的气象资料组成时间序列,建立门限自回归方程,计算出回归方程的门限值和各分段系数,并利用相应的浓度值和气象数据计算出污染物的预测浓度值。

2.6 综合集成预报

目前业务运行中所用的模式和方法较多,然而在实际运行中发现,当天气稳定,统计方法相对预测精度较高,而当有天气系统影响本地时,数值模式预测趋势较好。因此,预报员在参考天气形势预报、气象要素基础上,对各种方法进行人工加权做出综合预报结果,即 TSP、SO₂ 和 NO_x 指数范围。

3 预测结果检验分析

由于上海空气质量预报发布的会商后的结果形式是 TSP、SO₂ 和 NO_x 三种污染物的指数范围(一般取±5,如:TSP:70~80,SO₂:30~40,NO_x:85~95),因此以会商值的中值计算作为预测值计算平均绝对误差和平均相对误差。考察 1999 年 6 月 5 日至 1999 年 7 月 26 日预测结果(见表 1),分别统计了衡量预报准确性的 4 个指标级别正确率、范围命

表 1 上海市空气质量预报结果检验一览表

项目	污染物		
	TSP	SO ₂	NO _x
级别正确率	82.7%	96.2%	78.8%
范围命中率	42.3%	53.8%	28.8%
平均绝对误差	9.1	7.6	14.3
平均相对误差	32.8%	39.4%	18.8%

中率、平均绝对误差和平均相对误差。级别正确率衡量预测值级别与实测值的级别相同时的正确率,可以看出,各种污染物指数的级别

准确率接近或超过 80%。而范围命中率则衡量实测值落在预测范围内的情况,以 SO₂ 为例,预报准确率达 95% 的频率达 53.8%。因此空气质量预报结果还是比较令人满意的。

另外,我们也对目前运行的各模式和方法进行了比较分析(分析结果见表 2),由表 2 可以看出基于统计方法的分类统计方法和门限自回归方法具有较高的预测精度,CAPPS 预测精度仍是可以接受的,人工神经网络预测由于正处于模式试验阶段,其中的一些细节考虑得不是很全面,参数或感知机的层数有待修正。

表 2 各运行模式结果检验一览表

项目	污染物			
	TSP	SO ₂	NO _x	
平均绝对误差	CAPPS	13.1	9.8	30.4
	K 模式	/	12.7	/
	分类统计模型	11.1	8.6	15.7
	神经网络	17.0	27.8	36.5
	门限自回归	11.0	7.0	14.7
	会商中值	9.1	7.6	14.3
平均相对误差	CAPPS	41.9%	48.5%	40.3%
	K 模式	/	61.5%	/
	分类统计模型	36.0%	36.5%	20.3%
	神经网络	73.4%	150.5%	47.6%
	门限自回归	45.9%	38.3%	19.8%
	会商中值	32.8%	39.4%	18.8%

4 结语

经过多种方法的运用和气象预测结果的综合分析,城市空气质量预报是切实可行的,并且取得了较好的预测精度,但是由于各污染物出现高浓度的机理仍不是十分清楚,所以在污染物浓度出现骤升骤降时,各模式仍不能很好地反映,有待进一步深入研究。

参考文献

- 1 王茂新,王瑞仙,李国华译.大气污染浓度预测技术手册.北京:气象出版社,1992.
- 2 蒋维楣,曹文俊,蒋瑞宾编著.空气污染气象学教程.北京:气象出版社,1993.
- 3 徐大海,朱蓉.大气平流扩散的箱格预报模型与污染潜势指数预报.应用气象学报,2000,11(1):1~12.
- 4 章景德,高富荣,郑祖光编著.气象统计预报基础.北京:气象出版社,1995.

Discussion on Urban Air Quality Prediction(Diurnal) Operation System In Shanghai

Tan Jianguo Shao Demin Huang Jiaxin

(Shanghai Urban Environmental Meteorological Research Center, 200030)

Jiang Minghao

(Shanghai Environmental Monitoring Center)

Abstract

The frame of urban air quality prediction (diurnal) system which is the co-operative productions of Shanghai Environmental Monitoring Center and Shanghai Urban Environmental Meteorological Research Center, and its sub-systems of data collection, information exchange, prediction production and product promulgation were discribed. Five air models(or methods) used for daily urban air pollution index prediction and its forecasting precision were discussed. The result is that based on the analysis of local meteorological conditions, the air quality prediction in Shanghai is feasible through these models (or methods), and forecasting precision was satisfactory.

Key Words: air quality prediction operation system model

① 本文由中国气象科学研究院科研成果转化项目和中国气象局“九五”青年气象科学基金课题“作物系数及冬小麦优化灌溉预报模式研究”资助。