

用卡尔曼滤波方法制作河南省冬半年大风预报

贺哲, 布亚林, 王蕊

(河南省气象台, 河南 郑州 450003)

摘要: 在分析河南省冬半年大风的天气气候特征的基础上, 筛选出与大风相关性较好的预报因子, 采用卡尔曼滤波方法, 制作河南省冬半年大风预报, 在一定程度上实现了灾害性天气预报的定点与定量。

关键词: 卡尔曼滤波; 冬季大风; 预报

中图分类号: P457.5

文献标识码: A

文章编号: 1004-6372(2002)01-0012-02

引言

大风是河南省主要灾害性天气之一。统计结果表明, 河南省的大风主要集中在冬半年(10月~次年5月), 尤其是90年代末以来, 河南省冬半年大风产生的次数明显增多, 强度加大, 而且在河南省已经销声匿迹多年的沙尘暴天气又重新出现。冬季大风常常对农业生产、交通运输和人们的日常生活产生极大的影响, 因此加强对大风天气的预报研究显得极为重要。

1 河南省冬半年大风的气候特征

本文规定, 河南省18个基本站中有 ≥ 3 站定时观测出现8m/s以上的风速即定为一次全省性大风日。据此规定, 1990~1997年10月~次年5月河南省共出现172场区域性大风, 平均每年21.5场, 每月平均2.7场。

对大风资料的分析发现, 大风以偏西和偏北大风为最多, 均占大风总次数的35%, 偏东大风占16.5%, 而偏南大风占13.5%, 而且各种大风落区也不尽相同。由预报经验可知: 导致冬半年大风产生的主要原因为冷空气的入侵。不同路径的冷空气入侵, 可分别产生偏西、偏北及偏东大风, 其次为高压入海后在高压后部产生的偏南大风。各站点所产生的每种风向大风的几率列表1。

表1 部分站点大风分布率 %

站名	偏西	偏北	偏东	偏南
安阳	17	25	0	58
郑州	60	7	31	2
洛阳	75	0	25	0
开封	31	47	11	11
商丘	41	29	6	24
驻马店	42	23	20	15
许昌	24	63	5	8
南阳	5	16	74	5
信阳	9	63	8	20

收稿日期: 2001-09-10

作者简介: 贺哲(1973-), 男, 河南许昌人, 学士, 工程师, 从事大气预报工作

2 卡尔曼滤波方法及其原理

卡尔曼滤波方法是国际上较为先进的一种新的递推滤波方法。实际问题中常常遇到所获得的信息混杂着其它噪音, 滤波可以有效地排除无用的干扰, 最佳估计出有用信息。卡尔曼滤波方法通过利用前一时刻预报误差反馈到原来的预报方程, 并及时修正预报方程系数, 从而提高下一时刻的预报精度。

若滤波对象为离散时间线性动态系统, 并认为天气预报对象是具有这种特征的动态系统, 可用下列两组方程来描述:

$$Y_t = X_t \beta_t + e_t \quad (1)$$

$$\beta_t = \Phi_{t-1} \beta_{t-1} + \epsilon_{t-1} \quad (2)$$

(1)式为预报方程, e_t 为量测噪声, 是 n 维随机向量; Y_t 是预报量, 可用下式表示:

$$Y_t = [y_1, y_2, \dots, y_n]^T$$

X_t 是 $n \times m$ 维的预报因子矩阵, 可表示为

$$X_t = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

β_t 是回归系数, 即

$$\beta_t = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m]^T$$

(2)式为状态方程, 可以简化为

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \epsilon_{t-1} \quad (3)$$

(1)式和(3)式用来描述离散时间的线性动态系统, 用最小二乘法可推导出的一组递推滤波系统。在实际运算中, 通常利用递推滤波系统进行预报量的计算。

3 应用卡尔曼滤波方法做大风及其落区预报

由于卡尔曼滤波对象是离散时间的线性动态系统, 而风是具有这种线性变化特征的连续性变量, 因此尝试采用卡尔曼滤波方法做河南省冬半年大风预报。

3.1 预报资料的选取

河南气象 2002年第1期

本方法采用 T106 数值预报产品 36 h 预报场作为预报资料。卡尔曼滤波方法不需要太多历史资料,只需用近期 2 个月左右的资料建立预报方程。虽然用小样本建立的预报方程统计特性差,但卡尔曼滤波方法自身可以不断订正预报方程系数来适应预报对象的统计特征。

3.2 预报思路

由于在实际预报工作中可以直接获取基本站风速资料,因此选取了具有代表性的安阳、新乡、三门峡、开封、郑州、洛阳、宝丰、许昌、驻马店、南阳、信阳等 11 站进行站点风速预报。

针对每一站点,将风速作为预报量,选取预报因子,采用卡尔曼滤波系统建立预报方程,并做逐日滚动预报。

3.3 预报因子的选取

在卡尔曼滤波方法中,预报因子的选取至关重要,直接关系到预报结果。由于卡尔曼滤波初始方程是建立在少量历史资料基础上的,因此预报因子一般不超过 4 个。

根据对大风历史资料的气候特征分析可知,大风的出现往往与特定的地面及高空天气形势相联系,而天气形势的变化又与动力场和热力场的变化有关联,因此,因子的选取需要建立在正确的形势分析和物理量分析的基础上。首先选取一些初级因子,并增加一些复合因子,然后经过反复分析和相关性计算,确定最终入选因子。不同区域的站点,预报因子并不完全相同。以郑州站为例,选取了气压差、变压差、全风速及温度梯度 4 个因子作为预报因子。

3.3.1 地面气压差

$\Delta p = p_{\text{西安}} - p_{\text{郑州}}$, 郑州站的大风多与西路强冷空气的入侵有关,而西安与郑州之间的气压差可反映西路冷空气的强度。

3.3.2 地面 24 h 变压差

$\Delta p_{\text{西安}} - \Delta p_{\text{郑州}}$, 变压反映了气压系统的变化趋势,对锋面的移动有较大的影响。

3.3.3 1000 hPa 全风速

直接选取数值预报产品 T106 资料 36 h 预报场中的郑州站 1000 hPa 全风速 V 。

3.3.4 温度梯度 ∇t

选取郑州与北京之间 850 hPa 温度梯度 ∇t ,此因子反映了高空锋区的强度。

以上各物理量均通过 T106 产品 36 h 格点预报资料进行插值后计算获得。

3.4 大风及落区预报

利用 T106 数值预报产品前一日 20 时 36 h 物理量预报场,计算出所需预报因子,并读取当日风速实况,用卡尔曼滤波方法逐站进行滚动预报。因为客观预报方法一般情况下预报结果偏小,根据试运行统计结果,判定将 6 m/s 作为风速临界值,即若某日某站报出 ≥ 6 m/s 风速,即可报此站未来 24 h 有大风出现。

落区预报采用站点代表区域法,某些站除代表本地区外,还代表其临近的地区。如安阳站代表安阳、鹤壁、濮阳 3 地区等。

此方法采用 VB 及 VISUAL FORTRAN 编程,全部过程实现了自动化,不需要手工操作,在计算机上进行逐日运行,并自动生成 MICAPS 文件,可在 MICAPS 中图形显示预报结果。

4 预报结果

本方法分别在 1999 年 11 月 1 日 ~ 2000 年 3 月 30 日及 2001 年 2 月 1 日 ~ 3 月 30 日进行了预报运行,效果较好,如表 2 所示。

表 2 大风预报结果

预报日期	报对次数	空报次数	漏报次数	准确率/%
1999 年 11 月 ~ 2000 年 3 月	38	15	7	63
2001 年 2 月 ~ 2001 年 3 月	25	5	8	66

5 小 结

从预报结果来看,用卡尔曼滤波方法做大风预报是比较成功的。

此方法在一定程度上实现了大风预报的定点、定量化,但目前只适用于基本站,对非基本站由于无法即时得到其逐日风速实况资料而无法进行风速预报。

Winter Gale Forecasting of Henan province by Means of Kalman Filter

HE Zhe, BU Ya-lin, WANG Rui

(The Meteorological Observatory of Henan Province, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: On the basis of the analysis of the climatic characteristics of winter gales of Henan province, some forecast factors were screened out which cohere well with gales. Then, by means of Kalman filter, winter gale forecasting of Henan province was made. Fixed-points and quantitative forecasting of winter gale was realized to a certain degree. The result is desirable.

Key Words: Kalman filter; Winter gale; Forecast