

应用综合统计方法预报长江上游 短期强降水面雨量^①

王 丽 王仁乔 金 琪 李才媛

(武汉中心气象台, 430074)

提 要

将完全预报方法和模式输出统计方法结合起来,使其优势互补。同时,充分考虑数值预报和经验预报在实际工作中的作用,改善模式输出统计中的因子组成,建立MOS预报方程,提高了统计预报模型性能。2002年6~9月业务试用结果表明,该预报方程对强降水面雨量有较强的预报能力。

关键词: 综合统计 强降水 面雨量 长江上游流域

引 言

目前,数值预报技术已经得到了很大的提高,随着资料同化、物理过程和并行计算等技术的发展进步,数值预报产品精度将越来越高。但是数值预报的初值条件永远不可能达到真实大气状况,对各种天气过程发生发展的机理认识需要长期持久的研究,如何更加有效地使用数值预报产品,需要通过分析、统计等解释手段提高数值预报产品的使用价值。PP法(完全预报方法)和模式输出统计(Model Output Statistics,简称MOS)等统计方法在气象界得到了大量的使用,MOS就一直是美国普遍采用的释用方法^[1],该方法预报的准确率与预报方程的因子选取有很大的关系,因此,国内外有很多气象研究人员在因子选取上做了大量工作,1998年中国气象局曾组织部分省市预报员采用T106资料、使用MOS预报方法、引进多种组合因子,集中制作了各省市的分县预报模型,但随着T106模式改进为T213模式,对模型的预报性能产生了影响。PP法用历史资料中与预报对象同时时间的实际气象参量作预报因子,建立统计关系,比较稳定。综合统计方法首先使用历史资料,建立PP法方程,将其预报结果作为MOS的一个因子,从而将两种统计方法有机的结合。同时,充分考虑主客观因素在预报中的作用,通过大量地查阅天气图,分

析、总结后,组合成经验因子,与数值产品一起建立综合统计方程,应用于2002年6~9月长江上游流域(岷沱江、嘉陵江、乌江、宜宾到重庆、重庆到万县、万县到宜昌六大流域)强降水面雨量(面雨量 $\geq 20\text{mm}$)预报中,预报结果提供给预报人员,得到了预报人员的首肯。

1 综合统计模型的建立

图1为使用综合统计方法制作长江上游流域强降水面雨量流程图,下文将对该流程图作详细介绍。

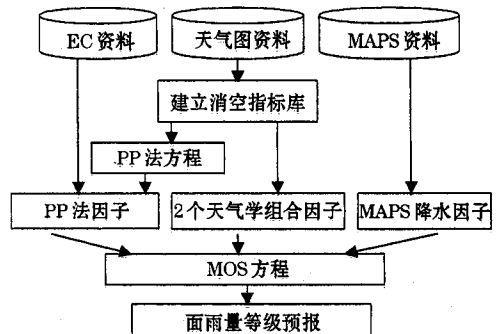


图1 综合统计方法制作长江上游流域强降水面雨量流程图

1.1 资料

使用了1971~2000年历史降水量资料、天气图(500hPa、700hPa、850hPa、地面)资

① 中国气象局三峡气象保障服务项目资助。

料,1998~2000年ECMWF历史资料、MAPS(武汉暴雨研究所研制的有限区域业务数值预报模式)降水量预报场历史资料。其中,六大流域逐站降水量经过算术平均处理为六大流域面雨量,再作分级处理后参与建模。

1.2 建立模型

以嘉陵江流域6~8月方程建立过程为例介绍综合统计模型的建立过程。

1.2.1 建立消空指标库

为提高强降水在样本中的概率,对样本进行消空,以不消除任何一个大到暴雨日为原则。第一步:确定初选因子。通过普查1986~1997年的历史资料,针对嘉陵江面雨量在20mm以上的历史天气气候背景,结合预报员经验,选取9个候选因子。候选样本数1104个,预报对象1个。

第二步:确定因子类型。将上述因子进行分类:A型(正相关型):因子值越大,预报对象出现越有利。B型(反相关型):因子值越小,预报对象出现越有利。C型(区间型):因子值在某区间,预报对象出现有利。嘉陵江9个候选因子中A型5个,B型4个,C型0个。

第三步:根据因子的不同类型,在1104个历史样本中找出预报对象出现(面雨量20mm以上)时各因子的最小值 α 、最大值 β (A型 $\beta = +\infty$,B型 $\alpha = -\infty$)。并称 $[\alpha, +\infty]$, $(-\infty, \beta)$, $[\alpha, \beta]$ 为A,B,C三类因子的“ $\alpha \sim \beta$ ”区间。在区间以外的样本,都未出现过预报对象,都是消空样本。

第四步:分别计算每个候选因子的可消空样本数 M_i ,选取可消空样本数最多的因子作为消空因子,该因子对应的 α 或 β 值($< \alpha$ 或 $> \beta$ 即为消空条件)为消空指标。

第五步:用剩余的因子和样本继续上述工作,直到所有因子不能再对剩余样本消空为止。则所有选取的因子及其确定的 α 、 β 值构成面雨量在20mm以上的消空指标库。

嘉陵江消空指标库中有5个消空因子,嘉陵江通过消空因子消空后,样本数剩下490个,预报对象出现的次数为50个,强降水概率从4.5%上升到9.8%。

1.2.2 因子标准化

采用消空后的样本作为统计样本,对目前能获得的欧洲数值预报产品、天气图资料等所有样本的输入输出因子 X_i 均作如下标准化处理:

$$X_{it}^* = (X_{it} - X_i) / S_i \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

其中: X_{it}^* 为经过标准差标准化的因子, X_{it} 是第 i 个因子的第 t 个资料, X_i 、 S_i 分别是第 i 个因子的样本平均值和均方差。

1.2.3 建立PP法方程

采用消空后、标准化的样本作为统计样本,用回归方法分别建立20~30mm、30mm以上的PP法预报模型。

1.2.4 建立综合统计预报模型

第一步:计算MOS方程中的PP法因子。取出1998~2000年6~8月276天的常规天气资料,使用前面5个消空条件予以消空,最后剩下163天。将欧洲数值预报场采用插值的方法进行预处理,假设欧洲数值预报场是完全正确的,从中取出消空后对应日期的6~8月PP法方程中相应的因子,使用PP法方程计算出一组 y 值。作为MOS方程的PP法因子 x_1 。

第二步:通过分析历史上逐日08时空、地面历史实况天气图,选取2种天气学意义明确的组合经验因子,再将MAPS数值预报模式输出的格点场雨量转换成流域面雨量作为一个因子,结合PP法因子构成综合统计预报模型的4个因子,用1998~2000年消空后的样本作为统计样本。

第三步:对所有样本的输入输出因子 x_i 按(1)式作标准化处理。

第四步:利用回归方法分别建立20mm~30mm、30mm以上的综合统计预报模型。

第五步:将以上两个模型进行回代,选取临界值。

第六步:将预报模型业务化。

1.3 结果输出

将输出结果根据临界值换算为预报等级,分别预报面雨量为0~19mm、20~30mm和30mm以上三个量级。对某一流域满足消

空指标,则预报该流域面雨量为0~19mm。对某一流域面雨量预报,上述后两个等级均未出现,则预报流域面雨量为0~19mm。对某一流域面雨量预报,仅出现20mm以上,其它均未出现,则预报该流域面雨量为20~30mm,其余依次类推。对某一流域面雨量预报,出现多个等级,则按最高等级输出。

2 因子分析

2.1 综合统计因子构成特点

综合统计方法中PP法与MOS法、主观相结合主要体现在MOS法因子组成上,其因子组成有以下特点。

2.1.1 采用PP法因子提高MOS方程的稳定性、可靠性

欧洲数值预报经过多年的使用,其72小时内形势预报精度已经得到预报人员的认可。PP法是用历史资料中与预报对象同时时间的实际气象参量作预报因子,建立统计关系。由于该方法可利用大量的历史资料进行统计,得出的统计规律一般比较稳定可靠。因此使用PP法建方程后,代入欧洲数值预报资料,得到的因子具有稳定、可靠的特点。同时,MOS法通常使用的因子,表达的意义比较单一,本方法中将欧洲各层、各类常规资料经过一定的组合后,形成组合因子,最后通过PP法方程计算出一个预报量,该预报量综合使用了ECMWF资料。将这样一个PP法方程计算出来的结果作为一个因子参与建MOS方程,提高了MOS方程的稳定性、可靠性。

2.1.2 采用经验组合因子实现主观经验预报与客观预报相结合

组合因子指经过简单算术运算后的加工因子。本文中普查了1971~2000年共30年的天气图资料,通过分析、归纳、总结,获取多种有物理意义,符合天气学规律的经验指标,将这些经验指标作为组合因子,通过求相关予以挑选,选取较好的经验因子参与建方程,实现主观经验预报与客观预报的结合。

2.1.3 应用天气气候规律改进数值预报产品的统计释用效果

注意天气气候规律的应用可以改进数值预报产品的统计释用效果。不同的季节,有

不同的天气活动特点,需要使用不同的预报因子和指标。我们分析了长江上游六大流域的天气学特点,分6~8月、9~11月、3~5月建方程,分别考虑了不同季节的不同影响系统。按不同的时间段分别建立统计预报方程。

2.1.4 建立消空指标库提高强降水气候概率

统计预报的基本特点之一是对小概率事件的预报能力差。为了提高统计样本的气候概率,在进行统计前首先对样本资料进行过滤(消空)是十分必要也是非常有效的^[2]。本文为了提高强降水的预报能力,大量查阅历史天气图,分别建立六大流域的消空指标库,对样本资料进行过滤,提高了强降水气候概率。

2.1.5 引进对强降水预报能力较强的降水因子

MAPS经过几年的应用,发现其对强降水的预报能力高于T106、日本降水预报等^[3]。因此,本方法引进MAPS降水预报作为因子,旨在提高对强降水的预报能力。

2.2 各因子在综合统计中的作用

将MOS法中4因子分为PP法因子、经验因子(第二、三因子)、数值预报因子三类进行分析(“+”为正贡献,“-”为负贡献),结果见表1。对方程 $Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4$,若“ a_ix_i ”的值为正,则第*i*个因子对强降水预报的贡献为正,否则为负。统计2002年6~9月长江上游六大流域,实况面雨量出现20mm以上的过程共41次,“ a_1x_1 ”为PP法因子的贡献值,“ $a_2x_2 + a_3x_3$ ”为经验因子的贡献值,“ a_4x_4 ”为数值预报因子的贡献值。从表1可以看出:综合统计预报正确的29次中经验因子的正贡献次数最多。另外,综合统计预报漏报的12次

表1 三类因子正负贡献统计

| 综合统计预报 | PP法因子 | 经验因子 | 降水数值预报因子 |
|---------|----------------|---------------|----------------|
| 正确(29次) | 15(+) 14(-) | 26(+) 3(-) | 19(+) 10(-) |
| 漏报(12次) | 12(+) | 11(+) | 5(+) |

中,PP法因子漏报正贡献最大(可能与欧洲数值预报场过于稀疏,插值后代表性较差有关)。预报正确过程中,三种因子都是互补的,没有同时出现三个负贡献。PP法与MOS以及主客观预报的相互结合在综合统计方法中提高了预报准确率。

3 试验结果与检验

对2002年6月1日~9月30日强降水水面雨量预报结果,进行了统计。表2给出万县至宜昌、重庆至万县统计结果,其他流域略。其中,zh指综合统计方法预报结果,‘23’指有20~30mm面雨量,‘35’指有30~50mm面雨量。考虑到面雨量强降水预报的难度,将凡是预报和实况均出现20mm以上面雨量的预报作为一次准确的预报。从表2可得以下结论:

表2 万县至宜昌、重庆至万县强降水水面雨量24小时预报统计

| 万县到宜昌 | | | | | 重庆到万县 | | | | |
|-------|------------|------------|--------------|--------------|-------|------------|------------|--------------|--------------|
| 日期 | 实况 (mm) | ZH (级别) | T213 (mm) | MAPS (mm) | 日期 | 实况 (mm) | ZH (级别) | T213 (mm) | MAPS (mm) |
| 6.9 | 20.4 | 23 | 26.0 | | 6.1 | 20.4 | | | |
| 6.23 | 23.8 | 23 | | | 6.11 | 20.6 | 23 | | |
| 7.22 | 22.0 | 35 | | 49.5 | 6.12 | 29.1 | 23 | | |
| 8.10 | 22.8 | 23 | | | 8.9 | 20.9 | 23 | | |
| 8.24 | 23.5 | 35 | | | 8.11 | 32.5 | 35 | | |
| 9.20 | 25.1 | 23 | 38.8 | | 8.24 | 35.9 | 35 | | |
| 9.21 | 24.7 | 23 | | | 9.20 | 37.3 | 23 | | 31.9 |
| | | | | | 9.21 | 24.7 | 23 | | |

(1)综合统计方法对流域强降水水面雨量有较理想的预报能力。六大流域共41次过程,24小时预报正确29次,T213预报正确

12次,MAPS预报正确13次。

(2)综合统计方法对数值预报产品有一定的订正能力。有19次MAPS没有预报强降水,但综合统计方法在其基础上成功预报出强降水过程。

4 结论

(1)充分利用了PP法方程的稳定性和欧洲数值预报的准确性,将PP法结果作为MOS预报的一个因子参与建模,增加了预报方程的稳定性和准确率。

(2)结合预报员的经验,将有效的经验指标作为预报因子参与建模,使主观的经验指标作为预报因子参与建模,使主观的经验应用于客观的统计预报中,提高了方程对强降水的预报能力。

(3)数值预报产品的降水预报在综合统计中起到了比较重要的作用,但经过综合统计方法解释后的预报结果对数值预报产品的降水预报有较明显的订正作用。

(4)综合统计方法在因子组成上进行了多方面的改进,大大增强了强降水水面雨量的预报能力。

参考文献

- 薛纪善. 美国天气预报技术的发展. 气象, 1998, 24(11): 3~6.
- 孔玉寿, 章东华. 现代天气预报技术. 北京: 气象出版社, 2000.
- 熊秋芬等. 三峡区间面雨量预报方法及其试验效果. 气象, 2000, 26(11): 19~23.

Short-range Forecast of Heavy Area Rainfall Combined PP Method with MOS Method in the Upper Reaches of Changjiang River

Wang Li Wang Renqiao Jin Qi Li Caiyuan
(Wuhan Central Meteorological Observatory, 430074)

Abstract

A statistical forecast equation, combined PP (Perfect Prediction) method and MOS (Model Output Statistics) method, is developed. The operational forecast results, from June to September 2002, show that the equation has better skill for forecasting of heavy area rainfall in the upper reaches of the Changjiang River.

Key Words: statistics heavy rainfall area rainfall the upper reaches of the Changjiang River