

释用法及业务应用<sup>①</sup>

杨仁勇

伦绪勇 杨绍洪

(南京气象学院 401 信箱, 210044)

(贵州省黔东南州气象台)

## 提 要

根据新预报业务流程的要求,用 MICAPS 平台中的 HLAFS 产品场与暴雨发生的初始、中间、结束过程相对应的三维空间物理量场的相似程度,根据场相似的数量作综合判别分析作出有无区域暴雨的预报。使用动力过程相似释用法实现了从资料准备到最后预报结果生成的程序化、自动化、客观化。根据天气过程分类建立的两类模型以场平均距离为依据,作出暴雨预报相似判别分析结果,其预报的检验效果令人满意,1999~2002 年 5~9 月平均  $T_s$  超过 33%。

**关键词:** HLAFS MICAPS 暴雨 模型 相似预报 动力过程

## 引 言

数值预报发展至今,已到了一个非常成熟的阶段,由传统的天气分析预报迅速向数值预报产品的解释应用转换已成为当务之急。随着“9210”工程的建设,我国的中期数值预报业务 T213 和 HLAFS 实时数值指导产品可以传输到地(市)一级甚至县一级台站,为广大基层台站的数值产品释用工作创造了更加良好的条件<sup>[1]</sup>。

在新的预报业务流程建设中,数值预报产品的解释应用是必不可少的。但解释应用在我国一直是相对比较薄弱的环节。研讨释用方法目前常用的有四大门类<sup>[2]</sup>,即天气学释用法、动力学释用法、统计学释用法,人工智能释用法。本文采用动力学解释应用的方法来进行研究。

作为相似预报方法,有很多地方的预报员研究开发和使用过<sup>[1-5]</sup>。暴雨落区动力过程相似预报方法的研究,谢齐强等<sup>[2]</sup>在“八五”期间进行过,但使用的是 LAFS 资料;袁

英美等<sup>[6]</sup>使用 ECMWF 和 T106 资料进行过研究,但动力过程只选用了 0、24 小时预报场;汪克付等<sup>[7]</sup>使用过 HLAFS 资料进行过研究,但其动力过程模型选用的是 HLAFS 的实况分析场而非预报场。

HLAFS 作为我国有限区域细网格模式的数值产品,分辨率已达  $0.5 \times 0.5^\circ$ ,其预报能力也在不断提高<sup>[8,9]</sup>。实时业务每天 20、08 时 HLAFS 产品均已能在 PCVSAT 中接收到,为各地气象台实时业务提供了基础条件。

## 1 暴雨动力过程相似预报方法

## 1.1 预报方法思路

运用相似原理预报各类天气过程与现象仍然是目前气象台站最常见的方法之一。预报员最习惯的思路是:从大尺度环流形势、天气系统的三维空间配置与强度等特征入手,分析判断类似于哪一类天气过程和历史个例,然后作出预报。预报效果主要取决于两个方面:一是相似要素的正确选择,二是相似

① 本文受贵州省气象局“短平快”2000 年课题项目资助。

方法是否最佳。考虑到暴雨天气过程的复杂性,我们应当研究一定时间与空间范围内的天气过程发生发展的特征。谢齐强等<sup>[2]</sup>研究暴雨动力过程时,用中国科学院大气物理研究所的五层原始方程有限区域细网格数值模式作过试验。试验研究表明:有暴雨和无暴雨两类天气过程各有其特征,而且二者的差异是十分明显的,尤其表现在散度场、涡度场、垂直速度场和水汽通量辐合场上。说明两类动力过程是不相同的。对于预报区域来说,这些物理量的差异在初始时刻不一定大,而在预报时段明显增大。也就是说,我们不仅要看初始状态的大气运动是否相似,而且还要看中间和结束过程的大气运动状态是否相似。

## 1.2 场平均距离的定义和相似确定

对于我们在预报中选用的格点场,其场平均距离  $d$  的定义如下:

$$d_{ij} = \left[ \sum_{k=1}^{315} (y_{ik} - Y_{jk})^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

上式中  $y$  表示预报时使用的要素场,  $Y$  表示建模后的要素平均场,  $d_{ij}$  表示两个场之间的平均距离。 $y_{ik}$  中的  $i$  表示第  $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 38$ ) 个要素场,  $k$  表示第  $k$  ( $k = 1, 2, 3, \dots, 315$ ) 个格点的值。 $Y_{jk}$  中的  $j$  表示第  $j$  ( $j = 1, 2$ ) 类平均场,即  $Y_{1k}$  表示有暴雨模型的平均场,  $Y_{2k}$  表示无暴雨模型的平均场。 $d_{i1}$  定义为与有暴雨模型的平均距离,  $d_{i2}$  定义为与无暴雨模型的平均距离。前述下标变量取值范围是根据预报方案来确定的。预报因子  $i$  共使用了 38 个要素场。预报模型平均场分为有暴雨和无暴雨两类,所以  $j$  取为 1 或 2。 $k$  的取值上限即格点总数为 315 (说明见 2.1 节)。

场距离  $d_{ij}$  是表示两个场之间远近程度的一个标量数值。它综合考虑了两个场中各对应格点的距离远近。用它来判别场之间的相似,当  $i$  值给定后(即对某一要素场)可同时分别求出它与有暴雨模型平均场的距离  $d_{i1}$  和与无暴雨模型平均场的距离  $d_{i2}$ 。若  $d_{i1} > d_{i2}$  则表示该要素场与无暴雨模型平均场

距离更近,认为在两类模型中更相似于后者,反之若  $d_{i1} < d_{i2}$  则表示该要素场与有暴雨模型平均场距离更近,认为在两类模型中更相似前者。

## 1.3 具体做法

以 HLAFS 分辨率为 50km 左右的多层次、多要素和多时效的数值预报场(每天 38 个场)来刻画有无暴雨的动力过程。将历史个例分为两类,即有暴雨和无暴雨。按这两类个例分别求取 38 个场之各自的平均场,可得到两类,每类含 38 个平均场的动力过程模型。作预报时首先将当日 38 个场逐个求取与有暴雨模型场的平均距离  $d_{i1}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 38$ ),其次将当日 38 个场逐个求取与无暴雨模型场的平均距离  $d_{i2}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 38$ ),然后再逐个对应比较  $d_{i1}$  与  $d_{i2}$  的大小,若  $d_{i1} > d_{i2}$  则认为该要素场相似于无暴雨模型,反之若  $d_{i1} < d_{i2}$  则认为该要素场相似于有暴雨模型。如此可获得 38 个相似结果(若干个相似有暴雨,若干个相似无暴雨),最后对 38 个相似结果进行综合判别。如果作出有暴雨的场达到一定的数量,例如 20 个(程序运行时这一指标可以更改,要根据实际检验中的空漏报率来调整到一个最佳值)即综合判别认为会出现有暴雨的预报结果,否则为无暴雨的预报结果。

## 2 资料的选取

### 2.1 当前 HLAFS 资料的选取

当前资料的选择采用 MICAPS 系统对 HLAFS 资料的处理方法解码后从 MICAPS 目录下读取相应文件而获得区域内格点资料。分辨率为  $0.5 \times 0.5$  度,格距约为 50km 左右。选取的区域为贵州省及周边地区范围:  $23 \sim 30^\circ\text{N}$ 、 $103 \sim 113^\circ\text{E}$ , 区域格点总数为  $21 \times 15$  共 315 个。使用的是每天 20 时的资料。

### 2.2 历史 HLAFS 资料选取

压缩保存:把每天业务中 PCVSAT 下发的 HLAFS 原始资料(GRIB 编码)文件打包压缩生成该天的一个压缩包保存为历史资料。

解压缩后使用:当需要使用历史资料时调用解压缩软件将该天的压缩包解压还原即可。其余过程同当前资料处理方式,只是要注意将日期对应好即可。

历史资料年限:使用1999~2002年共计4年的资料。

### 2.3 观测资料的选取

用贵州省黔东南州16个站的日降水量资料,与HLAFS历史资料对应,选取1999~2001年5~9月主汛期作暴雨预报的研究。2002年作为试报效果检验年,因为该年没有个例入选,可视为全新的业务预报检验年。

定义有暴雨过程入选标准为:当某次天气过程中黔东南州16站中有3站次以上的降水量超过50mm即为一次区域性暴雨天气过程,共统计出历史有暴雨过程34个个例建立有暴雨模型。

定义无暴雨过程入选标准为:黔东南州16个台站每天合计降水小于15mm时即为一次区域性无暴雨天气过程,共统计出历史无暴雨过程94个个例建立无暴雨模型。

### 3 预报因子、范围、层次、时次的选取

预报因子选取:根据“八五”期间国内有关暴雨业务预报和技术研究成果经验<sup>[2]</sup>,得出有暴雨和无暴雨两类过程差异尤其表现在散度场、涡度场、垂直速度场和水汽通量辐合等场。从历史和实时业务使用的检查中发现,HLAFS资料水汽通量和水汽通量散度长期出现了不正确的值,我们将其与T106及T213的相应水汽要素作过对比后发现,HLAFS产品中该两要素解码后格点值均为0值左右。所以水汽这一预报因子使用相对湿度来代替。最后入选的预报因子为:散度、涡度、垂直速度、相对湿度、降水预报共五个因子。主要为动力因子和水汽因子。

空间层次:垂直方向选用500、700和850hPa三层。

时间过程描述:选用0、12、24共3个时次。

每天作预报时,共使用HLAFS产品38个场:4个因子×3层×3个时次共36个场,

外加地面降水12、24小时预报2个场。

### 4 程序设计编制及运行

程序设计采用Visual Basic语言,具有较好的图形操作界面。

主要的预报制作、查阅、建模型等功能均集于一体,参数修改直接在程序运行时操作实现,只要预报员懂得Windows操作就可使用。各功能按钮及说明均会自动提示。由于程序运行时需要调用MICAPS系统的Proc-nwp.exe程序进行原始资料的GRIB解码,所以需要与MICAPS系统安装在同一台计算机才能正确运行。每天若需自动运行程序作预报,在Windows98的计划任务中加入该程序即可。

### 5 预报效果检验

#### 5.1 对两类建模日期的检验

对有暴雨模型的32d回报,准确率为 $30/32=94\%$ ;报错2d:2000/7/30和2000/8/21;对无暴雨模型的90d回报,全部报对,准确率为100%。由于无暴雨个例相对较多,这90d个例是根据回报情况进行过2次剔除后余下的。而有暴雨个例相对较少,且剔除会相互影响,所以尽管有两天回报错误也不轻易删除它。

#### 5.2 1999年~2001年5~9月预报的检验

3年共计450d(因缺资料9d),平均暴雨预报准确率 $T_s$ 为 $(35\%+38\%+28\%)/3=33.7\%$ ,平均空报率为 $(65\%+62\%+69\%)/3=65.3\%$ ,漏报率 $<3\%$ ,暴雨空报但出现了中到大雨过程约占12%。结果可以看出该方法有较好的预报能力。

#### 5.3 2002年5~9月的试报检验

共91d(因缺资料62d),暴雨预报准确率 $T_s$ 为 $14/35=40\%$ ,空报率 $20/35=57\%$ ,漏报率 $1/35<3\%$ ,暴雨空报中出现了中到大雨过程约占 $8/35=23\%$ 。虽然因存储故障造成HLAFS缺历史资料天数较多,结果也可以看出该方法试报效果较好。因资料较短,预报的稳定性需要进一步检验。

#### 5.4 综合预报效果分析

经过对比调整检验,当取暴雨场与无暴

雨场之差等于4时效果最佳(考虑了缺部分因子场的情况),即38个场中有21个以上报有暴雨就输出暴雨预报。

1999~2002年4年中,2000年漏报2次,2002年漏报1次。这三次漏报均是前一天无降水,而天气发生突转,HLAFS模式本身对天气系统漏报是可能原因。

系统漏报率 $<3\%$ ,则空报率必然会较高,也可能与所取的要素场或天气过程类型有关。当暴雨结束后,水汽依然较多时,常出现连续空报暴雨的情况,今后需要多加分析各种消空条件以及结合使用其他预报方法来降低空报率。但预报员在做暴雨预报时往往采用了“不空但防漏”的过渡性技巧,即多用“大到暴雨”的量级进行预报发布以免空报但可防漏报。从准确率来看基本达到预报员的水平,尤其稳定性优于预报员水平。

## 6 小结和讨论

(1)本预报方法目前使用的是20时的HLAFS资料,若使用08时的资料(每天下午15时之后能收到),则预报时效在业务中可后延12小时。

(2)从4年的预报检验效果来看,取得了令人兴奋的结果。暴雨预报 $T_s \geq 33\%$ (未分落区)。但预报效果还需要更多时间以及在各地级气象台的推广使用来检验。

(3)本预报方法采用研究与业务相结合。

## Similar-Dynamic Process Interpretation and Operational Application of HLAFS Products to Heavy Rain Prediction

Yang Renyong

(Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044)

Lun Xuyong Yang Shaohong

(Qiandongnan Observatory of Guizhou Province)

### Abstract

With the need in the new forecasting operation process, by virtue of the similarity between the HLAFS products in MICAPS platform and the three-dimensional space physics field relative to the initial, development and extinction of the heavy rain, a prediction of the on/off region heavy rain is made under complex examination and analysis which is based on the magnitude interpretation and application. The programming, automation and objectivity are realized in the whole process. Based on the mean field distance of the two types of weather process, the heavy rain prediction with the analog discriminatory analysis results is made. The examining results are reasonable, the mean  $T_s$  during May—September, 1999—2002 is more than 33%.

**Key Words:** HLAFS MICAPS heavy rain analog forecast dynamic process

程序设计时考虑到各地推广使用,只需将参数根据实际环境进行调整即可。前期准备就是根据历史观测资料筛选出用来建模的两类个例日期,其余的工作均可在程序中实现。程序和资料我们将无偿提供给感兴趣的同行使用,但历史HLAFS资料占用硬盘空间较大。

## 参考文献

- 1 中国气象局科教司编.省地气象台短期预报岗位培训教材.北京:气象出版社,1998:92~95.
- 2 谢齐强,江静等.动力统计模型应用于三峡荆江暴雨落区的试验研究.暴雨业务预报方法和技术研究(85-90-06课题).北京:气象出版社,1995:58~65.
- 3 章国材等.暴雨落区预报方法.我国天气预报逐级指导技术研究.北京:气象出版社,2001:53~63.
- 4 张延亭.逐步引进因子场作相似预报.气象,2000,26(3):22~27.
- 5 李开乐.相似离度及其应用.气象学报,1986,44(2):174~183.
- 6 袁英美等.黑龙江省暴雨落区相似预报.刘还珠等编.暴雨落区预报实用方法.北京:气象出版社,2000:25~29.
- 7 汪克付等.HLAFS资料在暴雨过程相似预报中的应用.刘还珠等编.暴雨落区预报实用方法.北京:气象出版社,2000:148~150.
- 8 李昌义等.1998年7~8月HLAFS对山东降水预报能力检验.刘还珠等编.暴雨落区预报实用方法.北京:气象出版社,2000,182~186.
- 9 闫之辉等.国家气象中心有限区域同化预报系统(HLAFS)业务改进.数值产品评价公报,1998:5~6.