

河南省短期区域性暴雨动力诊断及综合预报方案

李平 孙景兰

张金彬

(河南省气象台, 郑州 450003) (河南省气象科学研究所)

孔海江 李保生 闫少伟

(河南省气象台)

提 要

介绍了:①用 T63 数值预报产品对河南省 6—8 月区域性暴雨进行物理量诊断分析。②用人工智能研制的河南省 6—8 月分片大一暴雨短期自动化预报系统与用 T63(T42)数值预报产品资料采用逐步回归分析法和预测误差平方和最小准则两种选取回归自变量的方法,建立河南省分片预报方程的综合判别预报。③在 1995、1996 年 7—8 月业务预报中试验结果。

关键词: 区域性暴雨 诊断分析 预测误差平方和最小准则 综合预报

引 言

以往河南省在客观化、自动化人工智能方面做过大量的工作^[1],在数值产品 MOS 预报^[2]及暴雨诊断分析方面也有过研究^[3],但 T63 产品的物理量分析及做河南省暴雨落区应用方面尚未开发,为此我们在分析河南省区域性暴雨的特点、成因中探讨 T63 数值预报产品的动力参数的基础上建立河南省区域性暴雨的动力模型,尝试将我台研制的数值产品降水预报与客观自动化预报系统集成建立一套更有效的短期大一暴雨的预报系统。

我们规定:在全省范围内 24 小时降水量有 10 个站 $\geq 25\text{mm}$ 并连成片,其中 5 站 $\geq 50\text{mm}$ 的定为一个区域性暴雨日。

为进行大一暴雨区预报和指导台站的日常业务工作,结合本省雨量站点分布情况,我们将全省划分为 10 片:

一片:安阳、鹤壁、濮阳三地区;二片:新乡、焦作二地区;三片:三门峡、洛阳二地区;四片:郑州、开封二地区;五片:商丘地区;六片:许昌、平顶山、漯河三地区;七片:周口地区;八片:南阳地区;九片:驻马店地区;十片:信阳地区。

分片大一暴雨的标准是:凡 10 片中任一片 24 小时面平均雨量 $\geq 8\text{mm}$,定该片为一个大一暴雨日。

1 动力模型的建立

1.1 建模样本的选择

1.1.1 动力分析诊断模型样本的选择

应用 T63 数值预报产品的 850、700、500、300hPa 层的 u 、 v 分量、散度、涡度、垂直速度、相对湿度等因子,选 1995 年 6—8 月省内共出现的 13 个区域性暴雨日为样本进行分析,归纳出河南省区域性暴雨的动力诊断模型。

1.1.2 建立分片大一暴雨预报模型的样本

选择

用于建立预报模型的 T63(T42)数值预报产品主要有:850、700、500hPa 层上的位势高度、 u 、 v 分量、散度、涡度、垂直速度、相对湿度和降水量预报。首先对候选因子作相关分析,相关系数超过 0.35 的因子通过初选(详细材料见国家科技攻关 85-906-06 课题组论文集)。

1.2 区域性暴雨动力诊断分析

我们使用 T63 数值预报产品的物理量分析对 13 个暴雨日进行诊断分析,按 700hPa 影响系统分为低槽型(4 场)和切变线型(9 场)两类,切变型中又分冷切变、暖切变和横切变三种。由于 1995 年 T63 产品中缺少一些热力条件参数(如: θ_{se} 、 k 指数等)资料,所以仅从动力方面作初步分析。

1.2.1 湿度场和风场

经过试验对比^[4],湿度与风场要素变化能反映水汽和水汽输送。在暴雨产生前低层湿度明显增大,在影响河南省关键区(30—37.5°N,110—115°E)暴雨产生前 700hPa 以下的相对湿度值均达到 80%以上,根据影响河南省 700hPa 关键区(30—40°N,105—117.5°E)风场变化(分析 T63 数值预报产品提供的南北风风场),可以判断关键区内 700hPa 的影响系统。

1.2.2 散度场

散度场上(图略)在暴雨产生前低层 850hPa 的辐合值在 -1.0×10^{-5} — $-2.8 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$,700hPa 上也为辐合区。但高层(一般 300hPa 层)则为辐散,强度一般为 1.0×10^{-5} — $2.8 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$,高层辐散、低层辐合,这将有利于暴雨区上空对流运动的发展。

1.2.3 涡度场

分析河南省 13 个区域性暴雨雨带分布与 T63 给出的 500hPa 正负涡度区分布特征的关系,发现 13 场暴雨带中有 11 场位于正涡度的南侧和负涡度的北侧,只有 2 场是位于正涡度的北侧、负涡度的南侧,即均在零涡

度线两侧偏正涡度一方。

1.2.4 垂直运动

强盛的上升运动是造成大范围强降水的必不可少的条件之一。从 1995 年我省 13 场暴雨的上升运动条件(图略)来看, ω_{850} 最小达 $-7.9 \times 10^{-3} \text{hPa} \cdot s^{-1}$; ω_{700} 与 ω_{500} 一般在 -10.0×10^{-3} — $-25.0 \times 10^{-3} \text{hPa} \cdot s^{-1}$; ω_{800} 最大可达 $-51.2 \times 10^{-3} \text{hPa} \cdot s^{-1}$,说明在暴雨产生前河南境内为强的上升运动区。上升运动越强暴雨的范围与强度也越大。8 月 21—22 日过程为河南省 1995 年最大的一次暴雨过程, ω_{850} 值达 $-20.9 \times 10^{-3} \text{hPa} \cdot s^{-1}$, ω_{500} 达 $-30.9 \times 10^{-3} \text{hPa} \cdot s^{-1}$ 。

在上面分析的基础上,我们分别建立低槽型和切变型两类的区域性暴雨预报的动力诊断模型(图略)。

2 河南省分片综合判别预报方案

2.1 T42 与 T63 数值产品建模(以下简称 SM)

对 T42 和 T63 数值预报产品我们用两种方法建立预报方程。其一为预测误差平方和最小准则(PRESS),其二为逐步回归。后者已为气象工作者熟知,此处简单介绍前者。

考虑如下线性回归模型:

$$Y = X\beta + e$$

式中 Y 为预报量向量, X 为预报因子矩阵, β 为回归系数向量, e 为残差向量。

去掉第 i 个个例后的模型记为

$$Y(i) = X(i)\beta(i) + e(i)$$

用此模式做预报,其误差为

$$f_i = Y_i - X(i)\beta(i)$$

其中 Y_i 为实测值。

对每个个例重复以上步骤,得到所有 n 个个例的预测误差平方和。

$$PRESS = \sum_{i=1}^n f_i^2$$

ALLen^[5]提出对预报因子的所有可能子集进行计算,选取 PRESS 值最小的子集对应的模式作为预报方程。由于候选因子较多时所

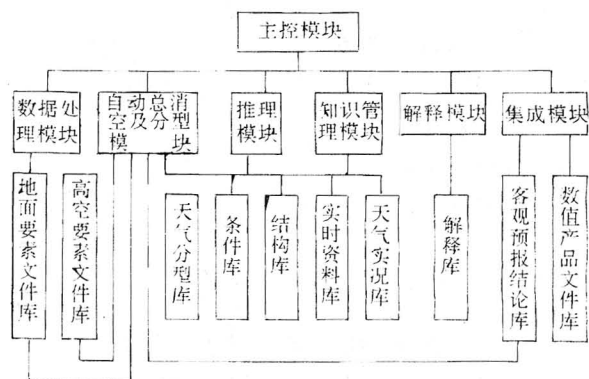
有可能子集的个数太多而无法实现,姚棣荣等^[6]提出了一种逐步筛选算法,使这一准则得以付诸实用。

我们同时用 PRESS 准则和逐步回归模型分 10 片,分别建立了 7 月和 8 月的逐日降水预报方程。其中相关系数的最大值为 0.89,最小值为 0.59^[7]。

2.2 河南省分片短期客观预报系统(以下简称 KC)

该系统选用了 6—8 月国内 62 个气象站的逐日 08 时探空资料和 17 个气象站的逐日 08 时地面资料以及日本传真图 24 小时、36

小时降水量预告,对我省 10 片面雨量分别进行客观诊断分析,模拟预报员思路,并结合专家经验,通过消空、分型,根据天气类型相应的预报指标综合判别,做出河南省各片未来 12—24 小时内有、无大—暴雨预报。它包含了上千条的预报经验,每条经验里又含有大量的判断,源程序达 6000 多行。为便于操作、调试和通用性,我们采用 C 语言进行 WINDOWS 编程,用 Borland C++ 的项目管理功能研制出了此系统。系统由 7 个模块和两个库组成,各模块和各库之间的关系见附图。



附图 系统各模块及各库之间的关系

2.3 综合判别预报

从多年的业务预报经验中得出,单一的预报方法都有缺陷,比如 KC 方法虽在消空、分型上相当过硬,但在预报能力上有些不足,尤其是不能作量级预报;而 SM 法可做出逐日降水量预报但稳定性差,又经常因资料缺或模式修改而必须重新建模影响正常业务使用等等。我们于 1995、1996 年用 SM 法与 KC 法进行综合判别,做出了河南分片有无短期大—暴雨的预报,其判别标准如下:

①若 KC 消空且 SM 预报值 $\leq 6\text{mm}$ 则预报该片无大—暴雨。

②若满足下列标准之一者,则报该片有大—暴雨:

(a)KC 分型预报结果无,但 SM 预报值均 $\geq 10\text{mm}$ 。

(b)KC 分型预报结果有,且 SM 预报值 $\geq 6\text{mm}$ 。

3 试报情况

将上述方案用于 1995 年和 1996 年业务预报,并将逐日预报结果在全省气象系统上网。1995 年 T42 资料较为完整,试验成功地作出了 7 月 17—18 日,8 月 21—22 日等暴雨过程,特别是后次特大暴雨过程,该方法预报得非常成功,得到省电力调度通信局、省保险公司等单位的表彰(1995 年省保险公司利用气象信息减少保险赔款上千万元,省电力调度局也利用气象信息创造近千万元效益)。1996 年因为线路故障给试验带来极大影响,该方法只成功地做出了 8 月 2—3 日大暴雨过程。两年 T_s 评分情况见附表。附表中给出两个方法及综合预报系统的 T_s 评分、以及日

本预报降水量的 T_s 评定,由表中可见,本系统的 T_s 评定高出所列其它单一的预报方法。

附表 1995—1996年7—8月大—暴雨试验 T_s 评定

| 方法 | 1995年 | 1996年 |
|----------|-----------|-----------|
| KC法 | 0.54 | 0.51 |
| SM法 | 0.28(T42) | 0.25(T63) |
| 日本数值雨量预报 | 0.51 | 0.50 |
| 综合预报 | 0.57 | 0.53 |

4 体会

4.1 通过数值预报产品基本要素场分析建立的区域性暴雨动力模型具有一定的实用价值。

4.2 将天气学方法、数值预报降水量预告相结合进行综合集成判别有利于吸收预报员长期积累的经验,并能充分利用现有数值预报成果,发挥统计、判别综合的优势。

由于水平和条件有限,工作尚存在问题

和缺点,比如:暴雨量级预报有待进一步充实提高等。

参考文献

- 1 李平,廉德华,闫少伟.河南省6—8月份分片大—暴雨短期预报系统.国家科技攻关85-906-55(10—25)河南专题技术论文集,1995.
- 2 周家斌,李平,胡鹏,李保生.数值预报产品在人机交互系统中的应用研究.国家科技攻关85-906-06课题文集,1996.
- 3 孙景兰,廉德华.黄河中游地区西北涡暴雨的诊断分析.国家科技攻关85-906-04专题文集,1996.
- 4 75.8暴雨研究会战组.1975年8月河南特大暴雨研究报告,1997,3.
- 5 Allen D. M. . Mean Square Error of Prediction as a Criterion for Selecting Variables, *Technometrics*, 1971, 13: 469—475.
- 6 姚棣荣,俞善贤.基于PRESS准则选取预报因子的逐步算法.大气科学,1992,16:129—135.
- 7 李平,胡鹏,李保生,周家斌.用数值预报产品作河南省7—8月分片大到暴雨预报.河南气象,1996,1.

The Diagnostic Model of the Short-range Area Rainstorm and the Integrated Discriminate Forecast in Henan Province

Li Ping Sun Jinglan Zhang Jinbin

Kong Haijiang Li Baosheng Yan Shaowei

(Henan Meteorological Bureau, Zhengzhou 450003)

Abstract

The diagnostic analysis of physical variables for area rainstorm from June to August in Henan Province was conducted and the dynamic model was given by using numerical forecast product of T63. The short-range automatic forecasting system of rainstorm with divided areas was developed by the artificial intelligence, and by using the numerical forecast product data of T63(T42), two kinds of selecting regression independent variable method were used to establish the integrated discriminate forecasting in Henan province, one of two kinds is the stepwise regression analysis, the other is the least standard of the sum of error square. The trial results of the operational forecast from July to August in 1995 and 1996 was reviewed.

Key Words: area rainstorm diagnostic model the least standard of the sum of error square integrated discriminate forecast