

中期暴雨预报自动化系统

毕春盛 李强¹⁾

(辽宁省抚顺市气象局, 113008)

提 要

中期暴雨预报系统实现了从信息采集、预报制作到服务全过程自动化。中期暴雨预报方法主要有: 环流分型相似预报、暴雨个例相似预报和中期暴雨预报专家系统, 采用层次分析动态决策方法进行预报集成。该系统在业务预报中取得显著效果。

关键词: 暴雨 中期预报 自动化

引 言

随着计算机技术及现代通信手段的发展及其在气象领域的应用, 使建立预报客观自动化系统成为可能。《中期暴雨预报自动化系统》是在辽宁省市级气象台实时业务服务系统的基础上研制开发的, 从资料的采集、分析、加工到做出暴雨的中期 24—120 小时预报, 整个运行过程实现了客观自动化。

1 系统概况

本系统以天气学原理和中期预报理论为基础, 运用动力学、统计学和人工智能等多种方法, 并结合预报实践经验, 引进 ECMWF 中期数值预报产品和先进的中期预报技术, 采用多种预报手段进行综合决策。

系统由 2 台 386 微机, 通过 NOWELL 局地网络支持实现。前置机与省通信台联网, 用于报文的收发及原始报文的存贮。主机承担报文处理、实时资料库建立、预报制作、图形显示等功能。

该系统由收发报、报文处理、资料分析加工、图形图象显示、中期暴雨预报 5 个子系统组成。系统工作流程如图 1 所示。

2 资料处理

本系统是利用计算机对大量的气象信息, 通过建立不同的数学模型, 进行分析加工和识别, 生成中期暴雨预报因子(物理量), 进而完成对各种资料的自动处理。

2.1 预报对象(暴雨)资料处理

取 1971—1990 年抚顺地区 3 个代表站逐日降水资料, 挑选暴雨日, 存于历史资料库中。

暴雨日标准:

全区任一站日雨量 $\geq 50\text{mm}$, 且另一站 $\geq 25\text{mm}$ 。

2.2 有关主要物理量场处理

(1) 低压中心位置及强度

对于任一点 $H(i, j)$ (i 代表经度, j 代表纬度) 若满足下列 4 个不等式:

$$H(i, j) < H(i-1, j)$$

$$H(i, j) < H(i, j-1)$$

$$H(i, j) < H(i+1, j)$$

$$H(i, j) < H(i, j+1)$$

则 $H(i, j)$ 点为低压中心, 其值为低压中心值。

在上述条件成立的前提下, 低压中心强度计算如下:

$$Q = [H(i-1, j) + H(i, j-1) + H(i+1, j) + H(i, j+1)] - 4H(i, j)$$

Q 表示低压中心强度。 Q 值愈大, 则低压愈深。

高压中心、台风中心、冷暖中心位置及强度与低压中心计算类似。

(2) 500hPa 涡度

500hPa 涡度计算公式如下:

$$\zeta = \frac{9.8m^2}{fd^2} [H(i-1, j) + H(i, j-1)$$

1) 该项目为省级科学技术研究成果, 课题组成员还有井岗山、于旭民。

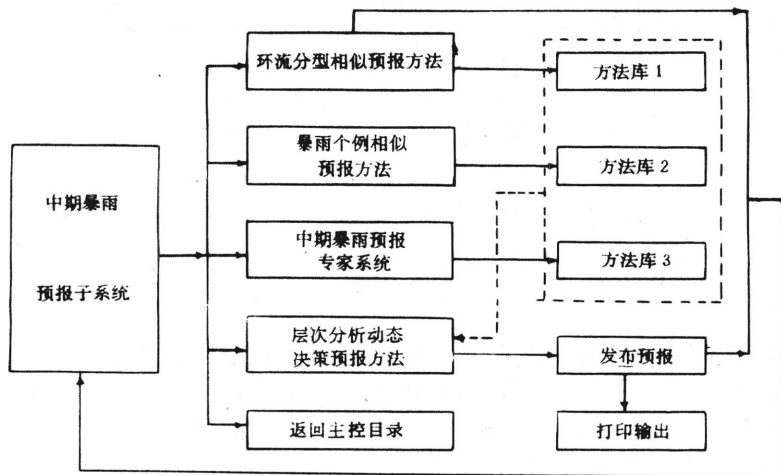


图1 中期暴雨预报子系统工作流程图

$+ H(i+1, j) + H(i, j+1)] - 4H(i, j)$
其中: m 为地球投影放大系数, 本系统取 1; d 为距离, 取 550km; $\Omega = 7.29 \times 10^{-5}$ 弧度 $\cdot$ 秒 $^{-1}$; $f = 2\Omega \sin \varphi$, φ 为纬度。

(3) 高空槽及强度

本系统主要判别影响本区上游的高空槽线, 即 35°N 、 40°N 和 45°N , 在 100°E — 125°E 之间是否有高空槽线及强度。

对于某一纬线, 任一格点的高度值 $H(i, j)$ 有:

$$H(i, j) < H(i-1, j)$$

$$H(i, j) < H(i+1, j)$$

则该点有高空槽线。

$$Q = [H(i-1, j)$$

$$+ H(i+1, j)] - 2H(i, j)$$

Q 为槽线强度。 Q 愈大, 槽愈深。

3 中期暴雨预报子系统

中期暴雨预报子系统由 3 种预报方法组成。分别为: (1) 环流分型相似预报方法; (2) 暴雨个例相似预报方法; (3) 中期暴雨预报专家系统。系统工作流程见图 1。

3.1 环流分型相似预报方法

以 500hPa 高度场的模糊聚类客观分型结果为历史样本, 以预报日接收的 ECMWF 500hPa 5 天预报图为预报样本, 用这 5 张图分别与历史样本计算相似高度, 挑取相似高度最小值, 且与判别系数 λ 值相比较。从而确定相似环流类型。

判别系数 λ 值确定:

大区: 20°N — 75°N 、 45°E — 170°E 范围内共 312 个格点, λ 为 0.147。

小区: 30°N — 50°N 、 105°E — 140°E 范围内共 40 个格点, λ 为 0.12。

对选取的相似高度最小值, 必须同时满足:

大区 $\lambda < 0.147$, 小区 $\lambda < 0.12$ 则预报某种环流型有暴雨。

打印输出环流类型, 相似高度 λ 值及各代表站的暴雨量区间范围。

反之, 选取相似高度最小值不满足上述条件, 则不属于任意一种环流型, 无暴雨。

3.2 暴雨个例相似预报方法

以暴雨日出现的前一天 20 时 500hPa 高空图为历史样本, 以预报日接收的 ECMWF 500hPa 5 天预报图为预报样本, 用这 5 天的预报图分别与所有历史样本计算相似高度, 挑出最小 λ 值, 当 $\lambda <$ 某一判别值, 则对应的历史高空图为相似图。确定该日有暴雨, 输出相似图对应的雨量作为预报日各代表站的参考雨量。反之, 则无暴雨。

3.3 中期暴雨预报专家系统

中期暴雨预报专家系统是本系统的一个重要预报方法, 它以短期暴雨预报专家经验为基础, 以中期数值预报产品为因子, 通过计算机客观分析推理, 自动制作暴雨过程预报。

中期暴雨预报专家系统由 5 个模块和 4

个库组成。系统结构如图2。

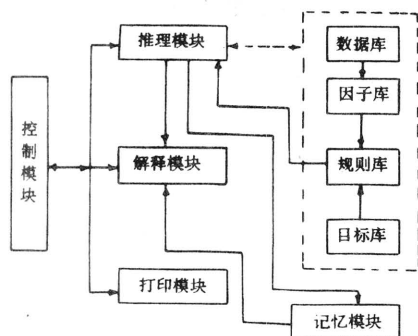


图2 中期暴雨预报专家系统结构框图

5个模块包括:

- ①控制模块:控制推理、解释、打印模块。
- ②推理模块:在数据库和规则库支持下,根据推理网络进行推理运算。
- ③解释模块:对推理模块推出的结果,做出相应说明。
- ④打印模块:打印输出结果。
- ⑤记忆模块:将使用日期及推理匹配的规则记录下来,供解释模块调用。

4个库包括:

- (1)因子库:因子库对因子进行描述,为规则库提供条件。
- (2)规则库:为推理提供判断依据,存有天气分型规则,暴雨预报规则。
- (3)数据库:存有经分析加工的ECMWF等实时资料。
- (4)目标库:库中存放各种预报结论。

3.4 层次分析动态决策方法^[3]

本系统将决策过程分为3个层次,最高层次为决策目标(用 Z_i 表示, $i=1,0$),即有

无暴雨的概率。第二层次为3种预报方法总体预报能力(用 Y_i 表示, $i=1,2,3$)。第三层次为不同预报方法预报有无暴雨对应有无暴雨实况的次数(用 X_i 表示, $i=1,0$)。依次分析较低层次对较高层次在决策中的权重,进行比较后,再分析 X_0, X_1 在 Z 层次决策中的权重,取权重最大值为预报结论。

4 试报与应用

在1991—1993年7—8月份,对该系统进行了试报,共制作了79次(天)预报,其中除有一次预报暴雨,实况降大—暴雨,按规定不评外,对其余的78次24—120小时预报逐次评定如下:报对次数为55次,报错次数为23次,预报准确率为71%,其中预报有暴雨的成功率为23%,预报无暴雨的成功率为77%,且在该时段内,共出现4次暴雨,该系统报出了3次,漏报一次。1994年报对暴雨2次,空报4次,无漏报。暴雨预报成功率为33%。1995年本系统在业务预报中发挥显著作用,提前72小时作出了7月15—16日的暴雨预报,提前120小时作出7月29—30日连续性大暴雨预报,对短期暴雨预报起到了预报作用,预报服务效果显著。所以从使用效果看,该系统性能稳定,对中期有无暴雨具有一定的预报能力,可在日常中期预报业务中应用。

参考文献

- 1 李开乐. 相似度及其使用技术. 气象学报, 1986, 5, 44 (2).
- 2 陈国范、曹鸿兴. 模糊数学在天气预报中的应用. 模糊数学在气象中的应用会议文集, 无锡: 1981.
- 3 邱孔明. 层次分析动态预报决策及在中期客观预报中的应用, 气象, 1990, 16(12): 33—37.

An Automatic Forecasting System of Medium-Range Heavy Rain

Bi Chunsheng Li Qiang

(Fushun City Meteorological Bureau, Liaoning Province 113008)

Abstract

The forecasting system of the medium-range heavy rain is a whole automatic process from receiving information to printing out results. The forecasting methods of the medium-range heavy rain include mainly the analogue forecast of circulation patterns, the case similarity of heavy rain and the expert system of the medium-range forecast. The dynamic decision of the level-analysis is adopted to conduct the consensus forecast.

Key Words: heavy rain medium-range forecast automation