

枣庄市夏季降水预报集成系统

田忠明 苑文华 王凤琴

(山东省枣庄市气象局, 277148)

提 要

应用多元决策加权法,把 6~9 月份 5 种短期预报方法以不同的权重进行集成,对本地区 3 个降水量级作出较准确和客观的概率预报,效果较好。

关键词: 降水量级 多元决策加权法 预报集成

引 言

近几年,随着我国数值预报业务的迅速发展及各省、市预报业务现代化水平的提高,特别是 MICAPS 及业务流程系统的建立,为概率天气预报的研究开发和业务化提供了良好的条件。我们对本地区 6~9 月份短期降水量级概率预报,采取了多种方法以提高汛期降水预报质量。但每种方法作出的量级概率值有时差别很大,使预报员决策困难。1998 年夏季我们开始应用多元决策加权法对预报

进行集成^[1],取得比较准确和客观的预报效果。

1 降水量级

根据当地夏季降水特点及山东省气象局业务处对预报评分的规定,为便于应用各种降水预报方法作出各量级的概率预报和统计预报准确率,划定 20 时~20 时 3 个降水量级:小到中雨(0.1~16.9mm),中到大雨(17.0~37.9mm),大~暴雨(38.0mm 以上)。

2 5种预报方法

2.1 大到暴雨专家系统

大到暴雨专家系统采用 APWES 结构外壳^[2,3],在任一微机上实现,既适宜本市大到暴雨预报的特点,又具有广泛的通用性。

2.1.1 数据库的构成

数据库即因子资料库,主要用于存放系统所获取的历史资料和实时资料,将这些资料以具有一定可信度的逻辑值形式存入。对各资料进行整理和存储的先后顺序是:500、700、850hPa 和地面图,传真资料及有关资料。例如 500hPa 图按下列 8 个方面预报指标取值:① 120°E 副高脊线位置;② 副热带高压的经纬向分布;③ 32~45°N、100~113°E 范围内有无低槽;④ 25~35°N、113~125°E 范围内有无高压脊;⑤ 25~35°N、110~123°E 范围内有无高压或高压脊;⑥ 副高 588 线西伸脊点是否超过 115°E;⑦ 郑州是否吹偏南风;⑧ 副热带高压南侧或西侧是否有台风;台风是否已进入 130°E 以西。

对其它层次和有关资料也作类似的处理。

2.1.2 预报规则的产生

先把鲁南夏季产生暴雨的 500hPa 天气形势归纳为 4 种不同类型:① 高空槽影响型;② 西太平洋副高影响型;③ 副高北上影响型;④ 副高纬向影响型。再分别找出上述各种天气形势类型影响下的不同预报指标。各类型的预报指标包括 500、700、850hPa、地面及物理量指标等等。

第三步,根据上述天气形势分型和预报指标进行归纳,对第一种天气形势类型建立预报规则 11 条;第二种类型建立预报规则 18 条;第三种类型建立预报规则 9 条;第四种类型建立预报规则 13 条。4 种类型连同归纳综合预报,共建立 54 条预报规则。

2.1.3 预报规则的表达

系统中预报规则的表达采取通常的产生

式逻辑推理树型结构。

如:if ae_1 and ae_2 and $ae_3 \cdots$ and ae_i then $h(x)$ 即当证据 $e_1, e_2, e_3 \cdots e_i$ 存在,则 $H(x)$ 成立。 x 为动态可信度, a 为前提条件的静态可信度。因篇幅有限系统约定不再列出。and 用“&”表示,or 用“%”表示,Then 用“=”表示,前提条件用 e 表示。

形如:

R003 F212 & F221 % F282 & F312=M201,0.8

R004 F301 & F352 & F392=M212,0.9

R005 F402 & M201 & M212=H,0.95

其中 R003 为规则号:F212 前三位代表因子号,第四位是因子逻辑值,将前提条件的静态可信度全部作为 1 处理;若 F212 因子且 F221 因子成立或者 F282 且 F312 因子成立,则中间结论 M201 成立,可信度为 0.8,同理,中间结论 M212 成立,可信度为 0.9,直到最后结论 H 成立,可信度为 0.95。

规则库中的规则按照推理树的结构组合起来,从上到下组成一条完整的规则,再根据推理树的结构自上而下进行逻辑推理,直到得出结论为止。

2.2 计数法

2.2.1 预报因子的选择^[4]

x_1 :500hPa 形势分型。取 25~40°N、105~120°E 为关键区,并将形势分为 5 型:① 西北气流或高压脊控制型;② 高空槽型;③ 西南涡型;④ 西北涡型;⑤ 台风影响型。

x_2 :120°E 副高位置。分以下 4 种情况:① 副高脊线北抬至 30°N,或 588 线与 120°E 的交点纬度 $\geq 35^\circ N$;② 副高脊线在 20°N 以南;③ 副高脊线在 20~25°N 之间;④ 副高脊线在 25~29°N 之间,但 588 线西伸不超过 115°E。

x_3 :700hPa 形势分型。① 西北气流或高压脊控制型;② 高空槽影响型;③ 切变线型。

x_4 :郑州 850hPa 风向。

x_5 : 郑州 850hPa 温度露点差。

x_6 : 郑州~济南~徐州~郑州 700hPa 涡度与 850hPa 散度之差的利。

x_7 : 郑州、济南、徐州 3 站 850、700、500hPa 3 层假相当温度之和。

x_8 : 本站 14 时地面风向。

然后将各预报因子值分成 3 个等级, 分别统计各预报因子各等级对应出现不同降水量级的条件概率。

2.2.2 计数法作降水预报

根据计数法原理^[5], 对于彼此独立的预报因子, 互斥的预报量, 可将上述条件概率值转换为计数值, 如表 1。

表 1 条件概率(p)与计数值(i)的换算表

$p/\%$	i	$p/\%$	i
100~89	10	9~7	-1
89~71	9	7~6	-2
71~57	8	6~4.5	-3
57~45	7	4.5~3.5	-4
45~36	6	3.5~2.8	-5
36~29	5	2.8~2.2	-6
29~23	4	2.2~1.8	-7
23~18	3	1.8~1.4	-8
18~14	2	1.4~1.1	-9
14~11	1	1.1~0.0	-10
11~9	0		

通过上表将 8 个预报因子的各级气候概率换算成计数值, 由此得 8 张计数表。例如表 2 是预报因子 x_1 的气候概率计数表。

表 2 500hPa 形势计数表(x_1)

分型	小到中雨	中到大雨	大到暴雨
高压脊型	1	-10	-10
高空槽型	5	-2	-4
西南涡型	1	6	5
西北涡型	-1	2	3
台风影响型	1	2	3

这样就可依据 8 个预报因子值去查计数表得 8 组计数值。将 8 组计数值分别相加, 再加上各降水量级的气候概率计数值, 取其中最大值所对应的降水量级作为该方法的预报意见。

2.3 MOS 预报

本方法是常用方法, 读取日本、中央台传真格点资料, 其格点范围为 20~35°N, 110~120°E。计算格点值与各降水量级之间的相关系数, 选取相关较好, 物理意义明确的因子, 分别建立各降水量级的预报方程, 从而作出降水量级预报。

2.4 相似预报

对各降水量级寻找历史上相似的天气过程是预报员常用的方法。我们引入了 3 个计算个例相似度的方法。① 形势相似度; ② 特征相似度; ③ 综合相似度。综合相似度是以上两个相似度的平均。

根据本地区产生降水的天气类型。选择相似个例的前提必须天气类型相同。避免因相似度计算造成各类个例混选或因局部相似而掩盖了个例整体不相似的错选情况。首先采用分型因子准相似, 而后再进行一般相似选择的处理方法, 以保证在分型因子准相似的制约下, 系统只同类个例中寻找出相似个例, 而无需在所有个例中进行选择。系统在本型范围内提供历史上与预报日使用同规则的所有个例日出现的天气情况、雨量大小及它们与预报日的形势相似度、特征相似度和综合相似度, 选择三种相似标准下的最优相似及对应的天气, 从而作出降水预报。

2.5 PP 预报法

采用实况物理量和数值预报量相结合, 针对夏季强降水, 主要选取如下因子:

x_1 : 200hPa 27~35°N、110~120°E 范围内的负涡度极大值 $\leq -5 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$, 或 35°N、117°E 负涡度较大值 $\leq -3 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$ 。
 x_2 : 48 小时预报图上 35°N、117°E 东西两经度范围内高度之差值。
 x_3 : 700hPa 48 小时预报图上低值系统活动的各指数变化。
 x_4 : 850hPa 48 小时预报图上槽后温度平流。同时还选择了其他组合因子。

3 多元决策加权法^[1]

这里仅例举对 1998 年 8 月 14 日的短期预报对多元决策加权法^[1]作具体说明。8 月 13 日上述 5 种方法对未来 24 小时 3 种降水

量级的概率预报值矩阵为:

$$P = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.18 & 0.20 & 0.61 \\ 0.22 & 0.37 & 0.40 \\ 0.55 & 0.12 & 0.31 \\ 0.10 & 0.10 & 0.70 \\ 0.08 & 0.11 & 0.80 \end{pmatrix} \quad (1)$$

将过去3年来上述5种方法对3个降水量级的预报准确率进行统计,并用增长记忆法把每种方法的预报结果和实况信息不断地输入微机。每作一次预报试验,各种方法对各

$$p_{\text{小} \sim \text{中雨}} = 0.23p_1 + 0.23p_2 + 0.18p_3 + 0.18p_4 + 0.17p_5$$

$$p_{\text{中} \sim \text{大雨}} = 0.23p_1 + 0.24p_2 + 0.22p_3 + 0.14p_4 + 0.15p_5 \quad (3)$$

$$p_{\text{大} \sim \text{暴雨}} = 0.19p_1 + 0.15p_2 + 0.17p_3 + 0.23p_4 + 0.26p_5$$

代入式(1)中各预报方法当天对各降水量级的预报概率值,得到: $p_{\text{小} \sim \text{中雨}} = 0.22$; $p_{\text{中} \sim \text{大雨}} = 0.19$; $p_{\text{大} \sim \text{暴雨}} = 0.60$ 。可见大到暴雨的预报概率明显大于其他量级的概率值,所以预报14日有大到暴雨。实况14日下了42.0mm,正好在划定的大~暴雨降水区间内。集成效果显著。

4 检验

用本方法作出的集成概率预报对1998年汛期预报结果用B评分法进行检验,即:

$$B = 1 - (1/N) \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2 \times 100\% \quad (4)$$

其中N为预报次数, F_i 为预报降水概率, O_i 为实测情况,实况出现时取1,否则为0。 $B=0.0$ 表示预报完全不正确, $B=1$ 表示预报完

降水量级的历史预报准确率即拟合率都在发生变化,截止到1998年8月13日,各方法对各降水等级预报的拟合率为:

$$w_{\text{小} \sim \text{中雨}} = (0.76 \ 0.74 \ 0.60 \ 0.60 \ 0.55)$$

$$w_{\text{中} \sim \text{大雨}} = (0.72 \ 0.73 \ 0.67 \ 0.42 \ 0.53)$$

$$w_{\text{大} \sim \text{暴雨}} = (0.68 \ 0.52 \ 0.62 \ 0.84 \ 0.92) \quad (2)$$

利用上述拟合率作为各方法的预报技巧

权重系统,并作归一化处理以满足 $\sum_{i=1}^n W_i = 1$ 最终得出各降水量级的集成预报方程为:

全正确,B值越大,预报准确率越高。对枣庄市地区1998年夏季的预报检验结果表明小雨成功率达到80%,中雨成功率达到74%,大~暴雨达到67%,好于单种方法作出的预报,且稳定性较好。

参考文献

- 1 省地气象台短期预报岗位培训教材.北京:气象出版社.1998:243.
- 2 李吉顺等.北京地区暴雨短期预报专家系统.气象,1985,11(7):10~13.
- 3 李振海.一个运行于苹果机上的气象专家系统语言外壳——APWES.山东气象.1987,(3):42~44.
- 4 曹钢锋等.山东天气分析预报.北京:气象出版社.1988.8:32~153.
- 5 郑耀文,张玉瑾.计数法作大到暴雨分片预报.江苏省指导预报文集.北京:气象出版社,1994:65~68.

An Integration System of Precipitation Forecast at Zaozhuang in Summer

Tian Zhongming Yuan Wenhua Wang Fengqin
(Zaozhuang Meteorological Office, Shandong Province 277148)

Abstract

The multi-variate decision weighting method is applied to integrate five kinds of short-range precipitation forecasting techniques in June—September over Zaozhuang of Shandong Province, and a more accurate and more objective probability prediction on three precipitation grades were obtained.

Key Words: precipitation grades integrated prediction multi-variate decision weighting method