

综合相似预报法在短期暴雨 预报中的应用

刘 勇

(陕西省气象台, 西安 710015)

提 要

该文选取 1961—1988 年 4—11 月造成陕西暴雨天气的 586 个个例, 用专家预报暴雨经验与多元相似法相结合, 把每个个例总结成一组暴雨指标, 同时又做为选取相似的历史样本, 在有限区域内对陕西暴雨天气进行短期预报, 1989 年 7—8 月作预报 9 次, 其准确率达 78%。

关键词: 暴雨 专家经验 多元相似

引 言

相似预报方法是随着 80 年代后期计算机条件的改善而逐渐走向省级预报方法库的, 对局地天气的短期相似预报取得了一些成果^[1], 但总的来说仍处在开发试验阶段, 缺乏好的相似手段。严格地说, 两个大气状态的相似是三维空间中多个物理量之间的相似^[2]。要实现这个目标, 现有的相似预报方法有一定的差距。本文研究的相似预报法就是基于上述观点而进行的, 方法上采取多元相似, 而历史样本则是专家预报暴雨经验进行“浓缩”的三维空间要素场。该方法是暴雨专家知识和多元相似法的结合物, 适应于有限区域内局地天气的短期预报。

1 综合相似预报法的基本原理

1.1 天气形势的大体相近

首先, 只有在相近的天气形势下才有可能出现相似的天气。综合相似预报法采用的是天气形势“粗”相似。即将影响陕西暴雨天气形势划分为 4 种类型: 西北气流型、西南气流型、西风槽型和低涡切变型。采用陕西 MOS 课题成果, 将划分形势客观化, 在计算机中自动判别。而相似判别首先是在相近的

天气形势下进行的, 如西北气流型天气的预报只能进入西北气流型历史样本中找相似, 而不能进入其它型历史样本中找相似。实验中我们发现西南气流型、西风槽型、低涡切变型 3 种类型的天气并无太大的差距, 因此可以互相通用。

1.2 三维空间的相似

选取大气中某一层的气象要素找相似并不能代表整层大气状态的相似。暴雨的产生是个复杂的天气过程, 为了简单或省事而忽略整层大气的相互作用是不可取的。我们选择了地面、850hPa、700hPa、500hPa 4 层气象要素来实现三维空间的立体相似。结果证明, 并没有因为考虑的层次多而影响预报效果。

1.3 多元变量相似

单一的气象要素难以反映暴雨天气的前期特征, 如果仅靠某时刻的某个观测值去到历史资料中找相似, 其结果难以令人相信。由于表征大气状态的物理量是多元的, 因此寻找两个状态的相似, 必然也应多元之间的相似。综合相似预报法对气象要素采用的是“细”相似, 选取的相似要素包括温度、露点、高度(气压)、风向风速。

1.4 相似区域与预报时效适宜

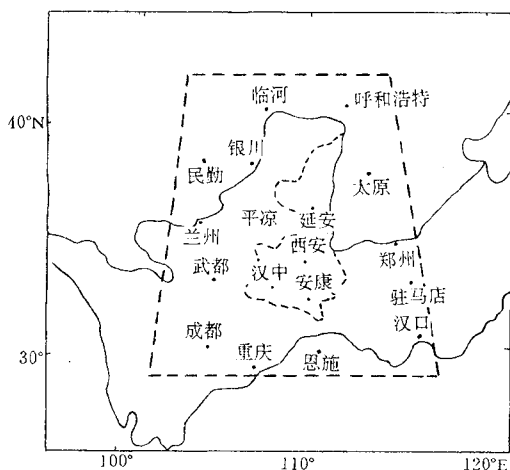
相似区域大,因考虑的因子较多而难以找到相似,相似区域小而预报效果差,因此相似区域应视预报范围的大小而定。选择暴雨产生前24小时的资料做为历史样本比较合适,一方面它对暴雨前期特征比较明显,另一方面对预报的可信度和时效都有极高的参考价值。如果将实时资料和数值预报产品结合起来,预报时效可延长到48—72小时。

1.5 历史样本要足够多

相似预报的基础是建立在大量历史资料上,离开这一点就谈不上找相似,虽然暴雨有其共性,但相比之下其个性更强。实际大气中很难找到好的相似,根本原因是历史资料相对太少了。因此为了找到好的相似,尽可能的建立比较丰富的历史资料库。

2 资料选取

预报对象是陕西暴雨天气。选取1961—1988年4—11月满足1站日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 的586个暴雨个例,每个个例包括18个探空站的地面、850hPa、700hPa、500hPa 4层温、压、湿、风向风速资料做为历史资料库,相似区域大体上在 $30^{\circ}\text{--}40^{\circ}\text{N}$ 、 $104^{\circ}\text{--}114^{\circ}\text{E}$ 范围内(附图)的18个站点。



附图 资料选取范围及站名

粗虚线表示资料选取范围,细虚线表示预报范围

3 选择相似要素

选择相似要素的标准是能反映产生暴雨特征的要素。我们在建立历史样本中,即考虑了暴雨的共性,也考虑了暴雨的个性,把每个暴雨个例的相似要素总结成一条综合暴雨指标,又做为选择相似的指标。从这个意义上讲,综合相似预报法吸取了暴雨专家系统的优点,而且更方便,可以不断的增加暴雨知识(历史样本),逐步实现自我完善。如何使相似要素成为预报暴雨的综合指标又能体现相似预报的特点?结合暴雨专家知识,尝试用表1中要素表示。

选取的相似要素不仅考虑了整层大气温、压、湿的配置,而且也有一定的物理意义。如三维空间的湿度场对暴雨的产生及落区都有较大的作用;850hPa、700hPa低涡位置对陕西暴雨天气的产生及落区也有很大的影响。当然还有一些物理意义不突出但又从相似这个角度考虑的相似要素。

4 相似标准

从表1可以看出,相似判别要素分二种:一种是数值,一种是站号。数值代表了整层大气高度(气压)场、温度场的特征,而湿度场、极值位置则是通过站号来描述的。

在计算相似系数时,采取对高度场、温度场、湿度场、极值位置分别计算相似系数,在都满足规定的阈值时,再以加权综合评定的方式计算总相似系数,加以判别。

对相似判据的数值采取对应得分法。首先计算对应的差值(绝对值),然后按照差值的大小对应得分(表2)并相加,得到高度场、温度场的相似系数 s_1 :

$$s_1 = \sum_{i=1}^m s_i$$

式中, $m=10$,因此 $s_1 \leq 100$ 。规定 s_1 的阈值为50、当 $s_1 \geq 50$ 时,则考虑下面的相似。

表 1 相似要素选取

序号	相 似 要 素	选取范围
1	地面气压场极大值 $P_{\max}$	18 个站
2	地面气压场极小值 $P_{\min}$	18 个站
3	地面气压场极大值 $P_{\max}$ 位置(站号)	18 个站
4	地面气压场极小值 $P_{\min}$ 位置(站号)	18 个站
5	地面湿度场 $T-Td \leq 3.4$ 的站号	12 个站
6	850hPa 高度场极值差 $\Delta H_{\max-\min}$	18 个站
7	850hPa 高度场极小值 $H_{\min}$ 位置(站号)	18 个站
8	850hPa 温度场极值差 $\Delta T_{\max-\min}$	18 个站
9	850hPa 湿度场 $T-Td \leq 3.4$ 的站号	12 个站
10	700hPa 高度场极值差 $\Delta H_{\max-\min}$	18 个站
11	700hPa 高度场极小值 $H_{\min}$ 位置(站号)	18 个站
12	700hPa 温度场极值差 $\Delta T_{\max-\min}$	18 个站
13	700hPa 湿度场 $T-Td \leq 3.4$ 的站号	12 个站
14	500hPa 高度场极大值 $H_{\max}$	18 个站
15	500hPa 高度场极小值 $H_{\min}$	18 个站
16	500hPa 温度场极大值 $T_{\max}$	18 个站
17	500hPa 温度场极小值 $T_{\min}$	18 个站
18	500hPa 湿度场 $T-Td \leq 3.4$ 的站号	12 个站

表 2 得分值

分数 s	10	8	5	0	-10
差值	0	1	2	3	≥ 4

湿度场是通过满足 $T-Td \leq 3.4$ 的站号来描述的,因为考虑到主要是预报区域附近整层湿度场的相似,因此去掉了一部分站,只采用 12 个站来找相似。对湿度场分别计算每层对应的站号,统计相同站号数 N 和不相同站号数 n ,得到湿度场相似系数 s_2 :

$$s_2 = \frac{N}{N+n} \quad (0 \leq s_2 \leq 1)$$

规定 s_2 的阈值为 0.5,当 $s_2 \geq 0.5$ 时,则计算下面的相似。

对极值位置采取分片相似法,即将相似区域(18 个站)分成 6 片或 5 片,当站号相同时对应得分为 10 分,站号不同却在同一片时得 8 分,否则得 0 分。计算极值位置相似系数 s_3 :

$$s_3 = \sum_{i=1}^m s_i$$

这里 $m=4$, $0 \leq s_3 \leq 40$ 。规定 s_3 的阈值为 16,当 $s_3 \geq 16$ 时,则计算总相似系数 s 。

当 $s_1 \geq 50$ 、 $s_2 \geq 0.5$ 、 $s_3 \geq 16$ 时,再计算综合相似系数 s :

$$s = \frac{0.4s_1 + 40s_2 + 0.5s_3}{100} \quad (0 \leq s \leq 1)$$

经过试验,规定 $s \geq 0.65$ 为起报条件,符合条件的相似个例都打印出来,包括降水分布。

5 预报结果分析

1989 年汛期投入业务使用,在暴雨比较集中的 7、8 月作预报 9 次,24 小时 6 次正确,1 次基本正确(见表 3)。36 小时 8 次正确,48 小时均出现暴雨天气。相似个例的暴雨站数及最大降雨量均有较高的参考价值。

因为最终选取的相似个例不止一个,采取平均的方法给出预报结果。

从表 3 中可以看出,综合相似预报对暴雨的落区预报能力比较强,在 7 次预报中,只有 1 次与实况不符。对局部暴雨(暴雨站 < 3 站)、区域暴雨(暴雨站 ≥ 3 站)的预报也基本正确。尤其是 7 月 10 日的预报,陕南的预测与实况非常接近。7 月 6 日、8 月 10 日的局部暴雨也都报的比较好,最大降雨量非常接近。虽然就总的情况来看提供的暴雨站数和最大降雨量与实况有些差距,但就目前的情况而言,是其它预报方法和预报水平很难实现的。这充分体现了相似预报方法的优势。

表3 预报与实况对比

预 报 内 容*				实 况**		
日期	地区	暴雨站	最大降雨量/mm	地区	暴雨站	最大降雨量/mm
7月5日	陕北	4	55	陕南	2	48.4
7月6日	陕南	2	70	陕南	1	74
7月10日	关中	2	55	关中	0	
	陕南	7	84	陕南	8	85
7月15日	陕南	5	84	陕南	2	63
7月16日	陕北	4	88	陕北	6	93
8月10日	关中	2	91	关中	1	93***
8月18日	关中	1	45	关中	2	40
	陕南	3	62	陕南	6	94

* 24小时、全省分陕北、关中、陕南3片, ** 24小时降雨量, *** 水文站资料

6 存在的问题

6.1 对西北气流型下的暴雨天气预报能力比较弱。原因是西北气流型下的暴雨往往以强对流天气居多,其落点和强度的随机性更大,用大尺度相似方法是难以报好的,因此此类天气应采取其它预报方法。

6.2 对急流的相似尚无好的方法。急流对暴雨的贡献是众所周知的,但因站数少而较分散难以找相似。目前采用和湿度场相似的同方法,对总相似系数有影响,但不起重要作用。

6.3 在高温高湿天气下容易产生空报。因为在这种天气下,湿度场的相似条件很容易满足,而不象平时湿度场相似条件是一道关卡

不易通过。在高温高湿天气下如何提高相似预报准确率也是今后应着重解决的问题。

6.4 综合相似预报法对一部分暴雨天气也无法预报。相似标准的高低、历史样本的多少都决定了相似预报的准确率。条件放松空报较多,这是我们不愿意看到的。在目前的情况下,主要通过增加历史样本使这个问题逐步得到解决。

参考文献

- 1 李建辉. 天气预报业务现代化概论. 北京: 气象出版社, 1995: 105—117.
- 2 曹鸿兴. 局地天气预报的数据分析方法. 北京: 气象出版社, 1983: 276—281.

The Usage of Composite Similarity in Short-range Forecast of Heavy Rain

Liu Yong

(Meteorological Observatory of Shaanxi Province, xian 710015)

Abstract

Selected 586 cases producing shaanxi heavy rain weather during April to November in 1961—1988, every case is summarized to a series rain index and a similarity historical sample, using the expert forecasting experiences and multivariate similarity, the short-range heavy rain of shaanxi in limited area is forecasted. The accuracy of forecasting can reach to 78% during July to August in 1989.

Key Words: heavy rain expert experiences multivariate similarity