

# 集对分析在云南强降水 预报集成方法中的应用<sup>①</sup>

许美玲<sup>1,2</sup>

(1. 云南省气象台, 昆明 650034; 2. 云南大学大气科学系)

## 提 要

将集对分析中的联系度概念用于云南省强降水过程预报集成, 首先对强降水天气过程进行分型, 确定 MMS 模式预报、省台客观指导预报、预报员经验预报与云南强降水过程的联系度, 用权重法将强降水预报进行集成, 从而给出集不同预报于一体的云南全省性强降水过程预报集成方法。

**关键词:** 集对分析 强降水过程 预报集成

## 引 言

随着 9210 工程的建设及数值预报的发展, 使得气象信息的种类和数量成倍增长。与此同时, 经过多年的努力, 不少台站利用各种气象信息建立了多种客观、定量的预报方法, 这些方法各具特色, 但又没有一种方法能

“包治百病”; 此外, 不同的预报专家从各自的经验和已有的知识出发, 即使面对相同的气象信息, 也可能会得到不尽相同的预报结论, 于是建立一种能集中各种预报方法的优点, 进行综合集成的技术摆到了预报员面前。为此, 我们尝试将集对分析中的联系度概念用

<sup>①</sup>云南省“十五”攻关项目 2001NG43 资助

于云南全省性强降水过程预报集成,对目前在省台投入日常业务运行的 MM5 数值预报模式、省台客观指导预报、预报员经验预报这三种不同的预报方法预报出的强降水过程进行预报集成,初步建立云南全省性强降水过程预报集成方法。

### 1 资料样本及强降水预报检验

本文所用资料为 2001 年 5 月 1 日至 2001 年 10 月 31 日、2002 年 5 月 1 日至 2002 年 10 月 31 日 368 天的 MM5 数值模式预报、省台客观指导预报、预报员经验预报及同期云南省 125 站 20~20 时的降水资料。根

据云南省气象台业务标准,全省 125 个站有 22 站及以上的日降水量  $R \geq 25.0\text{mm}$  为全省性强降水过程。按文献[1]的方法对强降水过程预报进行了检验评价。表 1 为检验结果(其中 TS 为预报准确率、PO 为预报漏报率、PC 为预报空报率、NH 为预报效率),可以看出,三种预报对云南强降水均有一定的预报能力,其中 MM5 数值模式预报和预报员经验预报准确率超过 30%;MM5 数值模式预报、省台客观指导预报的漏报率比空报率大,预报员经验预报的空报率大于漏报率。

表 1 强降水过程预报检验

预报	正确次数	漏报次数	空报次数	TS	PO	PC	NH
MM5 数值模式预报	18	23	15	0.32	0.41	0.27	0.88
省台客观指导预报	14	27	24	0.21	0.42	0.37	0.82
预报员经验预报	24	17	23	0.37	0.27	0.36	0.87

### 2 集对分析在强降水预报中的应用分析

赵克勤指出<sup>[2]</sup>,所谓“集对”是指具有一定联系度的两个集合所组成的对子,对这两个集合的特性可以作同异反分析,并可定量地用联系度表达式来描述:

$$U(W) = S/N + (F/N)i + (P/N)j \quad (1)$$

式中  $S/N$  为在命题  $W$  下的同一度,  $F/N$  为差异度,  $P/N$  为对立度。公式(1)表示在命题  $W$  下对某集对作分析,共得到  $N$  个特性。其中有  $S$  个特性为两个集合所共有,有  $P$  个特性为两个集合相对立,有  $F$  个特性即不对立又不同一。式中  $i$  和  $j$  有双重含义:第一个含义是  $i$  和  $j$  分别作为差异度  $F/N$  和对立度  $P/N$  的系数。规定:  $i$  在  $[-1, 1]$  区间视不同情况取值;  $j$  在一般情况下规定其取值  $-1$ , 以表示  $P/N$  是与同一度  $S/N$  相反的东西。第二个含义是不计较  $i$  和  $j$  的取值情况,此时仅起标记的作用,即表示  $F/N$  为差异度,  $P/N$  为对立度,并以这两个标记与同一度相区别。通常,当我们不需要对研究对象作更精细刻画或不去计较不确定系数  $i$  取什么值时,可

把  $i$  和  $j$  作为差异度和对立度的标记处理。本文式(1)中的  $i$  和  $j$  仅起标记的作用。关于集对分析的详述可参阅文献[2]。

本文试图在强降水预报集成方法中,引入集对分析中的联系度概念。假设在某一天气系统下对强降水事件  $W$  作预报,以不同预报系统的预报结论直接作为预报因子。当自变量为一维时,一般来说,总可以找到某种预报在某种天气系统下对强降水预报准确率最高,而其它天气系统下预报准确率较低。在预报准确率最高的天气系统下,若有  $N$  次个例,强降水个例  $W$  出现次数为  $S$ , 不出现次数为  $P$ , 那么同一度为  $S/N$ , 对立度为  $P/N$ , 而差异度为  $F/N = 0/N$ 。在预报准确率较低 ( $TS < 0.20$ ) 的天气系统下,就不再按照准确率最高的方式来表示联系度,如在预报准确率较低的天气系统下共有  $N$  次个例,那么差异度为  $N/N$ , 同一度为  $0/N$ , 对立度为  $0/N$ 。此时联系度表示了一种即不倾向于事件  $W$  出现,也不倾向于  $W$  不出现的“含糊”态度。既然它处于不确定状态,那么在预报集成中与其勉强表态,还不如让其它预报去

决定最终的预报结论。

### 3 强降水天气过程分析

对1990至2001年的强降水天气过程进行了分析,大致得到了5类造成云南强降水的天气形势。

#### 3.1 冷锋切变型

500hPa高纬度地区为两槽一脊形势,脊区位于贝加尔湖和巴尔喀什湖之间,其前部的低槽东移,引导冷空气南下;700hPa为北高南低的形势,在25~35°N、95~110°E地区存在着近似东西向的切变线。

#### 3.2 低涡型

700hPa在25~35°N、95~105°E范围内有一条闭合的等高线或有明显的气旋性环流并维持12小时或以上的低压。

#### 3.3 两高辐合型

500hPa青藏高原有高压环流生成,同时西太平洋副热带高压稳定或加强在我国东部和南海一带,高原东部到云南处于两高之间的辐合区控制。

#### 3.4 热带气旋型

指西太平洋或南海有热带气旋生成西移影响云南造成强降水天气。

#### 3.5 西南气流型

在500hPa和700hPa上孟加拉湾一带为低压槽区,槽前中南半岛到云南为较强的西南气流控制。

2001年5~10月和2002年5~10月云南共出现41次强降水天气过程,其中冷锋切变线型出现了16次、低涡型3次、两高辐合

型12次、热带气旋型4次、西南气流型6次。MM5模式预报出9次冷锋切变线型、1次低涡型、2次两高辐合型、1次热带气旋型、5次西南气流型;省台客观指导产品预报出8次冷锋切变线型、2次低涡型、2次两高辐合型、0次热带气旋型、2次西南气流型;预报员经验预报出9次切变线型、1次低涡型、7次两高辐合型、3次热带气旋型、4次西南气流型。

### 4 强降水预报集成方法应用

从上述分析结果可见,三种预报对冷锋切变线型造成的强降水预报均具有较好的指示性。而预报员经验预报除对低涡型强降水预报不太理想外,对其它四种天气系统造成的强降水过程具有较强的预报能力;MM5模式预报对西南气流型强降水过程的预报能力最强,省台客观指导产品预报对低涡型强降水过程的预报能力比预报员经验预报、MM5模式预报好。因此,取预报员经验预报、MM5模式预报、省台客观指导产品预报作为预报因子,对云南省强降水过程预报作集成。以2001年5月1日~2001年10月31日、2002年5月1日~2002年10月31日的强降水预报为样本,得到预报员经验预报( $x_1$ )样本容量为64、MM5模式预报( $x_2$ )样本容量为56、省台客观指导产品预报( $x_3$ )样本容量为65;针对不同的天气系统分别就预报 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ 对强降水过程能力作联系度分析,表2为 $x_1$ 、 $x_2$ 和 $x_3$ 的联系度分析基本情况。

按文献[3]给出的权重线性集成法:

表2 预报 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ 的联系度分析

名称	同一度(S/N)			差异度(F/N)			对立度(P/N)		
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
冷锋切变型	9/24	9/22	8/27	0/24	0/22	0/27	15/24	13/22	19/27
低涡型	0/6	1/5	2/7	6/6	0/5	0/7	0/6	4/5	5/7
两高辐合型	7/16	0/15	0/20	0/16	15/15	20/20	9/16	0/15	0/20
热带气旋型	3/10	0/7	0/5	0/10	7/7	5/5	7/10	0/7	0/5
西南气流型	4/8	5/7	2/6	0/8	0/7	0/6	4/8	2/7	4/6

$$y = \sum_{k=1}^p w_k y_k \quad (2)$$

其中  $w_k$  为第  $k$  个预报方法的权重,  $y_k$  为第  $k$  个预报方法的预报结果, 权重应满足  $\sum_{k=1}^p w_k = 1$ , 对三种强降水过程预报进行集成。以表 2 中各预报同一度之和  $x_1 = 9/24 + 1/6 + 7/16 + 3/10 + 4/8$ ,  $x_2 = 9/22 + 1/5 + 2/15 + 1/7 + 5/7$ ,  $x_3 = 8/27 + 2/7 + 2/20 + 2/6$  作为预报成功率, 各预报方法的权重系数为:

$$w_1 = x_1 / (x_1 + x_2 + x_3) = 0.42$$

$$w_2 = x_2 / (x_1 + x_2 + x_3) = 0.34$$

$$w_3 = x_3 / (x_1 + x_2 + x_3) = 0.24$$

得到集成预报方程:

$$y = 0.42y_1 + 0.34y_2 + 0.24y_3$$

规定预报有强降水过程时相应的  $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$  取值为 1, 无强降水过程时为 0。用上述方程对 2001 年和 2002 年主汛期(5~10月)的强降水过程进行集成, 按历史拟合率最高为原则, 可确定云南省强降水过程综合预报判据的临界值  $Y_c \geq 0.42$ 。集成的强降水预报回代结果评定为: 预报正确次数 28、漏报次数 13、空报次数 24, 预报准确率为 43%、预报漏报率 20%、预报空报率 37%。

## Application of Set Pair Analysis to Yunnan Heavy Precipitation Processes Forecast Ensemble

Xu Meiling<sup>1,2</sup>

(1. Yunnan Meteorology Observatory, Kunming 650034;

2. Department of Atmospheric Science, Yunnan University)

### Abstract

The concept of contact degree in Set Pair analysis is applied to heavy precipitation processes forecast ensemble in Yunnan Province. First, the heavy precipitation processes is defined into different patterns. Contact degree among severe precipitation processes and forecast of MM5 meso-scale model or objective forecast of Yunnan Province or empirical forecast of forecaster are confirmed. The weighting method is used to integrate with severe precipitation processes forecast. Finally, the severe precipitation processes forecast ensemble method is given.

**Key Words:** set pair analysis heavy precipitation processes forecast ensemble

与表 1 对比分析可见, 集成预报的能力较单独预报有所提高, 可用预报员经验预报去克服 MM5 模式预报、省台客观指导产品预报漏报次数较多的弱点, 用 MM5 模式预报去克服预报员经验预报空报次数偏多的弱点, 从而达到取各预报之长处, 避其短处的目的。

### 5 小结

通过对 2001 年、2002 年主汛期(5~10月) MM5 数值预报模式、省台客观指导预报、预报员经验预报结果的分析检验, 按集对分析中的联系度概念, 提出了其在云南强降水过程中的应用思路。按这一思路, 给出了集不同预报于一体的云南全省性强降水过程预报集成方法。从回代结果看集成预报的能力较单独预报有所提高, 在实际应用中, 其效果是否也较理想, 有待进一步的试验证明。此外由于样本容量较少, 权重系数本身也有待进一步的修正。

### 参考文献

- 1 许美玲, 孙绩华. MM5 中尺度非静力模式对云南省降水预报检验. 气象, 2002, 28(12): 22~27.
- 2 赵克勤. 集对分析及其初步应用. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2000: 9~42.
- 3 黄嘉佑. 气象统计分析方法与预报方法. 北京: 气象出版社, 2000: 260~261.