

# 一种制作气象要素预报的 MOS 方法

龚强 (南京气象学院研究生部 南京 210044; 中国气象局沈阳大气环境研究所 沈阳 110016)

**摘要** 介绍了基于 MMS 模式的预报气象要素的一种 MOS 方法,并对预报效果做了初步检验。MOS 方法直接利用 MMS 模式的预报产品,采用多点滑动平均普查因子方法和多元线性(非线性)逐步回归方法,可以同时预报多地点、多时段、多个气象要素。其中采用的多点滑动平均普查因子方法,减弱甚至消除了由于随机原因造成其中单点相关因子的不稳定性。

**关键词** MOS 方法 气象要素预报 MMS 模式

常规气象要素预报客观自动化制作和发布是我国气象部门预报业务现代化建设的一项重要内容。在“八五”“九五”期间中国气象局和各省气象局就开始研究数值预报产品的释用,并采用模式输出统计方法(MOS)进行气象要素分县定点客观预报,这些预报基本上采用中国气象局 T106/T213 产品,通过相关分析进行因子初选,最后建立预报方程。但由于 T106/T213 产品分辨率较低,且因子初选时通常采用单点相关的方法,因此该 MOS 方法在反映要素场以及小尺度天气特征对预报站点气象要素的影响方面有一定缺欠。MMS 中尺度气象模式是目前国家气象中心和各省局普遍采用的一种业务预报模式。随着该模式的不断改进和时空分辨率的进一步提高,模式预报产品日益丰富和准确,特别是对环流形势预报较好,但对气象要素值的预报准确率还达不到要求。为此本文介绍一种基于 MMS 模式产品基础上的气象要素预报方法,并以实例的方式简要说明该方法的实现过程。

## 1 方法简介

### 1.1 资料预处理

由于用 MOS 方法制作气象要素预报要求所采用的模式必须一致,即不能随时更换模式,以保持系统的稳定性,因此需要累计一定时间长度同一版本模式逐日的预报场和分析场,或用当前版本模式反算出前期逐日的预报场和分析场。同时累计相应时段的所要预报地点(可以为多个地点)不同时段、不同地面气象要素的实况资料。根据需要,可以分季度或分月份进行资料累积。

### 1.2 因子初选

采用多点加权平均滑动相关普查因子方法。其基本原理是在预报对象与预报因子场单点相关普查的基础上,以单点相关系数为权重函数,对原因子场进行多点区域加权平均组合,然后将这个加权平均

组合的因子场再与预报对象进行 2 次相关普查计算,得到新的相关系数场,从中选取相关系数大而且相互独立的高相关因子建立因子库。

设某预报因子场  $\Phi$ (这里指 MMS 的一个输出场)为  $NX \times NY$  的网格区域,预报对象为  $Y$ (这里指单站某要素实况),样本长度为  $N$ ,则因子初选的步骤如下。

**1.2.1** 取加权平均的方形区域( $m \times m$ ),该方区的大小随预报因子的空间尺度而定,以( $i, j$ )为方区的左下角顶点( $i = 1, 2, \dots, NX - m + 1; j = 1, 2, \dots, NY - m + 1$ )。

**1.2.2** 用  $\Phi_{i+k, j+l}$ ( $k = 0, 1, \dots, m - 1; l = 0, 1, \dots, m - 1$ )表示方区内各点的值,用式(1)求  $Y$  与  $\Phi$  的逐点相关系数  $r_{i+k, j+l}$ 。

$$r_{i+k, j+l} = \frac{\sum_{n=1}^N (\Phi_{i+k, j+l, n} - \bar{\Phi}_{i+k, j+l})(Y_n - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (\Phi_{i+k, j+l, n} - \bar{\Phi}_{i+k, j+l})^2 \sum_{n=1}^N (Y_n - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

**1.2.3** 以  $r_{i+k, j+l}$  为权重因子对  $\Phi_{i+k, j+l}$  作加权平均得到  $Z_{i, j}$ , 公式:

$$Z_{i, j} = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{m-1} \sum_{l=0}^{m-1} |r_{i+k, j+l}| \Phi_{i+k, j+l} \quad (2)$$

其中  $M = \sum_{k=0}^{m-1} \sum_{l=0}^{m-1} |r_{i+k, j+l}|$ 。

**1.2.4** 用式(3)求出  $Z_{i, j}$  与  $Y$  的相关系数  $R_{i, j}$ :

$$R_{ij} = \frac{\sum_{n=1}^N (Z_{i, j, n} - \bar{Z}_{i, j})(Y_n - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (Z_{i, j, n} - \bar{Z}_{i, j})^2 \sum_{n=1}^N (Y_n - \bar{Y})^2}} \quad (3)$$

**1.2.5** 在相关系数场  $R_{i, j}$ ( $i = 1, 2, \dots, NX - m + 1; j = 1, 2, \dots, NY - m + 1$ )上选取达到一定检验标准(如  $|R_{i, j}| \geq 0.6$ ),且彼此之间有一定距离的相关系数所代表的因子进入因子库。此因子包括  $m \times$

$m$  区域范围内的信息。

### 1.3 多元线性(非线性)逐步回归

采用多元线性(非线性)逐步回归方法从经过初选的所有因子中选出若干个配合较好且相互独立的因子以线性或非线性形式(幂函数、指数函数、对数函数)参与建立预报方程。其中所选因子的  $F$  值即式(4)达到一定信度(如  $\alpha = 0.01$ )的  $F_{\alpha}$  检验标准,即  $F \geq F_{\alpha}$ :

$$F = \frac{u/L}{Q/(n-L-1)} \quad (4)$$

其中  $u$  为回归平方和,  $n$  为样本容量,  $Q$  为残差平方和,  $L$  为引进因子个数。为防止建立的非线性预报方程可能出现的不稳定性,可以根据方程复相关系数的大小,优先选用线性方程。

### 1.4 流程

该方法从因子初选、建立方程到预报的整个过程均可实现客观自动化,便于日常多地点、多要素、多时次的业务预报。其中采用的多点加权滑动平均方法反映了区域的贡献,使由于随机原因造成其中单点相关因子的不稳定性减弱甚至消除。随着样本的不断累积,可以进行方程重建、更新预报方程。整套基于 MM5 模式的 MOS 预报方法流程(图 1)由资料处理、MOS 和业务预报三大部分组成。其中前两部分用于建立预报方程,是业务预报的前期过程。当方程建立后,第三部分可连接到每日运行的 MM5 系统之后,形成业务预报。

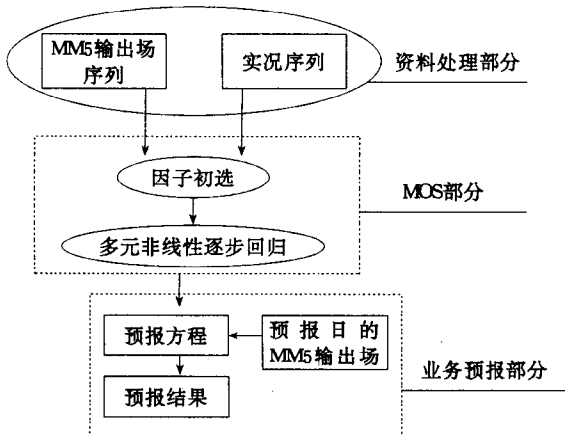


图 1 MOS 预报方法流程

## 2 实例和初步检验

以建立沈阳夏季日最高、最低温度的预报方程为例,说明该方法的实现过程,并对 2002 年 6 月 4~30 日逐日最低、最高温度的试预报做初步检验。

### 2.1 实例

目前辽宁采用的数值预报模式是 MM5V3 版

本,模式中心经纬度为  $42^{\circ}\text{N}$ ,  $120^{\circ}\text{E}$ ,其中嵌套的细网格区域网格数为  $55 \times 67$ ,格距为 20 km,预报时效为 48 h。反算 1999~2001 年夏季(6~8 月)逐日的每 3 h 1 次、7 个层次(地面, 1 000, 925, 850, 700, 500, 300 hPa)、16 个要素的预报场或诊断场(如温度、气压、风、湿度、温度平流、热通量、水汽通量、涡度、散度、海平面气压场等),排除由于原始资料有问题程序不能正常运行的个例,实际得到 260 d 的各输出场结果,形成 1 802 个时间长度为 260 d 的预报因子场。以沈阳 1999~2001 年夏季逐日最低气温(最高气温)为预报量,经过 9 点加权滑动平均初选(选取的标准为相关系数  $|R_{i,j}| \geq 0.6$  得到 261(99) 个因子,然后用多元线性(非线性)逐步回归方法分别建立了含 6 个预报因子的预报方程。如沈阳夏季日最低温度的预报方程是一个线性方程:

$$\hat{Y} = 0.028X_1 + 0.311X_2 + 0.216X_3 + 0.067X_4 + 0.076X_5 - 0.070X_6 - 177.095 \quad (5)$$

其中  $\hat{Y}$  为预报的沈阳日最低气温,  $X_1, X_2, \dots, X_6$  为预报日 MM5 输出的 6 个经  $r_{i+k,j+l}$  加权平均后的预报因子。

### 2.2 初步检验

根据中国气象局下发的《天气预报业务规定》中温度预报的检验标准,即通过计算预报与实况的平均绝对误差来检验预报效果,得出:

$$e = \left( \sum_{i=1}^N |Y_i - T_i| \right) / N \quad (6)$$

其中  $e$  为平均绝对误差,  $Y_i$  为第  $i$  日的预报值,  $T_i$  为第  $i$  日的实况值,  $N$  为预报的总天数。通过计算,得到最低温度和最高温度预报的平均绝对误差分别为  $1.76$  和  $1.28^{\circ}\text{C}$ ,对最高温度的预报要好于最低温度的预报。图 2 是 MOS 预报与实况的对比,可以看出,预报的温度变化与实况基本对应,较好地反

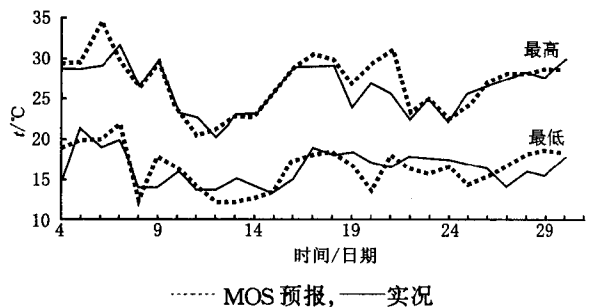


图 2 MOS 预报的沈阳 2002 年 6 月日最高最低温度与实况值的对比

映了最低、最高温度的变化趋势,特别是对几个突然

(下转第 30 页)

(上接第 15 页)

的降温、升温预报较好。最高温度预报除个别几日偏差略大外,大部分日期均十分接近实况温度。

### 3 结语

本文介绍的基于 MM5 模式的 MOS 预报方法,在一定程度上既可以反映出 MM5 模式预报出的小尺度天气特征对预报地点气象要素的贡献,又可以反映形势场对单点的贡献。通过对预报实例效果的初步检验,发现该方法对最低、最高温度的试预报效果较好,而对其他要素的预报效果还需进一步的试验。

该方法可以实现客观自动化,便于日常业务预报和省级气象部门制作分县指导预报。但是 MOS 方法属于统计预报方法,选取的因子物理意义不十分明确,存在某些局限与缺欠。因此在进行因子初

选之前,可以根据已有的预报知识,排除一些对预报量物理意义不显著的因子场,然后再进行初选,并在以后的日常预报过程中不断调整预报因子和方程。另外,此方法建立业务系统的工作量非常庞大,需要对每个地点、每个时次、每个预报量分别建立预报方程。

### 参考文献

- 1 陈百炼,赵杰,魏涛.贵州省常规天气要素分县 MOS 预报及效果检验.贵州气象,2000,(2).
- 2 李玉华,王建国,耿勃,等.国家常规天气要素指导预报效果分析.山东气象,1998,(4).
- 3 臧传花,田秀芬.淄博市冬季偏北大风的分县预报.气象,1998,(6).
- 4 李辑,柳晓放,赵连伟.短期气候预测业务自动化的因子普查方法.辽宁气象,1997,(3).