

客观预报方程中因子的选取及 应用效果分析

许美玲¹ 段 旭² 丁 圣³

(1. 云南省气象台, 昆明 650034; 2. 云南省气象科学研究所; 3. 云南省玉溪市气象局)

提 要: 利用因子选取及方程建立人机交互平台, 建立了云南省 125 个气象站的降水、温度客观要素预报方程。对比试验表明, 绝大多数组合因子都优于单因子, 组合因子预报方程的质量普遍比单因子预报方程好。预报检验结果显示, 干季的降水预报尚未达到可用程度, 雨季小雨及中雨、大雨的预报有一定业务指导意义, 对于反映中小尺度系统的暴雨天气预报效果较差, 在因子的选择上还需要做大量细致的工作。温度预报具有一定的参考价值, 但还有待进一步改进。

关键词: 客观预报 组合因子 效果分析

Factor Selection and Analysis on Application Effects of the Objective Forecasting Equation

Xu Meiling¹ Duan Xu² Ding Sheng³

(1. Yunnan Meteorological Observatory, Kunming 650034; 2. Meteorological Sciences Institute of Yunnan Province; 3. Yuxi Meteorological Observatory)

Abstract: The human-computer interaction platform and element forecasting equation of 125 weather stations in Yunnan Province which included the elements of rainfall and temperature were set up by using factor selection and prediction equation. Comparison tests indicated that vast majority of combined factors were more efficient than single factor, and the equation forecasting quality by using combined factors was better than that by using single factor. The forecasting test results showed that the precipitation forecasting in dry season had not been available yet, but the forecasting on light rain, moderate rain and heavy rain in rainy season could guide forecasting operation to some extent. For the storm rainfall events which reflect the meso or small scale system, the forecasting effects were poor. Therefore, lots of

meticulous works about factor selection need to be done. Furthermore, temperature prediction was valuable for reference, but it also needs to be improved further.

Key Words: objective forecasting combined factor effect analysis

引 言

随着经济的发展和人们生活质量的提高,对天气预报的精度和时效的要求日益提高,定时、定点、定量的精细化要素预报势在必行,而如何提高要素预报准确率,是我们面临的一个重要问题,以优选预报因子为主要手段的数值预报产品解释应用是提高客观要素预报准确率的有效途径^[1-4]。尽管在统计释用时可选用不同的数学统计模型,但只要应用相同的预报因子,其预报的总体效果相差无几,因此预报因子的选取是关键。国家气象中心气象要素的客观预报 MOS 系统^[5]中,预报因子的处理是将数值预报产品的格点预报值内插到站点上作为站点的预报因子,再与站点的预报对象建立预报方程。杞明辉等^[6]首先对环流形势进行聚类,用预报时环流与不同类的相似系数作为预报因子建立预报方程。张建海等^[7]在客观预报中使用了多时刻预报因子与预报量建立预报方程。这些方法选取的预报因子在动力-统计释用方法中,不同程度地改进了客观要素的预报效果。为对预报因子的选取和处理更细致,特别是能将预报员在实践中积累的经验融合于数值预报产品解释应用中。我们采用段旭^[8]提出的最优组合因子选取方法,采用本文作者自己研制的预报因子选取及方程建立人机交互平台^[9],建立了云南省 125 个气象站的降水、温度客观要素预报方程。

1 资料处理

采用 2002—2006 年共 5 年逐日的 T213

数值预报产品分析场和同期云南 125 个站 20 时—20 时日降水量、日最高气温、日最低气温、日平均气温资料作为建立方程样本。预报因子除了 T213 数值预报产品 1000~200hPa 各层的高度、温度、相对湿度、风等基本场外,还包括了某些层次的涡度、散度、垂直速度、假相当位温、湿位涡、锋生函数、螺旋度、Q 矢量等诊断物理量场。为了提高预报精度,以月建立各要素预报方程,为克服样本量偏少,我们将每月分别向前后跨半个月。

用 2007 年的 T213 数值预报产品 24 小时、48 小时、72 小时、96 小时、120 小时、144 小时、168 小时的预报场进行预报检验。

2 最优组合因子选择和预报方程的建立

采用人机交互平台^[9](图 1)选取预报因子和建立预报方程,预报因子选取的具体做法是:首先计算预报因子场中每一个格点与预报量的单相关系数,构成各个预报因子与预报量之间的相关分析场。相关场求出后,选择适当的相关系数临界值筛选因子,把较小的格点去掉;预报员通过分析这些相关场及其关键区域,选出天气物理意义明确,成片的正或负相关大值区作为待选的组合因子,并计算该区域格点上的气象要素或物理量平均值与预报量之间的相关系数,取绝对值大的作为入选的组合因子。例如图 1 中的相关分析场为昆明降水量与 700hPa 涡度构成的相关场,通过 0.15 相关系数临界值筛选后,可以看出有两个成片的正负相关系数的大值区 A 和 B。对应这两个区域的天气物理意义非常明显,A 区表示切变、低涡等低值系统影响天气的正涡度区,B 区则表示切变后部冷高

压对应的负涡度区。这与云南预报员总结的 700hPa 降水天气形势很相似。由于 B 区范围内组合因子的相关系数较小被舍去,因此,确定 A 区为关键区(单格点最大相关系数为 0.30),根据区域内每个格点相关系数的大小组合不同的因子,然后再计算不同组合因子与预报量的相关系数,比较得到相关系数 >0.25 的 6 个格点组合的因子(图中椭圆区域内格点平均值)与预报量的相关系数最大为 0.36,该因子则为入选的组合因子,其与预报量的相关系数比区域内单格点最大相关系数提高了 0.06。组合因子反映了降水量与低层天气系统之间的关系,这种关系与天气学理论以及预

报员的预报经验是一致的。

因子选定后,利用逐步回归数学模型建立预报方程。在回归运算中,发现方程质量的好坏与所选取因子个数有关,并非因子个数越多越好,通过分析和以往建立预报方程的经验,取因子数以 4~10 个为最好。按上述思路选定组合因子,在图 1 界面的自动建模功能中通过设置一定的参数,如确定相关系数的临界值、组合因子格点数、方程因子个数等,采用逐步回归数学模型,按方程的复相关系数和方差最大的原则,系统就能自动建立预报方程,这样共建立了云南省 125 个气象站不同要素各月的 6000 个预报方程。

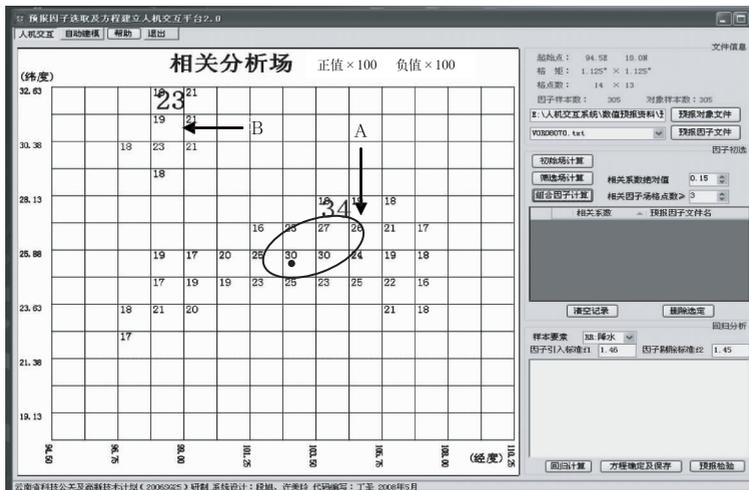


图 1 预报因子选取及方程建立人机交互平台
昆明降水量与 700hPa 涡度相关分析场, • 为昆明站的位置

3 效果检验

3.1 组合因子的有效率

分析了关键区内组合因子与预报量之间的最大相关系数和关键区内单格点与预报量的最大相关系数,发现组合因子与预报量之间的相关性均有不同程度的提高。令关键区组合因子最大的相关系数为 R_1 ,同一关键区单格点最大相关系数为 R_2 ,则 $\Delta R = |R_1| - |R_2|$ 表示了两个因子的相关系数之差, ΔR 越

大表示组合因子越优于单相关因子,反之亦然。规定 $\Delta R > 0$ 表示组合因子优于单相关因子, $\Delta R = 0$ 表示组合因子与单相关因子相当, $\Delta R < 0$ 表示组合因子劣于单相关因子。图 2 给出了 1—12 月各要素预报方程中不同 ΔR 的百分率,入选方程的大多数组合因子的效果比单因子好,日降水量 73% 的组合因子优于单相关因子,8% 的组合因子劣于单相关因子;日平均气温、日最高气温、日最低气温优于单相关因子的组合因子的比率分别为 78%、80% 和 80%,劣于单相关因子的比率

分别为 6%、5% 和 4%。说明绝大多数组合

因子都优于单因子。

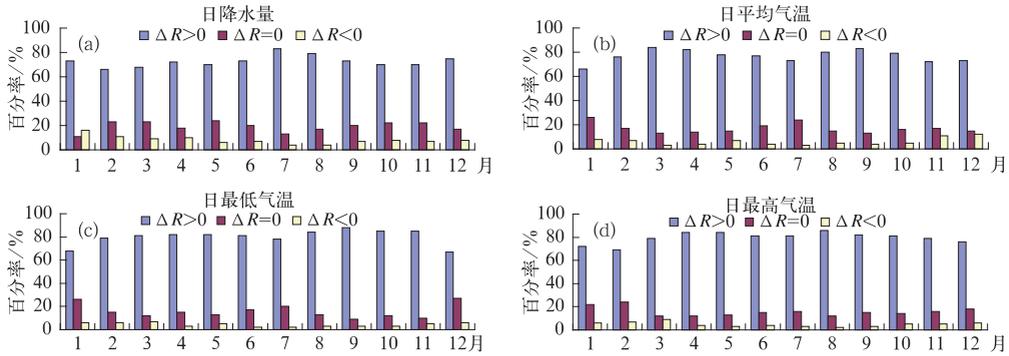


图 2 1—12 月各要素预报方程中不同 ΔR 的百分率

3.2 预报方程的有效率

从前面的分析知道,入选方程的绝大多数组合因子都优于单因子,那末用组合因子建立的预报方程是否优于单因子建立的预报方程?我们令组合因子预报方程的复相关系数为 R_1 ,单因子预报方程的复相关系数为 R_2 ,则 $\Delta R = R_1 - R_2$ 表示了同一预报量的两个方程的复相关系数之差, ΔR 越大表示组合因子预

报方程越优于单因子预报方程,我们将 $\Delta R > 0$ 的预报方程数占方程总数的百分率称为组合因子预报方程的有效率。图 3 给出了 1—12 月各要素预报方程的质量对比情况。日降水量最大有效率为 84%,最小有效率 60%;日平均气温、日最高气温、日最低气温最大有效率分别为 89%、90%和 88%,最小有效率分别为 70%、65%和 66%,说明组合因子预报方程的质量普遍比单因子预报方程好。

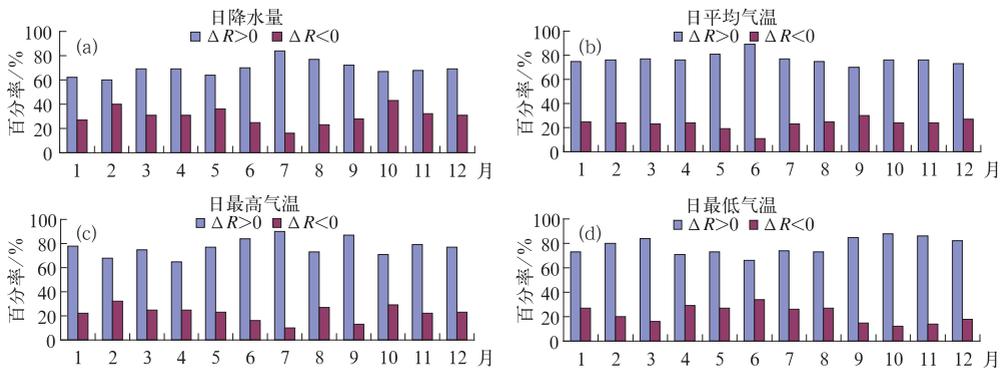


图 3 1—12 月各要素预报方程中不同 ΔR 的百分率

3.3 预报检验

3.3.1 降水预报检验

降水检验分 4 个降水量级,即小雨(0.1~9.9 mm)、中雨(10.0~24.9 mm)、大雨(25.0~49.9 mm)、暴雨(≥ 50.0 mm)。所检验的具体标准如下:

TS 评分:

$$TS = \frac{NA}{NA + NB + NC} \times 100\%$$

漏报率:

$$PO = \frac{NC}{NA + NB + NC} \times 100\%$$

空报率:

$$NH = \frac{NB}{NA + NB + NC} \times 100\%$$

对于某一等级的降水而言,式中 NA 为预报正确站(次)数、 NB 为空报站(次)数、 NC 为漏报站(次)数。

分析各月小雨、中雨、大雨、暴雨历史资料拟合的 TS 评分、漏报率、空报率情况,小雨的拟合率在 0.25~0.56,中雨的拟合率在 0.07~0.26,大雨拟合率在 0.0~0.20,暴雨的拟合率在 0.0~0.10,降水各量级的拟合率随雨季转干季而逐渐降低;对于小雨量级的降水,空报率大于漏报率,而大雨以上量级则是漏报率大于空报率。由于云南干湿季分明,年降水量主要集中在雨季(5—10月),约占全年降水的 85%以上,干季(11月至次年4月)降水概率小,其预报难度较大,拟合率很低,因此干季各量级降水的参考性不大。所以,下面仅对 2007 雨季的降水预报进行各量级检验和分析。

分析 2007 年 5—10 月小雨、中雨、大雨、暴雨 24~168h 的 TS 评分,发现暴雨的 TS 评分很低,除了盛夏 7—8 月 24~72h 评分在 0.04 以下,其余月份各时效的预报评分均为零。因此图 4 只给出了雨季(5—10 月)小雨、中雨、大雨 24~168h 的 TS 评分、漏报率、空报率,可见 24~168h 的 TS 评分小雨在 0.48~0.42,中雨在 0.16~0.10,大雨在 0.08~0.03。小雨、中雨量级的降水,空报率大于漏报率,而大雨以上量级则是漏报率大于空报率。以 24 小时预报为例分析各月的预报情况。盛夏 7—8 月,小雨和中雨的 TS 评分相对较高,24~96h 的 TS 评分在 0.50 以上,5 月小雨评分最低为 0.30,空报率较高;在 10 月,中雨的评分在 6 个月中最低,漏报的情况比较多。在初夏的 5 月和盛夏 8 月,大雨以上量级的评分最高,约为 0.10。

3.3.2 温度预报检验

在一般情况下,温度的评分往往只评定

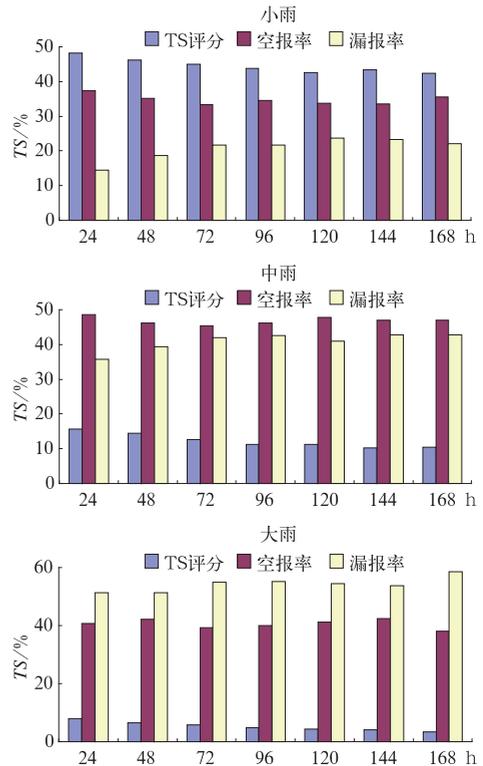


图 4 雨季(5—10 月)降水的 TS 评分、漏报率、空报率

预报误差的百分率,一般的误差在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内为正确。TS 的评分方法为:

$$TS = \frac{NR}{NF} \times 100\%$$

其中: NR 为预报正确的站(次)数, NF 为预报的总站(次)数。

图 5 给出了 2002—2006 年各月日平均气温、最高气温、最低气温绝对误差小于 2°C 的历史综合 TS 评分,日平均气温的样本拟合率最高,各月的平均为 93.2%,其次是最低气温为 88.4%,拟合率最低的是最高气温平均只有 78.6%。从各月的分布看,盛夏(7—8 月)拟合率最高,日平均气温和最低气温在 97%以上,最高气温在 81%以上,日平均气温、最高气温拟合率最低的是 3 月,分别为 89%和 74%,最低气温拟合率最低的是 1 月和 12 月,拟合率为 77%。

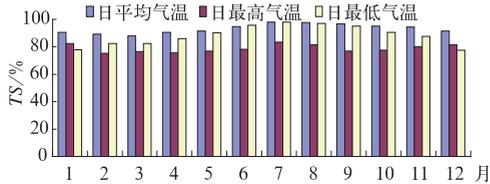


图 5 2002—2006 年各月日平均气温、最高气温、最低气温的历史拟合率

分析 2007 年 24h、48h、72h、96h、120h、144h、168h 气温预报检验结果。就全年平均情况而言,绝对误差小于或等于 2℃ 的站数占总站数的平均百分比,日平均气温 24~168h 预报分别为 79%、76%、74%、73%、71%、68%、67%;最低气温 24~168h 预报分别为 72%、70%、70%、69%、68%、67%、65%;最高气温 24~168h 预报分别为 60%、57%、58%、54%、52%、50%、48%。说明预报准确率的高低与气温的变化幅度有关,变化幅度小的预报准确率就高,反之就低,通常最高气温的准确率比最低气温低。百分率随预报时效的延长而有所下降,日平均气温、最低气温 168h 的预报准确率可达 65%,最高气温为 48%。图 6 给出了 2007 年 1—12 月 24~168h 气温预报检验结果,可见夏季温度预报的准确率高于冬季,尤其是最低气温夏半年(5—10 月)各时效的准确率均高于冬半年(11—4 月),且预报准确率冬季随时效的延长降低更明显,以夏季 7 月和冬季 1 月为例,夏季 7 月 24~168h 的最低温度准确率分别为 94%、93%、91%、91%、90%、88%、87%,冬季 1 月 24~168h 的准确率分别为 65%、61%、59%、56%、55%、53%、52%,说明从夏到冬气温变异逐渐增大,其预报误差也就随之加大,因此冬季的最低温度预报准确率比夏季低。另外,最高气温和日平均气温在春季的预报准确率较低,且预报准确率随时效延长的变化也较大,通常当形势转变

或天气状况变化较大时,气温的变化就大,而在春秋季节最高气温和日平均气温的变化一般比较大,其预报误差较明显,也就是说,在温度变化大的季节,其温度预测难度大,准确率就低。

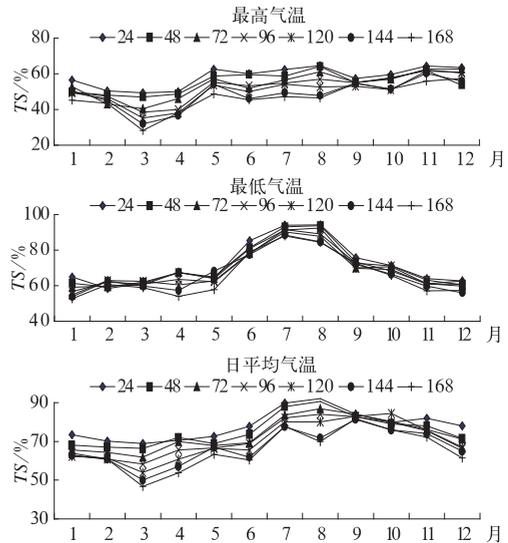


图 6 2007 年 1—12 月 24~168h 气温预报检验

4 小 结

初步分析表明,考虑了预报员经验的组合因子可改善大多数预报方程的质量。对最高、最低、日平均气温和日降水量的预报检验结果显示,气温的预报有一定的参考价值;小雨及中雨、大雨的预报有一定业务指导意义,对于反映中小尺度系统的暴雨天气预报效果较差。因此,对于短期预报而言,如何利用卫星遥感、雷达等探测资料与中尺度数值预报产品结合起来改进强降水的客观预报,需要探讨反映中尺度信息因子的处理方法。

本文所用资料均为 T213 模式产品,今后如采用 T639 模式产品可望预报质量会有所提高。此外,将因子选取及方程建立人机交互平台推广到各地州,由当地经验丰富的

预报员在因子的选取中做更加细致的工作,也会进一步改善客观预报的效果。

参考文献

- [1] 陈百炼. 降水温度分县客观预报方法研究[J]. 气象, 2003, 29(8): 48-51.
- [2] 李有宏, 韦淑侠, 王青川, 等. 青海省最高最低气温预报方法研究[J]. 气象, 2003, 29(7): 34-37.
- [3] 苗爱梅, 胡永祥, 郭玉, 等. 以数值预报为基础的省级分县温度预报方法[J]. 气象, 1998, 24(9): 41-46.
- [4] 陈豫英, 陈晓光, 马金仁, 等. 风的精细化 MOS 预报方法研究[J]. 气象科学, 2006, 26(2): 210-216.
- [5] 刘还珠, 赵声蓉, 陆志善, 等. 国家气象中心气象要素的客观预报—MOS 系统[J]. 应用气象学报, 2004, 15(2): 181-191.
- [6] 杞明辉, 肖子牛, 晏红明. 一种改进的考虑环流特征的 MOS 预报方法[J]. 高原气象, 2003, 22(4): 405-409.
- [7] 张建海, 王国强. 客观预报中多时刻因子的应用及其效果[J]. 气象, 2005, 31(5): 62-65.
- [8] 段旭. 云南盛夏大雨物理量因子的选取及效果检验[J]. 气象, 1996, 22(7): 30-32.
- [9] 段旭, 丁圣, 许美玲. 预报因子选取及方程建立人机交互平台[J]. 气象, 待发表.