

林明智

(国家气象中心,北京 100081)

提 要

美国国家气象中心(NMC)自1960年开始实施定量降雨预报(Quantitative Precipitation Forecasting,简称QPF)及其检验方案直至1993年的33年间,定量降雨预报从广泛依靠预报员经验的人工方法转变到更多依靠对数值模式的解释和修正的方法,这是预报技术的一大进步。同时,预报检验结果表明:预报准确率是稳定提高的,尤其是较长时效的预报提高更明显,其中数值预报模式的改进和发展起着重要作用。该文参考David A. Olson^[1]、Shuman^[2]和Sullivan^[3]的论文综合介绍美国NMC QPF的日常业务、QPF检验技术及33年QPF检验分析的结果。

关键词: 美国 定量降雨 预报 综述

1 美国国家气象中心的QPF

1.1 日常业务

自1960年9月以来,美国NMC的预报员就一直开展QPF的日常业务,最早的产品是每天早上发布的未来24h雨量预报,即第1天预报,也就是由00时(世界时)作的12—36小时预报。60年代中期改为每日24小时提供服务,并增加了第2天预报(即由00时作的36—60小时预报)和对应第2天预报的更新预报,即由12时资料作的24—48小时预报。从1981年起,产品逐渐增加到包括24h到60h的QPF、大雪预报、6h的QPF和超强降雨展望,除6h的QPF外,其余每种产品都用图和注解说明预报理由。1985年以来,NMC的预报产品除发布QPF外还发布中期预报(3—5天)产品、基本天气产品(12—48h地面预报图,包括云和天气诊断)、北美和北半球地面分析以及预报图讨论(PMD)。从这里可以看出,美国NMC日常业务逐渐发展的情况。实际上,日常业务的发展与预报技术的不断改进和发展有着密切联系。

1.2 预报技术的发展

60年代早期,未来24h日降雨量预报是根据预报员个人的经验制作的。美国NMC十分注意预报技术的改进和研究,尤其是对数值预报模式的研究更为重视。自1966年到1993年,平均5年多就有一个新的预报模式问世,并充实到业务预报中。1966年使用了6层原始方程模式(PE-L6),附有明确的降水量预报及可提供改进的数值预报气压场,在一些关键地区,特别是在一些海平面气压系统(例如气旋发生、锋面)所在地区进行主观加细。一方面借助于预报员修改各种数值产品,另一方面,PE-L6也给预报员提供指导,用于判断产生大雨的天气形势背景。

1971年有限区细网格模式(LFM)的建成使QPF时效延伸到48小时,预报员认为LFM给出的QPF优于PE-L6。后面的分析将会看到,由于LFM的使用,QPF准确率明显提高。

1983年建立的高分辨率半球和全球数值预报谱模式投入使用,1986年区域分析和预报系统(RAFS)完成,1993年6月具有更

高分辨率的 ETA 模式建成。这些更新的模式不断为预报员提供改进的指导预报,用于主观 QPF 系列产品的制作。现在,预报员能够把精力集中在应用经验与改进的产品一起制作雨量预报。

由此可见,美国 NMC 对数值预报研究进展是快的,不断有新模式出台,对业务预报水平的提高具有重要作用。

1.3 现代 QPF 方法

目前,QPF 过程表现为连续地对观测的同化和评价、分析及模式输出过程。这些过程包括:资料图表分析、对 VDUC(VAS 资料利用中心)工作站的动画和卫星云图进行连续的审视、(全国和区域)综合雷达图象的连续动画演示和仔细审阅和评判各类模式(RAFS、AVN、ETA、LFM 和所有的试验模式)输出的最新结果。预报员利用所有资料和经验判断哪个模式可能最正确,最后是评估和决策预报结果,并在交互式工作站上发布预报。

决策预报结果是非常重要而关键的工作。预报员必须十分了解各个模式的预报性能、模式 QPF 检验的特征、模式之间具有的互补性以及模式运行的稳定性。因此,预报员使用数值预报模式的经验和综合判断能力常常成为衡量预报员技术水平高低的重要标志。

可以说,美国 NMC 的 QPF 从依靠广泛预报经验的人工方法转变到更多依靠对数值模式的解释和修正的方法是预报技术的一大进步。

2 QPF 检验方案

自 1960 年 9 月起,美国 NMC 一直使用严格的 QPF 检验系统,选用面积检验方法,用求积仪测量预报面积 A_f 、实测面积 A_o 、预报正确面积 A_c (A_f 和 A_o 重叠区域)。主要统计量是: T 评分: $TS = A_c / (A_f + A_o - A_c)$, 即正确预报面积与检验面积之比。偏差: $B = A_f / A_o$, 即预报面积与实测面积之比。预报与

探测一致的概率,简称探测概率(probability of detection): $POD = A_c / A_f$, 即正确预报面积同预报总面积之比。

TS 检验具有严格的标准,例如,对于 25mm 预报而言,只有当实测雨量 ≥ 25 mm 时才算预报正确,如果实测雨量 < 25 mm,则预报 25mm 的 TS 分为 0。

在 33 年中,实现这个方案经历了如下两个阶段。

2.1 手工检验(1960 年 9 月—1983 年)

手工检验的步骤是:①填出 24h 降雨数据(根据天气图、航线和选取的补充观测资料),②分析等雨量线(使用由雷达资料,后来加上卫星资料,得出的推断),③用求积仪测量预报、实测和正确预报的面积,④按日、月、年将面积资料制成表格,计算出统计值。

2.2 现行 QPF 自动化检验

人工检验比较费事、费时。自 1984 年在美国东部和中部实现了计算机填图和客观分析后,相当多的检验工作由交互式计算机图形系统完成,其步骤是:①由主观 QPF 图形预报转换为分析格点的值,②计算出每个格点代表的面积,③模式网格点的 QPF 内插到分析和主观预报所用的网格点上,④经气象工作者修正后的客观分析结果用图形方式输入工作站,⑤运行检验程序,计算出预报、实测和正确预报降雨的面积,最后统计出检验结果。

QPF 自动化检验使得预报员做的 QPF 与数值预报模式的 QPF 可直接比较。模式检验的引入推动了预报员与各种模式之间的“竞赛”,有利于改进预报工作和提高预报水平。

3 QPF 检验结果分析

现对 24h 的 QPF 检验的主要统计量 TS 评分、偏差和检测概率进行分析。

3.1 TS 评分

3.1.1 TS 评分年变化

图 1a 给出 1961—1993 年预报员对 24h

降水量 $\geq 25\text{mm}$ 不同时效预报的准确率 (TS), 由图可见, 3 种预报时效的 TS 一直在提高。70 年代早期第 1 天预报在 0.17 左右, 自 70 年代后期开始提高到 0.20 左右; 更新预报由不足 0.13 提高到 0.16 左右; 第 2 天预报由不足 0.10 提高到 0.13 左右。在近 20 多年中, 由于更新预报和第 2 天预报提高较快, 使第 1 天预报和第 2 天预报评分之间的差距在逐渐缩小。

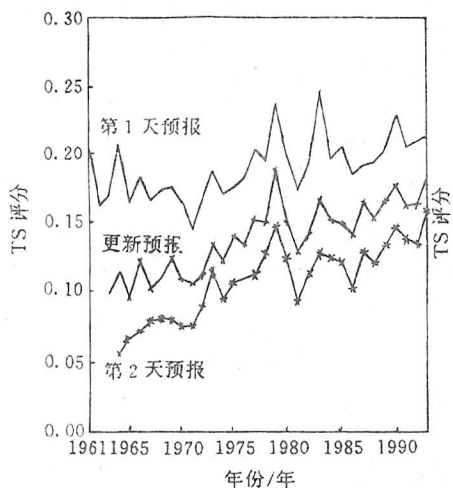


图 1a 1961—1993 年主观预报 24 小时降雨 $\geq 25\text{mm}$ 的第 1 天预报 (12—36h)、更新预报 (24—48h) 和第 2 天预报 (36—60h) 的逐年 TS 评分

图 1b 中第 1 天预报的 3 个等级的检验曲线形状十分相似, 同样表现出增长的趋势。1973 年之前, 50mm 第 1 天预报的 TS 值平均约 0.06, 1989 年以来已稳定在 0.10 以上。

有意思的是, 图 1a 和图 1b 中评分值明显上升的趋势出现在 70 年代早期, 同采用 LFM 的年份一致。这表明数值预报产品的应用对提高业务 QPF 的预报水平有着重要作用。

3.1.2 TS 评分的月、季变化

图 2 表示 1984—1993 年预报员预报 25mm 的 QPF 准确率各月平均, 高值出现在冬季月份 (11 月—2 月), 低值出现在夏季月

份 (6—8 月), 夏季 TS 月平均通常比冬季的一半还低。夏季评分较低可能由于降水多由中小尺度对流过程引起, 且降水发生在夜间的频率较高; 而冬季多受天气尺度系统控制, 降水比较均匀地分布在整个 24 小时内。

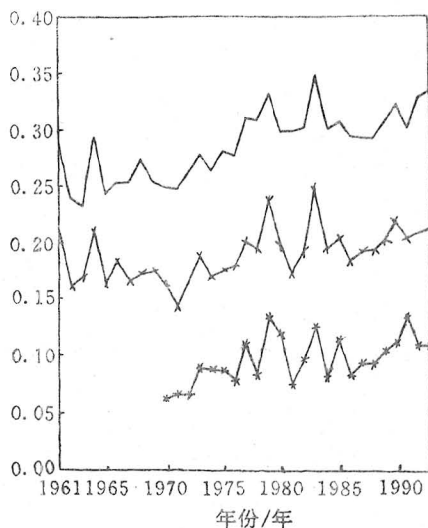


图 1b 1961—1993 年主观预报 24 小时降雨 $\geq 10\text{mm}$ (上), $\geq 25\text{mm}$ (中), $\geq 50\text{mm}$ (下) 的第 1 天预报的逐年 TS 评分

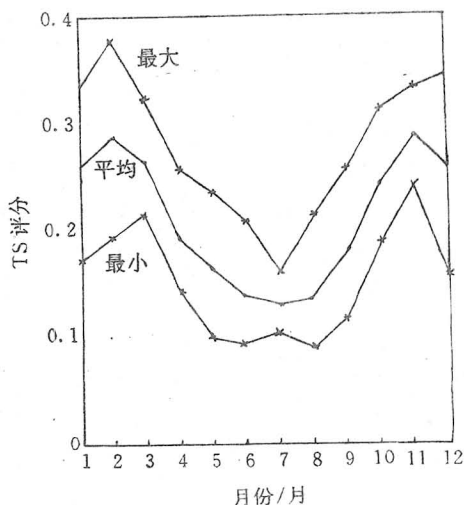


图 2 1984—1993 年主观预报 $\geq 25\text{mm}$ QPF 的 TS 评分月平均、最大值和最小值 (即此 10 年中 TS 极值)

3.1.3 预报员与模式 QPF 的比较

统计 1988—1994 年的 7 年资料指出, 预报员 24 小时的 QPF 一直比其它模式预报效果好, 如图 3a 所示, 自 1988 年 1 月—1994 年 7 月以来预报员制作的降雨量 $\geq 25\text{mm}$ 的 QPF 评分一直高于 RAFS。图 3b 给出 1991 年 1 月—1994 年 7 月的检验曲线, 表明多数情况下预报员第 2 天的 QPF 比 RAFS 第 1 天的 QPF 还要准确。显然, 预报员参考模式预报后制作的 QPF 优于模式本身的预报。

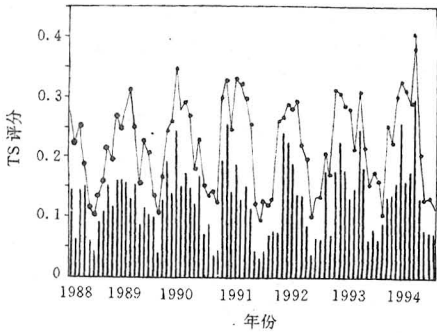


图 3a 1988 年 1 月—1994 年 7 月主观第 1 天 (实线) 与 RAFS 12—36h (直条) QPF 的月 TS 评分比较

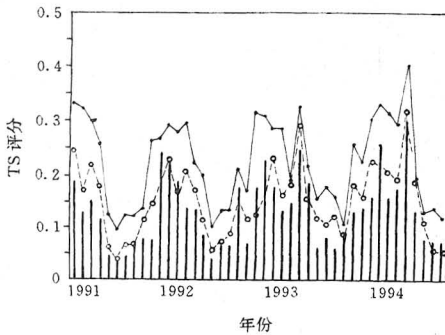


图 3b 1991 年 1 月—1994 年 7 月主观第 1 天 (实线)、第 2 天 (虚线) 与 RAFS 12—36h (直条) QPF 的月 TS 评分比较

3.2 偏差

根据预报员制作的 $\geq 25\text{mm}$ 降雨预报偏差的年平均演变图(略)可知, 1975 年之

前, 第 1 天和第 2 天 $\geq 25\text{mm}$ 预报面积超出实况面积非常明显。1975 年以后, 年偏差一直保持相对稳定。 $\geq 25\text{mm}$ 第 1 天预报的 QPF 面积平均偏大 20%—25%。自 70 年代以来, 第 2 天预报的年偏差值一直在 1 附近或略低些, 预报面积偏大的问题是通过把检验结果反馈给预报员而得到解决的。

3.3 检测概率

分析表明: 检测概率 POD 曲线一般与实测面积曲线同步。1962—1987 年期间, 雪季实测面积有 40% 能正确预报出来, 但改进的趋势不明显。

以上介绍了美国 QPF 检验的基本情况。近 20 多年来, QPF 的 TS 和偏差表现出明显的改进趋势, 这可能与很多因子有关。例如: 改进了数值模式, 预报员对业务模式优缺点加深了了解, 预报员提高了对降雨过程的认识等等。

4 结束语

通过了解美国 NMC 的 QPF 技术发展情况, 得到以下启示:

- 4.1 业务降雨预报水平的提高需要有 1—3 个好的数值预报模式作参考和指导。
- 4.2 随着国家气象中心数值预报模式的不断更新, 数值预报产品(NWP)在业务预报中起着越来越重要的作用。显然, 预报员在参考了 NWP 后制作的预报应该高于 NWP 本身的水平。因此, 以其提高的幅度评价预报员的技术水平的高低是有道理的。
- 4.3 预报员要深入了解各个模式的预报性能, 善于综合应用各种模式的结果, 不断积累使用模式的经验, 就一定能够提高业务降雨预报水平。

(下转第 13 页)

参考文献

- 1 David A. Olson and Norman W. Junker. Evaluation of 33 Years of Quantitative Precipitation Forecasting at the NMC. Weather and Forecasting, September, 1995; 498—512.
- 2 SHUMAN F. G. and J. B. HOVERMALE. An Operational Six-Layer Primitive Equation model. J. Appl. Meteor., July, 1968; 525—547.
- 3 Sullivan, B. E., The use of dynamical model guidance in short range forecasting. 13th Conf. on Weather Analysis and Forecasting Vienna, VA, Amer. Meteor. Soc., 1993; 35—43.

Review of Quantitative Precipitation Forecasting at the NMC U. S. A

Lin Mingzhi

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

According to the treatises written by David, Shuman and Sullivan, routine operation, verification procedures and evaluation of 33 years of Quantitative Precipitation Forecasting at the NMC U. S. A were reviewed.

Verification graphs show steady improvements in forecast accuracy, especially for the longer-range forecasts, which in this context are those in the 24—60h range. During the 1960s the Threat Score (TS) for day-2 forecasts for 1 inch or more of precipitation was averaged approximately 0.07. During recent years, that score has nearly doubled, and the 36—60h period forecast in 1993 had a TS comparable to that for the 12—36h period during the 1960s.

Key Words: U. S. A quantitative precipitation forecasting review verification procedure