

章国材

(国家气象中心, 100081)

提 要

集合预报从上个世纪九十年代兴起, 目前已成为许多业务预报中心的重要业务之一, 同时也成为研究的重要工具。系统介绍了全球模式中短期天气预报集合、有限区域模式短期天气预报集合以及集合预报在强风暴预报中的应用等, 并对集合预报中应当注意的问题进行了阐述。

关键词: 全球模式 中短期天气 强风暴 集合预报

引 言

自从洛伦兹(1963)^[1]发现大气中的混沌现象以来, 国内外气象工作者对于预报的不确定性进行了许多研究。由于观测网和资料同化方法的不充分、初值误差随时间积分增长(小尺度误差增长更快)、观测分析和模式两者都存在不确定性且不一致、模式分辨率不能精确描述大气的状况、缺乏对大气过程的充分理解、存在不同参数化方案等原因, 气象预报存在不确定性已成共识。预报时效愈长不确定性愈大, 目前数值天气预报水平最好的欧洲中期数值天气预报中心, 其北半球的可用预报时效也只有 8 天(按世界气象组织定义: 某预报时效 500hPa 位势高度预报与观测距平相关系数 ≥ 0.6 , 则认为该预报时效是可用的)。据研究, 确定性预报的最长时效只有 15~20 天, 这是对位势高度而言的, 对于强风暴的预报时效远小于这个数值, 而且尺度愈小、生命史愈短的天气事件其可预报时效愈短。如何提高气象预报水平, 有多种选择, 包括建立更精确、覆盖面更大的观测系统, 改进资料分析和同化方法, 发展更复杂的模式, 进行集合概率预报等。

集合预报强调由于多因素(如上所述)引起的不确定性, 可用来计算特殊事件或条件出现的概率, 估计一个预报的不确定性和信

心, 增加平均预报的精度, 同时还可以用来鉴别需要增加初始资料 and 同化的区域。由于预报不确定性来自不同方面, 因此集合预报又分为多初值集合、多过程集合和多模式集合, 包含多初值和多模式的集合又称为超级集合, T. N. Krishnamurti 等人^[2]通过试验证明超级集合既可以提高气候预测水平又可以提高天气预报水平。集合预报的后处理有集合平均、计算某种事件出现的概率、散布图和面条图等方法。

集合预报开始是用于气候预测和延伸预报的, 以后又用于天气预报, 特别是强天气的预报, 本文主要讨论短期天气集合预报问题。

1 中短期天气集合预报

1.1 全球模式集合预报

全球模式刚开始是用多初值进行集合预报的, 具有代表性的是 ECMWF 用奇异向量法、美国 NCEP 用增值模方法生成初值。NCEP 从 1992 年 12 月开始运行全球集合预报系统^[3], 模式分辨率从 T62L28 发展到今天的 T126L28, 集合成员从 10 个增加到 45 个。2002 年 8 月 24 日至 9 月 30 日 38 天试验(90 小时之前运行 T126L28, 90 小时之后运行 T62L28 作集合预报)表明北半球和南半球 500hPa 高度均方根误差(RMS)分别减少了 1.5% 和 7.6%; 2003 年夏季 45 天试验

表明北半球 500hPa 高度型式距平相关 (PAC) 4 天和 4 天以后集合平均好于全球预报系统 (GFS: T254L64), 南半球 500hPa 高度 PAC 5 天预报集合平均好于 GFS 1%; 2004 年 1 月开始新的试验, 从 84~180 小时运行 T126L28, 缩短积分步长, 集合成员增加到 45 个, 并且增加 PQPF (总降水量)、PQRF (雨)、PQSF (雪)、PQIF (冰粒)、PQFF (冻雨) 概率预报产品。初步试验表明: 北半球 500hPa 高度 RMS 误差稍微减少, 集合散布显著增加, 丢失的个例数目显著减小, PAC 稍微增加, 7 天预报的概率技巧评分提高了 0.5 天。

Imre Bonta 等人^[4]在总结 2001 年春季欧洲中部强降水的预报时得出如下结论: 一般来说 ECMWF 的集合平均产品 3~4 天后优于确定性模式产品, 但是在山区, 由于业务模式分辨率高于集合预报模式, 能更好地抓住山区的特征, 因此降水预报效果好于集合预报。

NCEP 还做过这样的试验 (朱跃健交换意见), 设 NCEP、加拿大气象局、美国海军的资料同化系统分别为 A_1 、 A_2 、 A_3 , NCEP、加拿大气象局、美国海军、美国宇航局 (NASA) 的数值模式分别为 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 , 注意这些同化方案和模式中, 以美国海军的系统水平较差, 其它系统水平相当。设计三种方案, 方案一: $A_1 + M_1$ 与 $A_2 + M_2$ 集合; 方案二: $A_1 + M_1$ 与 $A_3 + M_3$ 集合; 方案三: $A_1 + M_1$ 与 $A_1 + M_4$ 集合。试验结果表明: 方案一效果最好, 方案二效果最差。由此引出两条结论: ①两个不同但是都较好的同化系统+模式集合预报效果较好; ②超级集合应当使用水平都较好的系统, 一个较好的系统与一个较差的系统集合效果不佳。

1.2 有限区域模式集合预报

NCEP 多初值、多模式的短期集合预报 (SREF) 系统从 2001 年 5 月开始投入业务^[5], 2003 年夏季用 Eta 模式 (水平分辨率 32km, 60 层) 对两种集合方案进行了对比试

验: SREF-I, 多初值; SREF-II, 不同的对流参数化和云微物理过程方案。两种方案都一天运行两次 (08 和 18UTC), 产生 3~63 小时预报, NCEP 全球预报系统 (GFS) 为它们提供边界条件, 试验结果显示, SREF-II 系统散布度增加, 即增加物理过程的多样性能提高 SREF 系统的能力, 逮住更多的预报不确定性, 但是两个方案都低估了预报的不确定性, 对于 2 m 温度的预报两个方案的结果类似。

有限区域模式 (LAM) 集合预报涉及到一个侧边界条件 (LBC) 问题, Nutter (2003 年)^[6]表明使用粗分辨率和时间内插边界条件会引起 LAM 集合预报降低散布度, 这是由于粗分辨率和时间内插边界条件限制了 LAM 中小尺度误差的增长, 因而人为地抬高了可预报性极限的估计, 降低了预报的不确定性。解决办法之一是对边界条件也实行扰动, 因此, 有限区域模式集合预报又增加边界扰动这一项。

1.3 集合预报在强风暴预报中的应用

美国强风暴预报中心 (SPC) 和强风暴预报实验室 (NSSL) 在 2003 年春季联合进行了一项计划^[7], 该计划其中一项内容是评价 SREF 在强风暴两天展望中的作用。首先由 SPC 预报员用传统的确定性预报方法作出两天强风暴展望, 下午由 SREF 系统更新该指南, 以评价 SREF 信息对增强预报员信心和不确定性的影响。这项试验最独特之处在于: 由预报员从 Eta 模式每 6 小时的预报中选择不同场, 画出包围感兴趣的线 (例如槽线、干线、急流核等) 的多边形, 接着由软件确定位于这个多边形内 MM5 的格点数, 然后为 MM5 共轭模式确定适当的运行结构 (向前和向后模式), 产生 MM5 初值。MM5 伴随模式水平分辨率为 90km, 而包含全物理过程的 MM5 的 SREF 分辨率为 30km。试验表明, SREF 稍微改进了两天的强风暴展望。

Levit 等人^[8]用 ARPS 模式对 2000 年 3 月 28 日影响阿克拉荷马市的强龙卷 Fort Worth 进行了集合预报研究, 背景为 NCEP Eta 模式 0000、1200 和 1800UTC 的分析场,

用尺度滞后平均集合预报(SLAF)生成初值,比较了9km和3km分辨率的不同情况,后者与前者嵌套,由于分辨率都小于10km,因此不再用积云参数化方案,而是直接用云微物理过程。3km分辨率的集合试验从2200UTC开始,每15分钟同化一次预报区内所有WSR-88D Level III径向风和反射率资料,实际预报时间从2300UTC开始,积分到0400UTC,包括Fort Worth龙卷到达市区的时间0030UTC。试验结果表明:9km分辨率不能产生有结构和观测到的对流运动;对于超过35和50dBz的反射率的条件概率,3km分辨率的集合预报在龙卷北部可预报性最高,西南方也预报得不错,但在龙卷上方和西方预报不佳。尽管如此,试验表明,精细的观测和精细的物理过程对于对流的集合预报有潜在价值。

2 结语与讨论

由于观测、分析同化方法、模式过程和计算都存在误差,由此带来的预报不确定性时效愈长愈大、尺度愈小的系统愈大,因此,集合预报是一种必然的选择,不仅对气候预测、延伸预报是如此,而且对于短期天气预报特别是灾害性天气短期预报亦是如此。由此还带来另外一个后果,今后的预报应当发展概率预报,指出各种强天气可能出现的概率,集合预报将成为概率预报的最有效的工具。集合预报不仅应当包括多初值,还应包括多过程和多模式,同时应当不断提高集合成员的分辨率,当然,这需要巨大的计算机资源的支持。

国家气象中心月、季气候预测和延伸预报都用集合预报,由于计算机资源的限制,目前只用多初值集合,尚未开展多过程和多模式以及短期天气的集合预报业务。作为国家气象中心的发展战略之一:应当建立气候预测和短期天气的超级集合预测预报平台,为不断提高天气气候预报预测准确率作出贡献。

参考文献

- 1 E. J. Lorenz, Deterministic nonperiodic flow. *J. Atmos. Sci.*, 1963, 20(2):130—141.
- 2 T. N. Krishnamurti C. M. Kishlawal LaRow, et al. Improved weather and seasonal climate forecasts from multi-model superensemble. *Science*. 1999, 285(5433):1548—1555.
- 3 Yuejian Zhu at al. Global ensemble forecast at NCEP, 84th AMS Annual Meeting, Jan. 2004, Seattle, U. S. A.
- 4 Imre Bonta at al. Using ensemble meteorological forecast products in a flood forecasting system. *ECAM*, September 2003, Rome.
- 5 Jun Du at al. The NOAA/NWS/NCEP short range ensemble forecast (SREF) system: evaluation of an initial condition ensemble VS multiple model physics ensemble approach. 84th AMS Annual Meeting, Jan. 2004, Seattle, U. S. A.
- 6 Paul Nutter at al, On the need for perturbed in limited-area ensemble forecasts. 84th AMS Annual Meeting, Jan. 2004, Seattle, U. S. A.
- 7 Jason J. Levit at al, Evaluation of short range ensemble forecasts during the SPC/NSSL 2003 spring program. 84th AMS Annual Meeting, Jan. 2004, Seattle, U. S. A.
- 8 Nickil Levit at al, High resolution storm scale ensemble forecasts of the March 28, 2000 Fort Worth Tornadoic Storms. 84th AMS Annual Meeting, Jan. 2004, Seattle, U. S. A.

Issues on Medium-short Range Ensemble Weather Forecast

Zhang Guocai

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The ensemble forecast appeared in 90's of last century. It becomes an important operation of many meteorological centers and an important tool of research. The medium-short range ensemble forecast of the global NWP and limited area NWP models, and two application of ensemble forecast to severe weather are introduced, and related issues are discussed.

Key Words: global NWP medium-short range weather forecast ensemble forecast severe weather