

美国国家气象中心中期预报 时段内的集合预报

李小泉

(国家气象中心,北京 100081)

摘要 评述美国国家气象中心将集合预报的概念与方法引进中期预报领域,利用分辨率较低的模式做多成员的集合预报能获得较好的效果。

关键词 中期预报, 集合预报

1 概述

从1992年7月起,美国国家气象中心对实时数值预报,特别是中期预报时段的业务做了重大变更,即对10天的逐日预报,使用14个预报的集合来代替过去的单一预报。集合预报由时间后延预报(LAF)和一种被称为增长模繁育(Breeding of Growing Modes,简称BGM)新方法的预报结果所构成。

众所周知,初始场不可避免地总会有这样或那样的误差。如图1所示,从略有不同的初始场出发,在较短预报时段以前的预报值相互差别并不明显,此时,预报可以认为是“决定性”的;而对于较长的时段而言,它们之间的差异将变得显著起来,于是,预报就应被认为是“随机性”的了。用集合的手段可以平

滑或消除诸集合成员中的某些随机误差,突出其统计特征,显示其可能的变动范围并提供各种信息供预报决策参考。一般来说,集合预报往往是较个别成员更有用的预报产品。也可以根据诸成员预报轨迹的相似程度分成几类(如图1的A、B两类),分别给出几类可能的集合预报,此外,集合预报诸成员的离散程度还可以作为预报可信程度的一种判定标志。由此可见,美国国家气象中心已将提高数值预报应用水平的注意力,从单纯提高模式的平均预报技巧发展到最大限度地促进数值预报产品的总体综合利用方面。

诚然,集合预报并非一种新事物,在长期预报领域和对少量预报产品进行集合处理方面已有不少工作,但美国气象中心在中期预报时段(6—10天)利用多达14种预报产

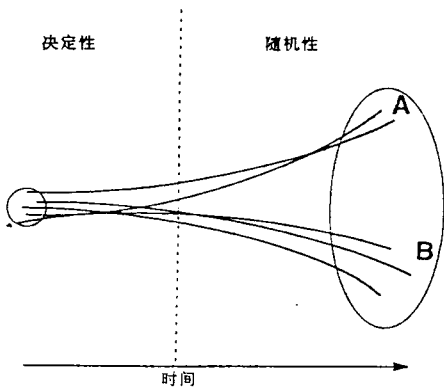


图1 带有各成员预报轨迹的集合预报示意图。左方小圈内若干小扰动的初始状态代表初始条件不稳定,右方预报终止于大的椭圆表示预报值可能的出现范围。在较短时期内,各预报值比较接近,因而预报可以认为是决定性的;在一定时间后,预报就成为随机性的了。根据预报轨迹的相似程度可以分成若干组(如图中A、B所示)

品进行集合预报并已正式投入业务运行的动向,值得我们注意。

2 不同模式分辨率的预报试验

由于计算机资源的限制,即使利用当前

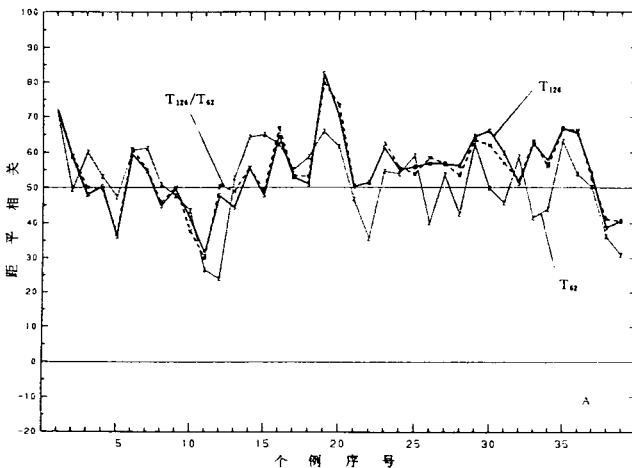


图2 6—10天平均北半球500hPa高度距平的预报与实际相关系数。实线、虚线与点线分别代表 T_{126} 业务(MRFS)、 T_{126} 转为 T_{62} (MRFW)和完全为 T_{62} (MRFZ)的预报。1—39个例序号分别代表以1992年2月18日至3月27日的实况场为初始场所做的预报

美国 NMC 的 Cray YMP-832 巨型计算机,也很难对 T_{126} 高分辨率业务模式用增加计算次数的办法来进行集合预报。可以设想,由于短波的可预报性时效较短,提高模式分辨率对于预报质量的改进可能主要表现在短期预报方面。为此,将 T_{126} 高分辨率(相当于高斯格点分辨率为 105 公里)的 10 天业务预报(称为 MRFS)与前 5 天用 T_{126} 模式、第 6—10 天降阶为 T_{62} 模式(相当于分辨率为 210 公里,称为 MRFW)和完全用 T_{62} 模式所做的 10 天预报(称为 MRFZ)结果相比较。图 2 是 39 次对比试验的 6—10 天平均北半球 500hPa 高度距平相关系数,可见 MRFS 与 MRFW 的结果十分接近,两者预报图的相关系数平均高达 0.98,而 MRFS 与 MRFZ 的平均相关系数则仅 0.69,这就表明,将 T_{126} 高分辨率的中期数值预报业务模式在第 5 天后降阶为 T_{62} ,不会对业务中期预报的质量造成多大损害,但可大大节省计算机资源并用以开展集合预报的工作。

3 集合预报中初始场扰动的生成:增长模繁育法(BGM)

在长期天气展望领域内使用集合预报的做法由来已久,其主要目的是:(1)通过减少非线性误差增长和通过平均的办法减少随机扰动的成分以提高预报技巧;(2)根据各集合预报成员的一致程度来估计预报的技巧;(3)为以概率形式编制预报提供一个客观的基础。常用的有蒙特-卡洛(Monte Carlo)方法和后延平均预报(LAF)方法。理论与实践均表明,如果叠加的扰动能够正确地反映初始场的不确定性,则集合预报能够比用原始初始场所做的控制预报(control forecasting)提供更有用的信息。问题在于如何最佳地决定需要叠加的扰动。美国国家气象中心研究提出了一种被称为增长

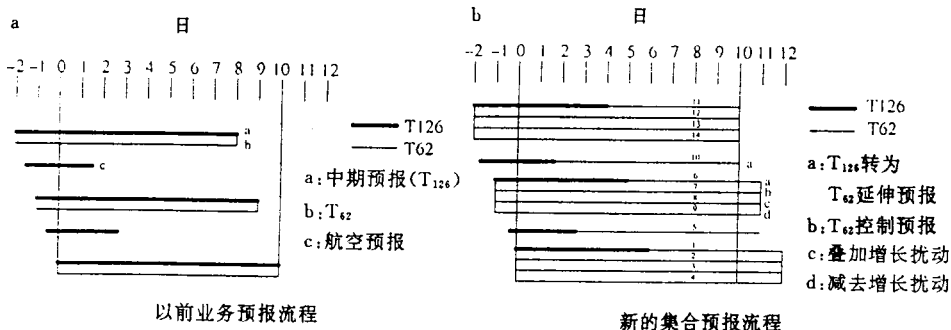


图3 (a)1992年12月7日以前的全球业务预报流程示意图。(b)新的集合预报流程示意图,各集合预报成员用1—14编号

模繁育(BGM)的新方法,用以获得能够代表初始场分析中存在的误差,从而得到可以从原始初始场中叠加或扣除的最佳扰动成分。其做法是:(1)对大气的分析场叠加一个任意的小扰动;(2)根据原始的(控制预报)和叠加上小扰动的初始场分别对模式做6小时积分;(3)从后者减去前者获得由于叠加扰动而导致的误差增长;(4)将上述偏差场乘上一个权重系数使之在均方根意义上与初始扰动具有相同的量级。然后,再叠加到下一轮的6小时分析场上,重复(1)–(4)的步骤,3、4天之后,扰动的增长率便与实际短期预报误差的增长率相当,而与初始扰动无关。此时便得到所需的扰动值。

4 新业务预报流程

图3a给出1992年12月7日前美国NMC的全球数值预报业务概貌,即定期运行两个独立的同化系统,一个为 T_{126} (业务系统),一个是 T_{62} (对比试验),均分别以相应的00Z初始场计算10天预报。此外还以12Z的初始场用高分辨率模式(T_{126})计算3天的航空预报(AVN)。

图3b是新的中期预报业务流程示意图。每天以00Z为初始场的 T_{126} 模式只计算到第5天的预报,第6天起降阶为 T_{62} ,计算到第12天;以12Z为初始场的 T_{126} 模式做3天航空预报之后,亦降阶为 T_{62} 并延伸到第12天

的预报;每天对00Z的初始场用 T_{62} 模式做12天的预报;此外,对00Z的初始场加上或扣除用增长模繁育(BGM)的方法获得的扰动,再用 T_{62} 模式做两个12天预报。这样,如图3b所示,无需增加计算机资源即可在10天预报时段内有14个预报场可供进行集合处理。

集合预报方法面临的一个重要问题,就是如何以最方便、简捷的形式根据如此大量的信息向预报员提供实用的预报参考产品。目前,美国国家气象中心的做法是:

(1)计算14个预报场的无加权算术平均图,用以平滑个别预报成员的扰动成分。有关选取适当权重系数的研究工作正在进行。

(2)计算14个预报场的均方差分布,并与相同时期的气候均方差相比较,用以作为预报可信度空间分布的一种度量。

(3)对14个预报场进行客观分类。以北半球500hPa高度距平相关系数(AC)最小的两个预报场为基础,将其余预报场中与之相似($AC > 0.60$)的场归为同一类,从而构成最初的两类预报场。然后在余下的预报场中取出距平相关系数最大(且 $AC > 0.60$)的两个场,连同与之相似的所有预报场构成第三类,如此类推直到不再存在两个相似的预报场为止。最后分别给出各类预报场的平均图。

(4)做14个预报场的距平中心及强度综合图。将14个预报场的正负距平中心及其强

**表 1 北半球温带地区 6—10 天 500hPa 高度
平均预报水平的比较 (1992. 12.
13—1993. 3. 14)**

预报类型	每次预报的成员个数	距平相关(AC)
CTL(HR)	1	55.3
CTL(LR)	1	55.4
BGM(LR)	2	58.7
LAF(HR)	3	53.9
LAF(LR)	3	54.0
CTL(HR)+ CTL(LR)+ 2BGM(LR)	4	60.4

HR: 高分辨率(T_{126})模式的分析与预报积分到第 6 天,以后截断为 T_{62} 低分辨率积分到第 12 天。

LR: 低分辨率(T_{62})模式的分析与预报积分到 12 天。

CTL: 00Z 原始分析为初始场,不叠加小扰动的控制预报。

BGM: 在控制预报的初始场上叠加和扣除 BGM 方法所得的小扰动后,分别积分所得的两个预报的平均。

LAF: 以最近的 3 个 00Z 为初始场所做的不加权落后平均预报。

度集中填绘在一张图上,有助于预报员判定未来环流形势的分布特点和距平中心的位置及其强度。

(5) 做特征等高线综合图,将 14 个预报图的同一根特征等高线(如 500hPa 的 5640、5580gpm)综合绘在一张图上,用以清楚地显示和比较诸预报场对环流形势演变特点和行星锋区的位置与走向的预报意见。

(6) 给出 14 个预报图中,预报的 500hPa 高度距平超过气候均方差 0.5 倍以上的频率分布,用以表示对所预报的环流异常的可能性估计。

5 效果检验

表 1 表示从 1992 年 12 月 13 日到 1993 年 3 月 14 日期间对 6—10 天北半球温带地区 500hPa 位势高度的预报准确率(以平均距平相关系数 AC 来表示)。由表可见,据 BGM 方法用低分辨率模式得到的两种预报

平均值的准确率要较控制预报(包括高、低两种分辨率)高 3 个百分点,而将高、低分辨率的控制预报加上 2 个 BGM 方法(低分辨率)预报所做的集合预报准确率最高,较控制预报高 5 个百分点。这样,在不增加计算机资源的情况下使用集合预报的方法就可以使预报准确率获得明显提高。我们注意到,运行两次 BGM 预报只需要运行单一低分辨率模式的 2 倍计算机资源,而若将低分辨率模式的水平分辨率增加一倍,则计算机运行时间大约要增加 8—10 倍。试验表明,对第 5 天的 500hPa 流函数而言,使用蒙特-卡洛方法或 LAF 方法需要 16 个成员组成的集合预报准确率,与用 BGM 方法所做由 2 个成员构成的集合预报准确率相当。

6 小结

如上所述,美国国家气象中心将集合预报的概念与方法引进中期预报领域(6—10 天),并已正式投入业务运行。他们的经验表明,对于中期时效的预报而言,利用分辨率较低的模式做多成员的集合预报,特别是利用 BGM 方法产生小扰动所做的集合预报,要较单纯提高分辨率耗费更少的计算机资源并获得更好的效果,这对计算机能力较低的我国,很有借鉴意义。此外,可以看到,美国国家气象中心已将改进数值预报产品应用的注意力,从提高平均预报技巧发展到促进数值预报产品的总体综合利用方面来,这也是值得我们注意的动向。

参考文献

- 1 M. Steven Tracton, Eugenia Kalnay, Operational Ensemble Prediction at the National Meteorological Center: Practical Aspects, Weather and Forecasting, Vol. 8, No. 3, September, 1993.
- 2 Zoltan Toth and Eugenia Kalnay, Ensemble Forecasting at NMC: The Generation of Perturbations, July, 1993 (待发表).