

谭桂容, 段浩, 任宏利. 中高纬度地区 500 hPa 高度场动力预测统计订正. 应用气象学报, 2012, 23(3): 304-311.

中高纬度地区 500 hPa 高度场动力预测统计订正

谭桂容^{1)*} 段浩¹⁾ 任宏利²⁾

¹⁾(南京信息工程大学 气象灾害省部共建教育部重点实验室, 南京 210044)

²⁾(国家气候中心, 北京 100081)

摘 要

利用 DEMETER 多模式集合研究计划中 Météo France 模式的预报资料集, 在分析其对冬季北半球中高纬度地区(20°~90°N)500 hPa 高度场预报效果的基础上, 针对模式预测较差的模式分别运用最优子集回归修正方案和回归-相似相结合的修正方案对其进行订正。结果表明: 数值模式对观测模式的预测能力并非随模式数的增加而递减, 方差贡献较小的模式的预报效果可能好于方差贡献较大的模式; 基于最优子集的回归订正方法未能改进原模式预报技巧; 在最优子集回归基础上再经相似订正的方法(DAP-OSR)能够改进预测效果, 独立试报的距平相关系数平均每年提高 0.1。

关键词: 季节预测; 中高纬度地区; 500 hPa 高度场; 动力预测; 统计订正

引 言

随着中期数值天气预报的成功, 月、季节尺度的气候数值预测已成为气象科学家的下一个目标。然而, 提高模式预测效果是一个科学难题。尽管许多先进的海气耦合技术及多模式集合新技术的应用改进了气候模式的季节预报技巧, 到目前为止, 仍不能满足季节气候预测业务化的需求^[1-2]。

目前短期气候预测技术仍需提高, 从预测对象的改变到动力模式的改进, 人们进行了积极的探索^[2-3]。除了通过改进模式内部动力过程与初值处理问题以改进模式预报效果外, 动力-统计相结合的模式产品后处理过程可进一步提高模式的预报技巧^[4-19]。近年来, 在改进模式集合预报效果方面, 简单合成或不等权重的集合方法在改进预报技巧方面表现出了一定能力, 从单一模式等权集合到多模式超级集合, 采用动力-统计相结合的方法对气候模式预测结果进行改进, 也取得了不错的效果^[20-29]。如统计降尺度方法和动力相似预报方法对中国区域降水和 500 hPa 高度场的预测订正都能不同程度地提高预报技巧^[18, 22-23]。Chen 等^[19]则通过建立预报误差与模式

状态的回归关系等方法来订正模式预测误差。

综上所述, 利用动力、统计相结合的方案可以改进短期气候模式的预报效果。由于数值模式在中高纬度地区的季节模拟能力相对较低, 而我国大部分地区都位于北半球中高纬度地区, 因此利用统计方法改进数值模式在北半球中高纬度地区的预报能力有一定实际应用价值。在近期工作中, 任宏利、丑纪范、郑志海等^[13-16]提出了模式预报的相似误差订正基本方法, 并应用到海气耦合模式的动力季节预报中。郑志海等^[25]进一步发展了基于季节气候可预报模式的相似误差订正方法, 通过识别模式预报结果中对初值相对不够敏感的可预报模式, 将其作为对象进行历史相似选取和误差订正, 均取得了较好的预报改进效果。不同于以往的统计方法截取前面几个方差贡献较大的模式进行修正的方案, 本文将根据模式对观测场相关的各固定模式的预报效果, 针对模式预测效果较差的模式进行统计修正, 以提高预测效果。考虑到线性相关在独立预报中并不足以提高模式对 500 hPa 高度场的预报效果^[18], 而相似方法订正数值模式已在国内得到发展, 故同样以模式为预报对象, 仍考虑相似方法, 目标在于对预报效果不理想的模式进行订正。

2011-08-19 收到, 2012-02-21 收到再改稿。

资助项目: 国家自然科学基金项目(40805028), 公益性行业(气象)科研专项(20080232, 201206016)

* E-mail: tanguirong@nuist.edu.cn

1 资料和方法

1.1 资料

模式资料为欧洲中期数值预报中心集合预报 DEMETER 计划的 Météo France 模式预测结果;观测场采用欧洲中期数值预报中心 ERA-40 资料系统提供的再分析资料。以上资料长度为 1958—2001 年,取 12 月及次年的 1 月和 2 月共 3 个月平均值代表冬季。其中,模式资料为模式在 11 月起报的 12 月、次年 1 月和 2 月的 500 hPa 月平均高度场。本文主要对中高纬度地区的预报效果进行检验和订正,故选取 20°~90°N 的区域范围进行分析。

1.2 基于动力相似预报的订正方案

下面给出一种基于动力相似预报的模式误差修正方案。以处理后的 1958—1991 年的观测场和集合模式预测场分析观测场和模式预测场的统计关系,建立相应的统计订正模型,然后对 1992—2001 年冬季北半球中高纬度地区高度场进行独立预报。

由于以往的统计修正试验在使用经验正交函数展开(EOF)等统计方法时,每次进行交叉检验的模式均随着资料年份变化。为了保证统计修正的稳定性和独立性,本文拟以 44 年资料中的前 34 年观测场 EOF 分解得到的模式作为检验和修正的固定基底模式,尝试利用动力统计相结合的方案修正数值模式对北半球中高纬度地区的 500 hPa 高度场进行模拟预测,并对后 10 年进行独立试报。即先对前 34 年(1958—1991 年)冬季 500 hPa 高度观测场进行 EOF 分解,如式(1)~(2)所示。

$$\mathbf{X}_{ob} = \mathbf{V}_{ob} \mathbf{T}_{ob}, \quad (1)$$

$$\mathbf{T}_{pro} = \mathbf{V}_{ob} \mathbf{X}_{for}. \quad (2)$$

即将观测场 \mathbf{X}_{ob} 分解为空间向量 \mathbf{V}_{ob} 和时间向量 \mathbf{T}_{ob} ,再以 \mathbf{V}_{ob} 为基底,将 44 年模式预测场 \mathbf{X}_{for} 投影到上述空间模态上,即得到模式预测场的该模态的预测时间系数 $\mathbf{T}_{pro} = \mathbf{V}_{ob} \mathbf{X}_{for}$ 。然后分析观测与模式对应模态的时间系数之间的关系,寻求对模式预测时间系数的订正来提高预测效果。具体步骤如下:

① 由于观测场前 10 个模态的方差总贡献已达到 91%,故只对前 10 个模态进行修正。针对各个模态,分析观测场该模态的时间系数与对应的模式预测场该模态时间系数之间的统计关系,建立最优子集回归订正模型。

② 以预测年的每个模态的时间系数为标准,对于模式预测结果不理想的模态,将基于最优子集回归订正的预报值最为接近的 5 年作为相似年,取 5

个相似年的观测场的时间系数的平均值作为该年该模态相似预测的时间系数的预测订正值。

本订正方案的主导思想是对于模式集合预测水平较高的模态,其时间系数仍采用模式预测值,而对于预测水平较低的模态,则进行统计预测订正。这里试用了最优子集回归和相似两种统计方法。订正方案流程如图 1 所示。

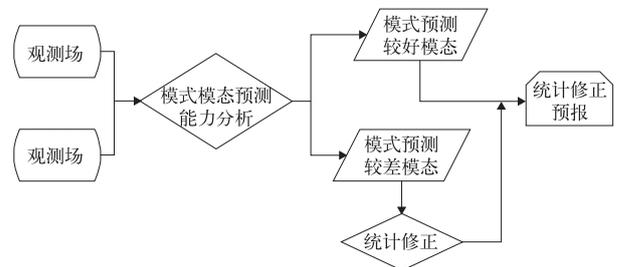


图 1 模式订正方案流程图
Fig. 1 Frame of the correction scheme

2 模式预测效果检验

首先利用 EOF 分解对 1958—1991 年北半球中高纬度地区观测的 500 hPa 高度场进行分解,得到一组正交基(空间模态)和相应的时间系数。然后,将 1958—1991 年模式对 500 hPa 高度场的预测场投影到上述正交基上,得到与模式预测的高度场相关的一组时间系数。最后,针对同一基向量,通过计算观测场时间系数与模式预测场时间系数之间的相关系数来分析模式本身对高度场的预测效果。由表 1 可见,模式对第 1、第 4、第 5、第 8、第 10 模态的预测效果较好,而对其他模态的预测能力较弱,相应模式预测与观测的时间系数之间的相关系数低于 0.1。从相关检验的结果来看,模式对前 10 个模态的预报能力并非按照模态方差贡献的大小排列,有可能出现后面的方差贡献较小的模态的预报效果好于方差贡献较大的模态。

表 1 冬季 500 hPa 高度场模式预测与观测场 EOF 前 10 个模态的相关系数

Table 1 Correlation coefficients between the leading 10 EOF modes of the model predictions and observations

模态	时间相关系数	累积方差贡献率/%
1	0.440	35
2	0.075	49
3	0.082	60
4	0.510	69
5	0.120	75
6	-0.333	80
7	0.087	83
8	0.290	86
9	-0.211	89
10	0.120	91

3 统计订正效果

3.1 基于最优子集回归的订正

Zeng 等^[30]提出了利用 EOF 分解进行预报订正的方法。首先对观测场和预测场都进行 EOF 分析,在假定其模态差别不大的前提下,利用观测场的模态替代模式预测场的模态,从而减少预测和观测在异常模态方面的差异。Yun 等^[31]对 EOF 订正方法作了进一步的改进,在替换两者模态的同时,利用多元回归分析方法,以预测场时间系数来拟合观测场的时间系数,从而对预测场时间系数进行进一步订正。该订正方法被应用在多模式集合方法中,证明对集合结果有明显改进作用。由于模态数越多,截断误差越小,但相应的预报误差可能增加。因此本文通过交叉检验选取最佳模态数,确定最佳模态数后,以预测场前 10 个模态的时间系数作为因子集,以最优子集回归的方法从该因子集中选取因子对观测场该模态实际时间系数建立统计预测方程,并由此对目标年份作出预测。

图 2 为 1958—1991 年基于最优子集回归订正的交叉检验的观测与预测之间的距平相关系数分布同观测和模式预测场所选模态数的关系,横坐标为修正时引入的观测场 EOF 分解模态数,纵坐标为引入的模式预测场 EOF 分解模态数。由图 2 可知,当模式预测场 EOF 分解模态取 7 个、观测场取 4 个时,距平相关系数值最大,预报效果最好。由此在独立预报时采用此最佳模态数。虽然 1958—1991 年拟

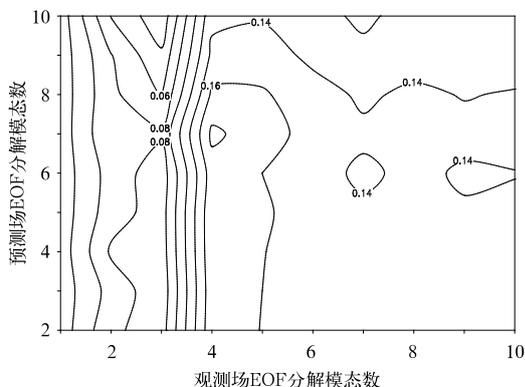


图 2 1958—1991 年基于最优子集回归订正的交叉检验距平相关系数与模态数关系
Fig. 2 Variation of anomaly correlation coefficients with the numbers of EOF modes during OSR cross-validating experiment from 1958 to 1991

合预报对每个模态的预报水平远高于原模式预报(图略),但在交叉检验中,其对较差模态的预报效果改善不大。对 1992—2001 年进行独立试报时,订正后模式预报效果得到提高的年份为 3 年,其余年份均低于原模式预测,距平相关系数的 10 年平均值为 0.09,低于原模式的 0.13。可见,基于最优子集的回归订正方法没能改进原模式预报技巧。

3.2 DAP-OSR 订正

相似订正方案流程如图 3 所示,以每年最优子集回归得到的模态预测时间系数为标准选取相似年,将 1958—1991 年中相似年份的观测场作为相应的预测值。首先计算得到作为相似标准的时间系数值,对 1958—1991 年的模态时间系数进行交叉检验,即在计算时将预测年份的观测场剔除,利用剩余 33 年的观测场和模式预测场建立回归方程并计算得到预测年的结果。对 1992—2001 年模态时间系数的预测则采用 1958—1991 年资料建立的回归方程来计算。

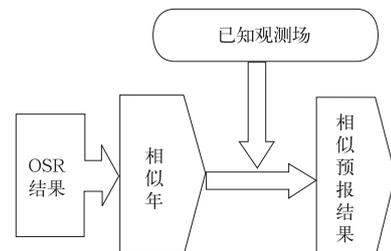


图 3 基于最优子集回归的相似订正方案流程图
Fig. 3 Frame of OSR-DAP correction scheme

以模态时间系数之差的绝对值最小的 5 个年份作为预测年的相似年,并取相似年对应的观测场模态时间系数的平均作为预测年模态时间系数的订正值。对于 1958—1991 年模式模态时间系数与相应观测值的距平相关系数小于 0.1 的模态时间系数用相似方法得到的时间系数代替,即为订正后的时间系数。对 1958—1991 年进行交叉检验结果如图 4 和图 5 所示。34 年中模式预报效果得到提高的年份为 22 年,占总年份数的 65%,模式距平相关系数的 34 年平均值由 0.14 提高到 0.18。从图 5 可以看出,模式订正效果有明显的随时间变化的趋势,前 17 年中 20 世纪 60 年代末至 70 年代初的订正效果不理想,得到改善的年份较少;而后 17 年的订正效果较好,有改进的年份明显多于前 17 年。1992—2001 年独立试报的结果如图 6 和图 7 所示,10 年中模

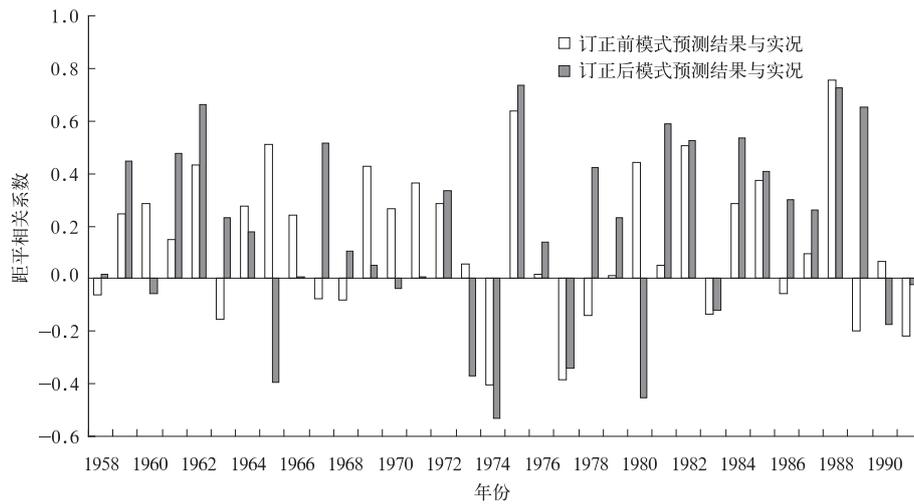


图 4 1958—1991 年交叉检验中的距平相关系数对比

Fig. 4 The anomaly correlation coefficients of cross-validating from 1958 to 1991

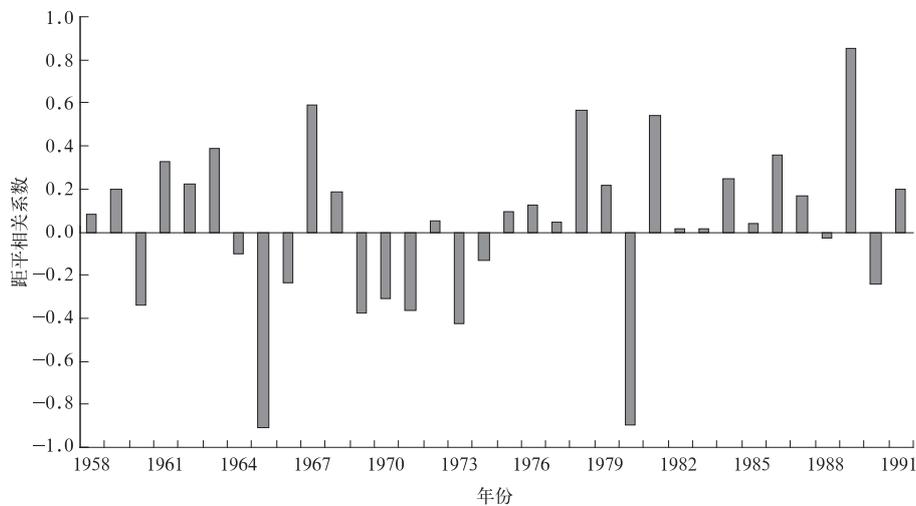


图 5 1958—1991 年交叉检验中相似订正后和订正前模式预测结果与实况距平相关系数之差

Fig. 5 Differences of anomaly correlation coefficient between the observed and those by DAP-OSR cross-validating and the raw model from 1958 to 1991

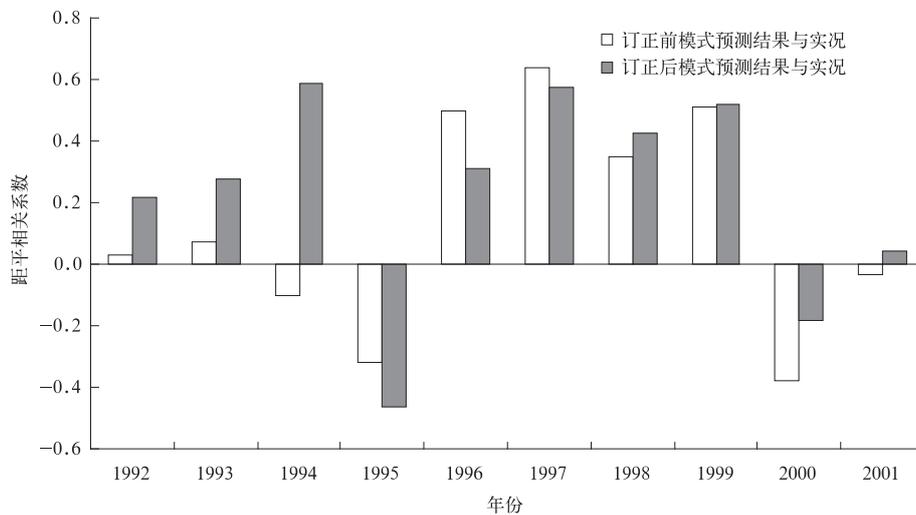


图 6 1992—2001 年独立预报中距平相关系数对比

Fig. 6 Anomaly correlation coefficients of independent prediction from 1992 to 2001

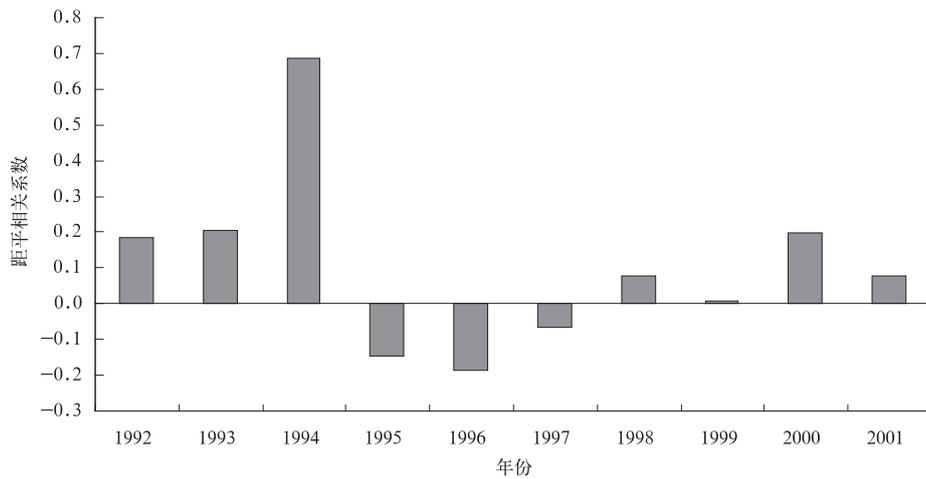


图 7 1992—2001 年独立预报中相似订正后和订正前模式预测结果与实况的距平相关系数之差

Fig. 7 The advance of anomaly correlation coefficients by analogue correction scheme of independent prediction from 1992 to 2001

式预报效果得到提高的年份为 7 年,其中 6 年有较为明显的改进,而其余 3 年低于原模式预报效果,有改善的年份占总年份数的 70%。1992—2001 年模式预测场与观测场之间距平相关系数的 10 年平均值为 0.13,基于最优子集回归订正的相应距平相关系数为 0.09,而在最优子集回归基础上再经相似订正的距平相关系数为 0.23,距平相关系数由 0.13 提

高到 0.23,平均每年提高 0.1。可见,DAP-OSR 的订正方法能够比较显著地改进模式预报效果。

订正效果的空间分布如图 8 所示,订正前模式预测效果较好的区域基本都得到了保持和扩大。以往研究表明,与赤道地区相比较,数值预报模式对中高纬度地区的预报效果较差,而本方案的订正效果主要体现在中高纬度地区,值得进一步研究。

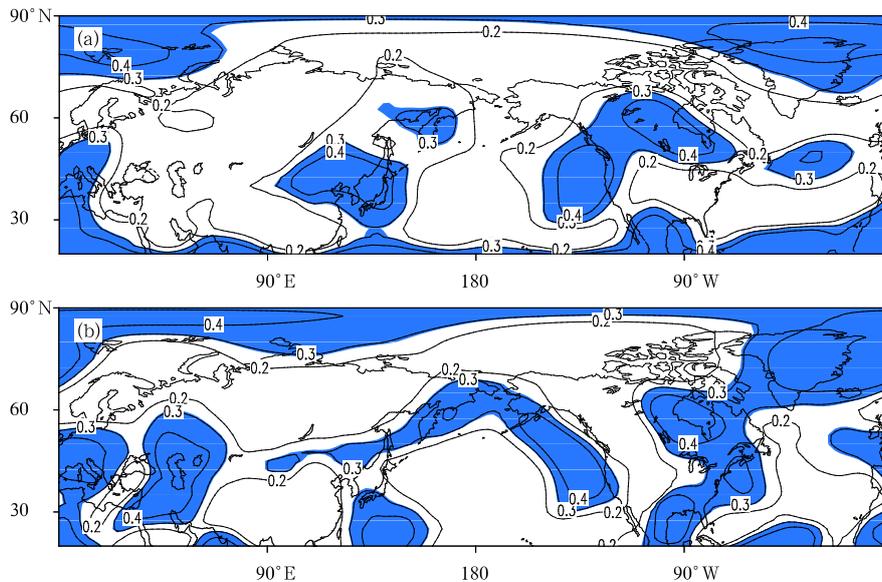


图 8 1958—1991 年 500 hPa 高度场观测场与相似订正前模式预报结果(a)及 DAP-OSR 预报结果(b)相关分布(阴影区域相关系数通过 0.05 水平的显著性检验)

Fig. 8 The correlation coefficients of observations to predicted 500 hPa height fields by the raw model(a) and DAP-OSR(b) from 1958 to 1991 (the shaded denotes passing the test of 0.05 level)

进一步分析发现,无论是独立预报还是交叉检验,得到改善的年份多为模式预报效果不理想(尤其是距平相关系数为负值)的年份。一般认为,如果某个模式预报效果不理想或是不可预报的,使用确定性的订正效果也不理想。但本研究结果改进较明显,说明上述订正方法在某种程度上值得尝试。由于模式预测对观测的第2、第3模态的预报能力弱,而这两个模态对总方差的贡献大,即使存在很有效的订正方法,因模式本身包含的信息不够或有误,也不能对模式预测有较好的改进,故整体预报技巧仍不高。所以为进一步改进预测效果,有必要对模式预测效果较差的历史样本进行统计分析,寻找相应的外强迫异常特征,以对原模式预报效果较差的模态进行有效的统计订正。

4 统计订正方案的机理分析

从本文结果看,基于相似的订正方法效果要好于最优子集回归订正方法。

最优子集回归订正方法是利用预测场模态与观测场模态之间的线性相关对观测场模态进行预报。从订正结果来看,这种线性相关在独立预报中并不足以提高模式的预报效果。这一点在以往的研究中已得到证实^[18]:基于线性回归的模态订正方法对于降水预测有较好的订正效果,而对于高度场预测和温度场预测订正效果则较差。

考虑到即使是预报水平较差的模态,模式预测值仍是模式模态发展变化的结果,基于模式预测与观测之间的对应关系,以每个模态的最优子集回归值作为判断标准选取相似年份,用相似年份观测场时间系数的平均值作为统计预报值。该方法与最优子集回归方法相比同样是利用了预测场与观测场之间的相关关系,但这种相似方法并非直接利用线性相关对观测场进行计算,而是利用线性相关计算结果寻找相似年。

由前面的结果可以看出,线性回归方法本身不能改善较差模态的预报效果,但可以将其看作一个投影,将预报场投影到与观测场线性相关性较强的新预测场上,对于新预测场中预测值接近的两个年份中观测场与模式预测结果线性相关的过程也是接近的,由此可以根据预测年的新预测值选取一定的相似年份。相似年份的观测场可以看做是叠加在线性相似物理过程上的非线性扰动所得到的结果,这

样对所有相似年份的观测值求平均,就可以利用相似年份观测场中能够用来预测的非线性信息,得到一个类似于集合预报的效果。从1958—1991年交叉检验及1992—2001年的独立预报各个模态的相似结果来看(图略),该方法对于模式预报效果有一定提高,但预报技巧有明显的时间变化,如1958—1991年中,前17年的预报效果不理想,而后17年的预报效果很好。

5 结论与讨论

本文利用动力与统计相结合的方法对DEMETER计划中Météo France集合模式在冬季北半球中高纬度地区500 hPa高度场的预测结果进行了统计订正,并在此基础上进行了独立预报,结果如下:

1) 数值预报模式对观测模态的预测能力并非随模态数的增加而递减,方差贡献较小模态的预报效果有可能好于方差贡献较大的模态。

2) 基于最优子集的回归订正方法未能改进原模式预报技巧。这说明模式预测场EOF分解得到的模态时间系数与观测场模态时间系数之间的线性相关性并不足以直接改善较差模态的模式预报结果。

3) 在最优子集回归基础上再经相似误差订正的方法能够改进模式预测效果。

本研究集模式与统计预测优点的预测思路,针对模式预报效果差的模态进行统计订正;将基于最优子集回归的线性修正与非线性相似修正结合起来的订正方案,利用线性结果寻找非线性相似订正。本文结果证明这种思路是可行的,但由于模式预测对观测场的第2、第3模态的预报能力弱,而这两个模态对总方差的贡献大,即使存在有效的订正方法,但因模式本身包含的信息不够或有误,也不能对模式预测有较好的改进。因此,总体预测水平仍不高,为进一步改进预测效果,有必要对模式预测效果不理想的模态相应的历史样本进行统计分析,寻找相应的外强迫异常特征,以对订正前模式预报效果较差的模态进行更有效的统计订正。

参考文献

- [1] 丑纪范,徐明.短期气候数值预测的进展和前景.科学通报,2001,46(11):890-895.
- [2] 肖子牛.我国短期气候检测预测业务进展.气象,2010,36(7):

- 21-25.
- [3] 陈伯民, 纪立人, 杨培才, 等. 改善月动力延伸预报水平的一种新途径. *科学通报*, 2003, 48(5): 513-520.
- [4] 王会军, 张颖, 郎咸梅. 论气候预测的对象问题. *气候与环境研究*, 2010, 15(3): 225-228.
- [5] 艾晔秀, 孙林海, 宋文玲. NCC_CGCM 产品对长江中下游夏季降水预报的释用. *应用气象学报*, 2010, 21(4): 484-490.
- [6] 刘绿柳, 孙林海, 廖要明, 等. 基于 DERF 的 SD 方法预测月降水和极端降水日数. *应用气象学报*, 2011, 22(1): 77-85.
- [7] 邱崇践, 丑纪范. 天气预报的相似-动力方法. *大气科学*, 1989, 13(1): 22-28.
- [8] 黄建平, 王绍武. 相似-动力模式的季节预报试验. *中国科学 B 辑*, 1991, 21(2): 216-224.
- [9] Zeng Qingcun, Zhang Banglin, Yuan Chongguang, et al. A note on some methods suitable for verifying and correcting the prediction of climate anomaly. *Adv Atmos Sci*, 1994, 11(2): 121-127.
- [10] Feddersen H, Navarra A, Ward W N. Reduction of model systematic error by statistical correction for dynamical seasonal predictions. *J Climate*, 1999, 12(7): 1974-1989.
- [11] 鲍名, 倪允琪, 丑纪范. 相似-动力模式的月平均环流预报试验. *科学通报*, 2004, 49(11): 1112-1115.
- [12] 柯宗建, 张培群, 董文杰, 等. 最优子集回归方法在季节气候预测中的应用. *大气科学*, 2009, 33(5): 994-1002.
- [13] 任宏利, 丑纪范. 统计动力相结合的相似误差订正法. *气象学报*, 2005, 63(6): 988-993.
- [14] 丑纪范, 任宏利. 数值天气预报——另类途径的必要性和可行性. *应用气象学报*, 2006, 17(2): 240-244.
- [15] 郑志海, 封国林, 丑纪范, 等. 数值预报中自由度的压缩及误差相似性规律. *应用气象学报*, 2010, 21(2): 139-148.
- [16] 任宏利, 张培群, 李维京, 等. 基于多个参考态更新的动力相似预报方法及应用. *物理学报*, 2006, 55(8): 4388-4396.
- [17] 任宏利. 动力季节预测中预报误差与物理因子的关系. *应用气象学报*, 2008, 19(3): 276-286.
- [18] 秦正坤. 短期气候数值预测的误差订正和超级集合方法研究. 南京: 南京信息工程大学, 2007.
- [19] Chen H, Lin Z H. A correction method suitable for dynamical seasonal prediction. *Adv Atmos Sci*, 2006, 23(3): 425-430.
- [20] 任宏利, 丑纪范. 数值模式的预报策略和方法研究进展. *地球科学进展*, 2007, 22(4): 376-385.
- [21] 任宏利, 丑纪范. 动力相似预报的策略和方法研究. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2007, 37(8): 1101-1109.
- [22] 任宏利. 短期气候预测中基于预报因子的误差订正方法研究. *自然科学进展*, 2007, 17(12): 1651-1656.
- [23] 魏凤英, 黄嘉佑. 大气环流降尺度因子在中国东部夏季降水预测中的作用. *大气科学*, 2001, 34(1): 202-212.
- [24] 王启光, 封国林, 郑志海, 等. 长江中下游汛期降水多因子组合客观定量预测研究. *大气科学*, 2011, 35(2): 287-297.
- [25] 郑志海, 任宏利, 黄建平. 基于季节气候可预报分量的相似误差订正方法和数值实验. *物理学报*, 2009, 58(10): 7359-7367.
- [26] Adam J C, John S K, David J S, et al. Probabilistic precipitation forecast skill as a function of ensemble size and spatial scale in a convection-allowing ensemble. *Mon Wea Rev*, 2010, 139(5): 1410-1418.
- [27] Hai Lin, Gilbert B. Seasonal forecasts of Canadian winter precipitation by post processing GCM integrations. *Mon Wea Rev*, 2008, 136(3): 769-783.
- [28] Takemasa M. The Gaussian approach to adaptive covariance inflation and its implementation with the local ensemble transform Kalman filter. *Mon Wea Rev*, 2010, 139(5): 1519-1535.
- [29] Yun W T, Stefanova L, Mitra A K, et al. Multi-model synthetic super ensemble algorithm for seasonal climate prediction using DEMETER forecasts. *Tellus*, 2005, 57: 280-289.
- [30] Zeng Qingcun, Zhang Banglin, Yuan Chongguang, et al. A note on some methods suitable for verifying and correcting the prediction of climate Anomaly. *Adv Atmos Sci*, 1994, 11(2): 121-127.
- [31] Yun W T, Stefanova L, Mitra A K, et al. Multi-model synthetic superensemble algorithm for seasonal climate prediction using DEMETER forecasts. *Tellus*, 2005, 57: 280-289.

Statistical Correction for Dynamical Prediction of 500 hPa Height Field in Mid-high Latitudes

Tan Guirong¹⁾ Duan Hao¹⁾ Ren Hongli²⁾

¹⁾ (*Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044*)

²⁾ (*National Climate Center, Beijing 100081*)

Abstract

In terms of the Météo France model data of DEMETER project, the performance of ensemble forecast system at 500 hPa height field of winter in mid-high latitudes (20° — 90° N) is studied, then both optimum subset regression (OSR) and dynamical analogue prediction (DAP) method are used to improve the model prediction. First, empirical orthogonal function (EOF) analysis is applied to investigate the observed 500 hPa height field of 1958—1991. The time coefficients of different modes for the numerical model are calculated by projecting the model data onto the observed EOF basement. Then the performance of the model modes based on empirical orthogonal function (EOF) of observations is examined by calculating the anomaly correlation coefficient (ACC) between the time coefficients of the leading 10 model and observed EOF modes. Next, the optimum subset regression (OSR) experiential model is established to advance the model prediction on the modes, which are predicted by the numerical modes with very low skill (i. e. , low skill modes). Finally, the mean time coefficients of 5 observed similarity years on each low skill mode are substituted for those of the model prediction, where the similarity year is defined as its time coefficient estimated by OSR has minor difference from that of the prediction year. In this way, the analogue method is employed to correct the model prediction on OSR basis, namely, OSR-based analogue method. The results suggest that the prediction ability of the mode accounting for less variance may be higher than the mode with more variance, such as the 2nd and 3rd EOF modes have low skill but with large variance contribution to total variance of the model field. OSR fails in advancing the model prediction. The DAP method based on OSR (DAP-OSR) shows a possibility of improving the prediction techniques with ACC increasing 0.1 by correcting the bad modes of model while OSR fails.

Correcting the dynamic prediction by combing the advantages of the numerical models and statistic methods, the nonlinear analogue method based on linear OSR shows a possibility of improving the prediction techniques by correcting the EOF modes, which are predicted by the numerical modes with very low skills. However, since the numerical model has a poor capability in representing the 2nd and 3rd EOF modes of the observation which account for large percent of total variance, and the forecast ability can not be improved effectively because the model prediction information is not enough or incorrect. Therefore, it is necessary to make further analysis on the samples of the modes, predicted with low skill by the numerical model, and the corresponding external forcing. The external forcing might be more effective to improve the correction for such modes with low skill.

Key words: seasonal prediction; 500 hPa height field in mid-high latitudes; dynamical prediction; statistical correction