

利用多时次资料的 EOF 迭代温度长期预报

李跃清 童文林

(成都高原气象研究所, 610072)

提 要

考虑多时次历史资料, 基于 EOF (经验正交函数) 迭代方案, 将观测事实与统计方法结合, 建立预报因子与预报对象的联系, 开展长期预报试验。对四川盆地夏季温度的预报表明: 这种容纳多时次资料、基于 EOF 迭代的物理-统计预报方法是一种有效的长期预报途径。

关键词: EOF 迭代 多时次历史资料 长期预报

引 言

长期预报, 尤其是月、季、年际旱涝预报, 已成为气象界普遍关注和致力研究的重要课题。目前, 长期天气预报方法, 主要包括经验方法、统计方法、动力方法和动力统计方法, 但预报准确率很低^[1]。因此, 探索具有物理基础, 经验、统计、动力相结合的综合预报方法是十分必要的。

顾震潮早在 50 年代就指出了数值预报只用一个初始场而经验预报运用前期多个时次资料的差异^[2]。进一步的工作表明: 利用多时次资料的预报模式具有一定预报能力^[3]。邱崇践、丑纪范、黄建平等提出了一种相似-动力长期预报模式, 不仅具有距平模式的优点, 而且还保留了隔季的韵律关系^[4, 5]。

由于相似、韵律、遥相关、非同步联系等是大气系统普遍存在的现象规律。因此, 如何在长期预报方法中描述和反映这些事实和规律, 在理论及应用上都有重要意义。我们根据文献^[6]提出的一种新的统计预报方法——EOF 迭代方案, 并考虑多时次历史资料, 将观测事实和经验与统计方法相结合, 进行了四川盆地月温度的长期预报, 结果令人鼓舞。

1 基本原理

张邦林、丑纪范等设计了一种 EOF 迭代

方案, 并由此用前期大气环流预报中国夏季降水, 初步表明这种统计预报方法是可行的^[6]。本文考虑多时次历史资料, 进行了进一步应用研究。

设预报对象的矩阵 $P_d = \begin{bmatrix} P_{d1} & P_{d2} \\ M1 \times M1 & M1 \times 1 \end{bmatrix}$, 预报因子的矩阵 $P_r = \begin{bmatrix} P_{r1} & P_{r2} \\ M2 \times N1 & M2 \times 1 \end{bmatrix}$, 这里, $N = N1 + 1$, $M1$ 是预报对象的空间格点数, $M2$ 是预报因子的数目, N 是预报对象和预报因子的时间序列长度。但在时间上, 两者存在非同步性。

利用 EOF 迭代进行长期预报的方法是: 将 P_r, P_d 按下列形式放置

$$P_{M \times N} = \begin{bmatrix} P_{d1} & P_{d2} \\ M1 \times N1 & M1 \times 1 \\ P_{r1} & P_{r2} \\ M2 \times N1 & M2 \times 1 \end{bmatrix}$$

式中 $N = N1 + 1, M = M1 + M2$ 。矩阵 $P_r = \begin{bmatrix} P_{r1} & P_{r2} \\ M2 \times N1 & M2 \times 1 \end{bmatrix}$, P_{d1} 可由历史资料给出, 而矩阵 P_{d2} 则是我们要通过迭代而得到的未知的预报对象。首先, 令 $P_{d2} = \begin{bmatrix} 0 \\ M1 \times 1 & M1 \times 1 \end{bmatrix}$, 则构造

$$P^{(0)}_{M \times N} = \begin{bmatrix} P_{d1} & 0 \\ M1 \times N1 & M1 \times 1 \\ P_{r1} & P_{r2} \\ M2 \times N1 & M2 \times 1 \end{bmatrix}$$

其中, 0 是零矩阵即迭代初值为零。对

矩阵 $P^{(0)}$ 进行 EOF 展开, 得到 $P^{(0)}$ 的拟合场为

$$\hat{P}^{(0)} = T^{(0)} \cdot V^{(0)} = \begin{pmatrix} \hat{P}_{d1}^{(0)} & \hat{P}_{d2}^{(0)} \\ \hat{P}_{r1}^{(0)} & \hat{P}_{r2}^{(0)} \end{pmatrix}$$

式中 $K^{(0)}$ 为第零步迭代的截断阶数, 构造矩阵

$$P^{(1)} = \begin{pmatrix} P_{d1} & \hat{P}_{d2}^{(0)} \\ P_{r1} & P_{r2} \end{pmatrix},$$

对 $P^{(1)}$ 再作 EOF 展开, 得到拟合场

$$\hat{P}^{(1)} = T^{(1)} \cdot V^{(1)} = \begin{pmatrix} \hat{P}_{d1}^{(1)} & \hat{P}_{d2}^{(1)} \\ \hat{P}_{r1}^{(1)} & \hat{P}_{r2}^{(1)} \end{pmatrix}$$

又构造矩阵

$$P^{(2)} = \begin{pmatrix} P_{d1} & \hat{P}_{d2}^{(1)} \\ P_{r1} & P_{r2} \end{pmatrix},$$

作 EOF 展开求拟合场, 一直到第 $n-1$ 步迭代后, 构造矩阵

$$P^{(n)} = \begin{pmatrix} P_{d1} & \hat{P}_{d2}^{(n-1)} \\ P_{r1} & P_{r2} \end{pmatrix},$$

对 $P^{(n)}$ 进行 EOF 展开则

$$\hat{P}^{(n)} = T^{(n)} \cdot V^{(n)} = \begin{pmatrix} \hat{P}_{d1}^{(n)} & \hat{P}_{d2}^{(n)} \\ \hat{P}_{r1}^{(n)} & \hat{P}_{r2}^{(n)} \end{pmatrix}$$

当范数 $\|\hat{P}_{d2}^{(n)} - \hat{P}_{d2}^{(n-1)}\| < \epsilon$ 时^[6], $\hat{P}_{d2}^{(n)}$ 即为所需预报的预报对象所构成的矩阵。文献

[6] 及我们进行的大量数值试验都表明: 这种 EOF 迭代方案是收敛的。

需要说明的是: 预报因子数目 $M2$ 包含有因子种类和历史时次两层含义。矩阵 P_r 的每一行代表的是某一历史时次的某种预报因子的时间序列。这种预报方法一般有 4 种形式: 即单预报因子单历史时次; 单预报因子多历史时次; 多预报因子单历史时次; 多预报因子多历史时次。

2 实际应用

利用 1968—1983 年四川盆地 30 个测站各月温度资料和 1967—1983 年美国国家冰雪资料中心的北半球冰雪覆盖资料。利用前期冬春欧亚大陆(未包括青藏高原地区)月平均雪盖面积距平预报了夏季 7 月四川盆地月平均温度距平值。

相关分析表明: 前期 10—12 月, 1—4 月欧亚大陆雪盖距平(量级 10^8 km^2) 与 7 月四川盆地温度有较好相关, 尤其是冬春与夏季之间两者具有明显非同步联系(见表 1), 这是我们长期预报的基础。

表 1 7 月气温 EOF 展开时间系数与前期雪盖相关系数

雪盖月份	10	11	12	1	2	3	4	5	6
第一时间系数	-0.41	-0.48*	-0.63***	-0.53**	-0.51**	-0.49**	-0.41	-0.34	-0.13
第二时间系数	0.40	0.31	0.23	0.48*	0.47*	0.37	0.42*	0.54**	0.47*

*、**、*** 分别表示超过 0.10、0.05、0.01 的显著性水平

根据上述基本原理, 以欧亚大陆雪盖距平为预报因子进行了温度长期预报。在迭代过程中, 为便于实际应用, 规定: 迭代次数为 10 时停止迭代。显然, 这种 EOF 迭代预报本身就是独立预报。

为检验预报效果, 我们用预报场与实况场的距平符号相关系数 ρ 为标准, 表达式为

$$\rho = \frac{\rho_+ + \rho_0 + \rho_-}{M1}$$

其中, ρ_+ 、 ρ_- 、 ρ_0 分别为预报场与实况场中距平同为+、-、零距平的站点数, $M1 = 30$ 为总站点数。

图 1 给出了不同截断阶数 K 下, 分别考虑前 3 个(12—2 月)、4 个(12—3 月)、5 个(12—4 月)、6 个(12—5 月)、7 个(12—6 月) 历史时次雪盖距平为预报因子时, 1979—1983 年 5 年平均的符号相关系数 ρ 的变化。由此看到: 对于不同多时次预报因子, $K=1$,

2,3时,预报效果较好,尤其是 $K=2$ 时明显优越于其它情况。而对于不同的截断阶数 K ($K \leq 10$),一般考虑前期12—4月5个月雪盖作为预报因子效果较好,图2从另一个侧面说明了这些特征。总之,当截断阶数 $K \leq 3$ 时,预报效果较好, $K > 3$ 时,预报效果下降,符号相关系数在0.5附近波动。而 $K=2$ 时,考虑前期12—4月5个月的雪盖距平(即5个预报因子),预报效果最理想。

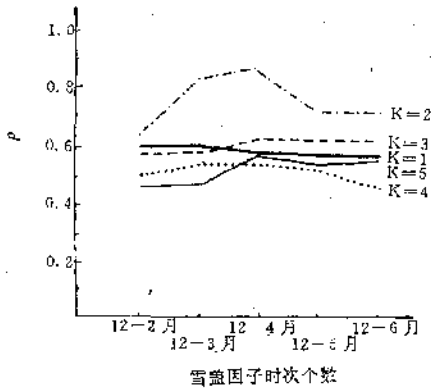


图1 1979—1983年平均符号相关系数(ρ)与雪盖因子个数
 K 为截断阶数

表2 7月温度距平预报场的符号相关系数 ρ

年份	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	平均
ρ	0.60	0.63	0.50	0.80	0.67	0.77	0.80	0.73	0.97	1.00	0.75

另外,从10年来看,多数情况下,预报准确率(符号相关系数)随着迭代次数 n 的增加而增加。

3 讨论

这种基于EOF迭代的长期预报方法是一种有特色的方法^[6],考虑引入多时次历史资料作为预报因子,将会收到更好的效果。应用表明:本文提出的EOF迭代多时次因子的长期预报方法,具有较高的预报能力。其优越性在于:能较好地应用历史资料中的信息,引入经验法则、观测事实、气象现象规律等,根据预报对象与预报因子的物理联系,可作出

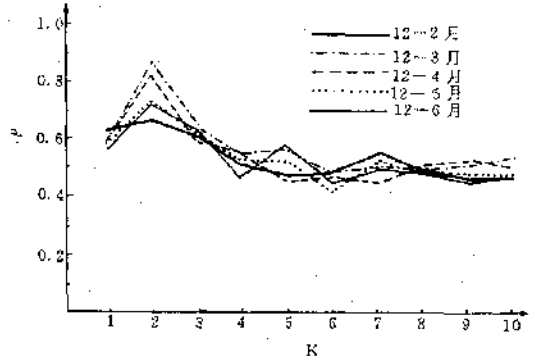


图2 不同雪盖因子数下1979—1983年平均符号相关系数(ρ)与迭代截断阶数(K)

表2给出了利用12—4月雪盖因子、截断阶数 $K=2$,通过EOF迭代对1974—1983年四川盆地30个测站7月温度距平的预报情况。10年平均符号相关系数达到0.75。由此可知,应用12—4月雪盖距平,通过这种长期预报方法预报未来7月温度距平,收到了稳定而较好的效果。从分布上看,不仅距平符号,而且距平区的强度都相当一致。并且,具有2个月提前期。图3给出了符号相关系数接近10年平均情况的1977、1980年的预报场和实况场。

不同时间尺度的长期预报。而且,具有EOF展开的各种优点,能同时作出单点和区域预报。原则上,适合于不同台站、不同地区,只要有效考虑当地长期天气的影响过程和因子,与EOF迭代方案结合,就可找到较好的预报途径。对大范围区域,可根据预报因子与预报对象关系显著的地区性,分区进行。总之,该方法具有较大应用价值。

当然,长期天气异常的物理基础是这种方法的关键所在。随着对影响长期天气物理过程和因子的认识,这种方法将会得到更有效地改进和应用。我们正开展将海温、地温等

因子引入 EOF 迭代方案,制作温度、降水长

期预报,已收到初步效果。

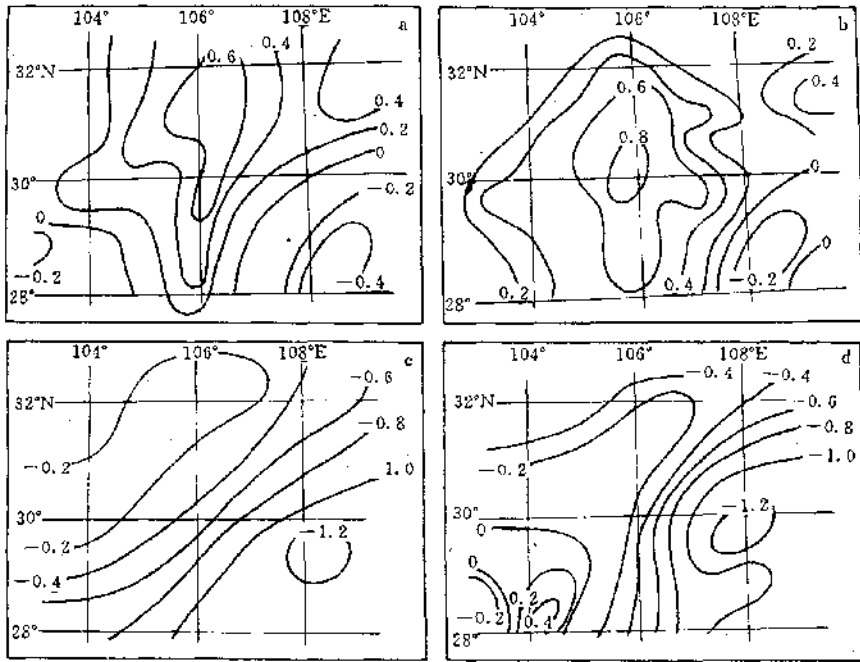


图3 四川盆地30站7月温度距平预报场
(a. 1977年, c. 1980年)和实况场(b. 1977年, d. 1980年)

参考文献

- 1 周家斌等. 旱涝预测方法的现状. 旱涝气候研究进展. 北京: 气象出版社, 1990: 134—142.
- 2 顾震潮. 天气数值预报中过去资料的使用问题. 气象学报, 1958, 29(3): 176—186.
- 3 丑纪范. 长期数值天气预报. 北京: 气象出版社, 1986: 190—247.

- 4 邱崇践等. 动力统计长期数值天气预报的进展. 北京: 科学出版社, 1989: 88—94.
- 5 黄建平. 利用相似-动力模式进行季节预报试验. 中国科学B辑, 1991, 21(2): 216—224.
- 6 张邦林等. 用前期大气环流预报中国夏季降水的 EOF 迭代方案. 科学通报, 1991, 36(23): 1797—1798.

Long-range Temperature Forecast with Multi-time Historical Data Based on EOF Iteration Scheme

Li Yueqing Tong Wenlin

(Chengdu Institute of Plateau Meteorology, 610072)

Abstract

With multi-time snow cover data over Eurasian continent and based on the empirical orthogonal function (EOF) iteration scheme, some experiments of long-range temperature forecast are done for 30 stations in Sichuan Basin in July. The results show that the physical-statistical method with multi-time historical data has an enormous potential in long-range forecast based on EOF iteration scheme.

Key Words: EOF iteration multi-time historical data long-range forecast