

湖南省夏季旱涝预报模型研究及试报

罗伯良

朱明辉

(湖南省气象台,长沙 410007)

(湖南省气象科技开发中心)

提 要

利用自然正交函数(EOF)和最优子集回归(OSR)两种统计方法建立了统计预报模型,既抓住了预报对象的主要特征,又考虑了预报成因的最优组合。试报结果表明,EOF-OSR 预报模型是一种有一定价值的统计预报模型。

关键词: EOF-OSR 模型 旱涝 预报

引 言

湖南是一个农业大省,地处东亚季风气候区,降水年际变率大,气候灾害频繁,其中汛期尤其是6~8月的旱涝直接影响农业的收成和经济的持续发展,这一时期的旱涝预报是各级领导在每年春季就非常关切的问题。因此,在研究旱涝成因的基础上,建立客观的旱涝预测模型,不断提高旱涝预测准确率是气象工作者孜孜以求的目标。众所周知,由于天气噪声的存在,做出完全准确的气候预测是不可能的,不管用什么方法去预报未来的气候,都只能预报气候的部分特征,旱涝气候预测亦如此。所以,旱涝趋势空间分布的

最大特征预报是本文着力要解决的问题。关于旱涝预测方法目前有经验方法、统计方法和动力学方法,本文旨在建立一种统计预报模型,通过预报夏季降水距平百分率分布来达到预报旱涝趋势。

1 资料与方法

本文所用的资料为业务工作中常用的资料,即北半球500hPa高度场576点网格资料和西北太平洋海水表面温度286点网格资料,时间均为1960~1997年。季(6~8月)降水资料,其时间序列从1961~1997年,代表站取29个,同文献[1]。

本文主要是应用自然正交函数分析(EOF)和最优子集回归(OSR)两种方法建立一种统计预报模型,即 EOF-OSR 预报模型。下面对这两种方法做扼要介绍。

自然正交函数(EOF)方法是将气象要素场分解为不随时间变化的空间函数部分(特征向量)和与空间无关的时间函数部分(时间系数),其中特征向量是由气象要素场本身特点决定,故它能反映气象要素场的主要特征。因 EOF 展开方法收敛速度快且前几个特征向量场具有相对稳定性特性,所以只要做出前几个特征向量场对应的时间系数预报,就可以预测出气象要素场在空间上的主要变化特征。

最优子集回归(OSR)(或称所有可能的子集回归),即采取合理途径,穷尽所有预报因子的搭配,如有 P 个因子,先得到 $2^P - 1$ 个可能回归,然后按一定准则,挑出一个最优的回归,最优子集回归计算量按因子个数呈指数增加,为节省计算量,减少存贮量和减小计算误差,Furnival-Wilson 于 70 年代设计出计算速度快、误差小、内存容量相对要求较小的所谓 Furnival-Wilson 算法。有关子集回归详细算法,这里不再赘述。

EOF-OSR 统计预报模型的预报步骤是:

第一,对气候场 X 的 n 年样本资料做 EOF 分析,选取前 m 个典型场作为模型预报

$$T_1 = -5250.983 - 14.43x_1 + 50.118x_2 - 57.187x_3 + 140.133x_4$$

复相关系数为 0.82

$$T_2 = -2876.287 + 5.766x_5 + 4.609x_6 + 52.429x_7 - 43.432x_8 + 42.459x_9$$

复相关系数为 0.78

$$T_3 = 741.040 - 3.513x_{10} - 2.516x_{11} - 39.903x_{12} + 32.493x_{13}$$

复相关系数为 0.80

$$T_4 = -306.310 - 2.418x_{14} + 3.790x_{15} + 2.523x_{16} - 4.471x_{17} + 17.234x_{18}$$

复相关系数为 0.83

$$T_5 = 1292.305 - 10.136x_{19} - 1.387x_{20} - 26.387x_{21}$$

复相关系数为 0.69

参数,对应的时间系数作为下一步分析对象。

第二,利用 OSR 方法建立前 m 个典型场对应时间系数回归方程。

第三,根据时间系数回归方程预报出时间系数,最后用时间系数乘以相应的典型场求出要预报的气候场。

2 预报对象和预报因子

文献[1]指出,6~8 月降水距平百分率资料自然正交展开前 5 个特征向量占总方差的累积百分比达 80.2%,说明取前 5 个特征向量便可以较好地表示湖南夏季旱涝空间分布特征。所以,根据上面的分析,本文的预报对象转化为前 5 个特征向量对应的时间系数。

500hPa 环流和海温做为重要预报因子在短期气候预测中已得到普遍应用。根据预报时效要求,本文预报因子时段确定为上年 2 月至当年 2 月,通过计算各时间系数与逐月 500hPa 高度场、西太平洋海温的相关系数,选取相关系数通过 0.01 置信度且至少 4 点连续成片的区域平均值作为预报因子,共得到 5 组备选预报因子群。

3 统计预报模型

在上述计算基础上,用 Furnival-Wilson 算法计算预报因子所有可能的子集回归,用双评分准则^[2]确定最优子集回归,得到前 5 个时间系数定量回归方程如下:

其中: X_1 为上年 7 月(70°N, 140~150°E, 65°N, 135~145°E, 60°N, 140~150°E 和 55°N, 145°E)500hPa 高度平均值;

X_2 为上年 12 月(10°N, 60~100°E)500hPa 高度平均值;

X_3 为上年 6 月(30°N, 120~125°W, 25°N, 120~130°W, 20°N, 130~145°W 和 15°N, 135~140°W)海温平均值;

X_4 为上年 7 月(40°N, 125°W, 35°N, 125~130°W, 30°N, 125~135°W, 25°N, 130~145°W, 20°N, 135~155°W 和 15°N, 145~150°W)海温平均值。

X_5 为上年 8 月(75°N, 30~60°E)500hPa 高度平均值;

X_6 为上年 9 月(70°N, 10°E, 0~10°W 和 65°N, 5°E)500hPa 高度平均值;

X_7 为上年 6 月(20°N, 145~160°E)海温平均值;

X_8 为上年 12 月(50°N, 165°E 和 45°N, 160~170°E)海温平均值;

X_9 为当年 1 月(20°N, 150~160°E 和 15°N, 150°E)海温平均值。

X_{10} 为上年 6 月(70°N, 100~110°E; 65°N, 105~115°E 和 60°N, 100~110°E)500hPa 高度平均值;

X_{11} 为当年 1 月(60°N, 100~110°E 和 55°N, 95~115°E)500hPa 高度平均值;

X_{12} 为上年 8 月(20°N, 115~120°W 和 15°N, 110~115°W)海温平均值;

X_{13} 为当年 2 月(35°N, 180 和 30°N, 155°E~180)海温平均值。

其中 X_{14} 为上年 8 月(80°N, 0~20°W 和 75°N, 0)500hPa 高度平均值;

X_{15} 为上年 9 月(70°N, 180~170°W; 65°N, 175°E~175°W 和 60°N, 180)500hPa 高度平均值;

X_{16} 为上年 10 月(50°N, 70~80°E 和 45°N, 65~75°E)500hPa 高度平均值;

X_{17} 为上年 12 月(35°N, 55~65°E 和 30°N, 40~60°E)500hPa 高度平均值;

X_{18} 为上年 8 月(35°N, 140~150°W 和 30°N, 150~160°W)海温平均值。

其中 X_{19} 为上年 8 月(55°N, 45~65°W 和 50°N, 50~60°W)500hPa 高度平均值;

X_{20} 为当年 1 月(50°N, 0; 45°N, 5°E, 5°W 和 40°N, 0)500hPa 高度平均值;

X_{21} 为当年 2 月(5°S, 110~130°W)海温平均值。

为了较好地说明上述预报因子的天气气候学意义,从而阐明建立的预报模型具有一定的物理基础,将所有人选因子点到一张北半球图(图略)上。从图上看出,环流影响因子绝大多数分布在中高纬度和极地,其中格陵兰至新地岛、贝加尔湖北部及东西伯利亚为 3 个相对集中区,说明欧亚中高纬环流形势和极涡形态对湖南夏季降水的异常起着重要作用。这与最近一些研究^[3,4]指出长江中下游降水受中高纬环流和极涡影响很大之结论基本一致。非常有趣的是,低纬影响环流仅有印缅槽区域,表明低纬印缅槽区域环流异常与湖南夏季降水密切相关。尽管西太平洋副热带高压位置的季节变化及强度变化与湖南夏季降水息息相关,但入选的环流因子却没有反映,这如何解释?从海温影响因子分布来看,影响湖南夏季降水的海温关键区主要有加利福尼亚寒流和黑潮区,其次是亲潮和赤道东太平洋区。上述海区海温异常与长江中下游夏季降水及西太平洋副高的关系,过去已有很多研究^[5]。

从影响时效来看,所选因子多集中在 8 月、9 月和冬季(12 月~2 月),其中环流影响因子主要出现在 8~9 月,而海温影响因子主要出现在冬季,其次是夏季。预报因子与预报对象时滞长度为 3~12 个月,这个统计事实从一个侧面证实了目前气候可预报性研究指出的预报上限为 6~12 个月的科学性。

4 1998年试报情况

利用上述预报模型对1998年夏季(6~8月)降水进行了试报,预报与实况见图1。从实况图看,1998年湖南夏季降水分布特点显著,呈北多南少、北涝南旱,北部较常年偏多5成到1.5倍,多雨中心在平江、益阳、安化一线,发生了特大洪涝,南部较常年偏少1~4成,出现了夏旱。对照预报和实况图不难发现,北部的多雨区无论是空间范围还是降水距平百分率值大小都报得相当不错,洞庭湖区和西部偏北地区为两个相对多雨中心。但南部的少雨区报得较实况小了些。其可能原因首先是其EOF展开的前5个特征向量所占累积解释方差仅为80.2%,其次是1998年热带降水系统异常偏少,结果导致该模型

对南部降水范围预测偏大。为了客观地评估预报效果,用国家气候预测室多年来采用的短期气候预测评分标准,即

$$P = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{N + N_3 + N_4} \times 100\%$$

式中 P 为预报准确率, N 为参加评定的总站数($N=29$), N_1 为预报与实况距平符号相同的站数, N_2 为预报与实况距平符号不同但降水距平百分率绝对值 $<20\%$ 的站数, N_3 为预报与实况距平符号相同且降水距平百分率绝对值在 $20\% \sim 49\%$ 之间的站数, N_4 为预报与实况距平符号相同且降水距平百分率绝对值 $>50\%$ 的站数。经计算,1998年夏季(6~8月)降水预报准确率高达78.8%,效果令人满意。

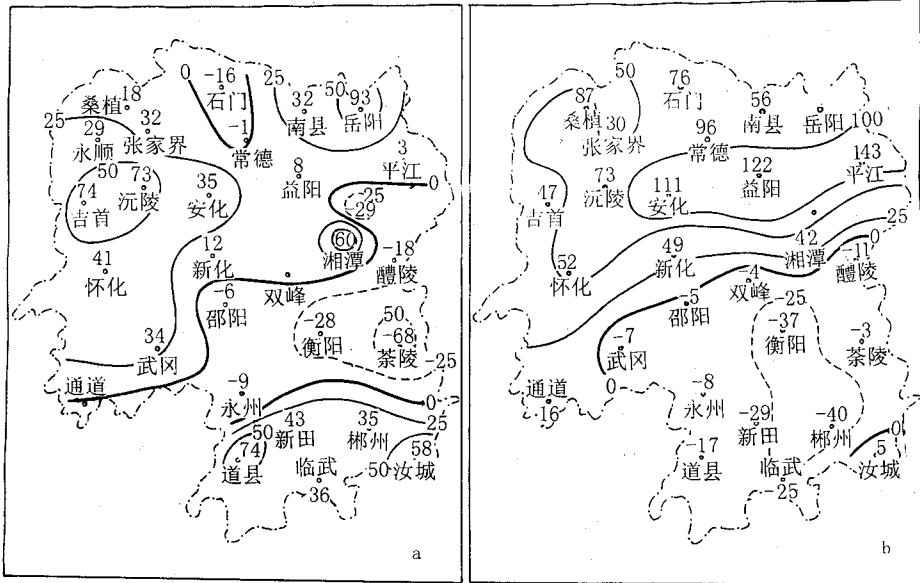


图1 1998年湖南6~8月降水百分率预报(a)与实况(b)分布图

5 结语

利用自然正交函数(EOF)和最优子集回归(OSR)两种统计方法建立统计预报模型,即EOF-OSR预报模型,既抓住预报对象的主要特征,又考虑成因的最优组合。一年试报结果表明,EOF-OSR预报模型是一种高效快速统计预报模型,有一定价值。

统计预报模型的可靠性、稳定性决定于

预报因子是否具有物理意义,对气候预报来说,预报因子应充分体现预报对象的成因。初步分析表明,本文建立的预报模型中的环流影响因子主要是中高纬环流和极涡,海温关键区则出现在加利福尼亚、黑湖与亲潮以及赤道东太平洋。而这些关键区的环流特征和海面温度已在短期气候预测中或多或少得到应用,具有一定的天气气候学意义。

参考文献

- 1 罗伯良,金秀玲. 湖南汛期旱涝时空变化基本特征. 湖南气象,1998(2).
- 2 魏凤英,曹鸿兴. 长期预测的数学模型及其应用. 北京:气象出版社,1990,
- 3 张庆云,陶诗言. 亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响. 气象学报,56(2):199~211.
- 4 罗伯良. 湖南夏季旱涝与北半球大气环流特征. 1997年度全国重大灾害性天气预报技术总结和经验交流会.
- 5 章基嘉,葛 玲. 中长期天气预报基础. 北京:气象出版社,1983.

Summer Dryness and Wetness Forecast Model in Hunan Province and Its Forecast

Luo Bailiang

(Meteorological Observatory of Hunan Province, Changsha 410007)

Zhu Minghui

(Hunan Development Center of Meteorological Science and Technology, Changsha 410007)

Abstract

Using the empirical orthogonal function (EOF) and the optimum subset regression (OSR), the statistical forecast model of dryness and wetness was established. The model includes both the principal feature of predictant and the optimum grouping of predictor. The result shows that the EOF-OSR model is important for the actual operational predictions.

Key Words: EOF-OSR model dryness and wetness forecast