

中期天气客观相似预报方法

钟元

李秀莉 姚嘉玲

朱美娜

(浙江省气象科学研究所)

(浙江省气象台)

(杭州市气象台)

提 要

本文提出了一个10天中期天气客观相似预报方法。该方法应用预报时刻的最新信息及中期数值预报输出产品,按客观的相似判据,应用微电脑从历史资料中寻找出500hPa天气形势演变的相似过程,据此作出10天中期天气预报。业务应用表明,该方法对10天中期天气过程具有一定的预报能力。

一、相似判据

从中期天气过程的时空尺度着眼,500hPa候平均高度场是环流形势的一个简单化的表征。它已将较短的波动滤去,突出了长波和超长波,大体上反映了大气环流形势的特征。考虑到预报时刻所能得到预报信息的时效,确定以预报旬的第一候及前一候连续两候的500hPa平均高度场作为预报样本,从对应的历史样本中寻找相似过程。由于其中一个候处于预报时段内,因而,它的相似比前期相似在预报上更具有现实意义。

本文的相似区域范围取北半球东半部

20—70°N、10°E—180°。在区域内从10×10网格上选取6个纬圈与18个经圈上的108个格点高度值 $H(\varphi)_{i_0}$ 。以表征候平均环流场(图1)。历史样本取自1954—1985年,共32年。

对于两个样本在区域内的相似,主要考虑大槽脊和大系统的形状、位置等在空间上的相似;以及考虑样本在空间各点性质的相近,即高度场的距离尽可能小。

两个样本在纬圈 φ 上的相似程度,取决于两个样本向量之间夹角 θ 的余弦,即相似系数 $S(\varphi)_{k_0}$:

$$S(\varphi)_{k_0} = \frac{\sum_{i=1}^m [H(\varphi)_{ik} - \bar{H}(\varphi)_k] [H(\varphi)_{i_0} - \bar{H}(\varphi)_0]}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [H(\varphi)_{ik} - \bar{H}(\varphi)_k]^2 \sum_{i=1}^m [H(\varphi)_{i_0} - \bar{H}(\varphi)_0]^2}} \quad (K=1, 2, 3, \dots, 32 \quad m=18)$$

其中,带“k”下标为历史样本,带“0”

下标为预报样本, $\bar{H}(\varphi)_k = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m H(\varphi)_{ik}$,

$\bar{H}(\varphi)_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m H(\varphi)_{i_0}$, 下同。

取各纬圈相似系数代数和表征区域内纬向环流相似程度 S_φ

$$S_\varphi = \sum_{\varphi=\varphi_1}^{\varphi_2} S(\varphi)_{k_0} \quad (\varphi_1=20, \varphi_2=70)$$

S_φ 越大,历史样本与预报样本的纬向环流越相似, $S_\varphi < 0$ 则表示负相似。

在计算环流经向相似时,由于每个经圈上的格点较少,将三个经圈并为一个经带,共有6个经带,每个经带取18个格点高度值 $H(\lambda)_j$,在经带 λ 上的相似系数 $S(\lambda)_{k_0}$:

$$S(\lambda)_{k_0} = \frac{\sum_{j=1}^n [H(\lambda)_{jk} - \bar{H}(\lambda)_k] [H(\lambda)_{j_0} - \bar{H}(\lambda)_0]}{\sqrt{\sum_{j=1}^n [H(\lambda)_{jk} - \bar{H}(\lambda)_k]^2 \sum_{j=1}^n [H(\lambda)_{j_0} - \bar{H}(\lambda)_0]^2}} \quad (K=1, 2, 3, \dots, 32 \quad n=18)$$

环流的经向相似程度 S_λ :

$$S_\lambda = \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} S(\lambda)_{k_0} \quad (\lambda_1=1, \lambda_2=6)$$

由于高度场在经向上总是从高纬到低纬高度值递增,因此 S_λ 恒为正,其值越大,两样本在区域内沿经向越相似。

用两样本间的欧氏距离与距离序列标准差的比值 d_{k_0} 来量度它们之间的相近程度:

$$d_{k_0} = \frac{D_{k_0}}{\sqrt{\frac{1}{L} \sum_{k=1}^L (D_{k_0} - \bar{D})^2}} \quad (k=1, 2, \dots, 32)$$

$$\text{其中 } D_{k_0} = \sqrt{\sum_{i=1}^p (H_{i,k} - H_{i,0})^2} \quad (p=108)$$

$$\bar{D} = \frac{1}{L} \sum_{k=1}^L D_{k_0}$$

为全面评价预报样本与历史样本在区域内的相似程度, 在此引入一个相似指数 I_{k_0} :

$$I_{k_0} = \frac{1}{d_{k_0}} S_{\varphi} S_{\lambda} \quad (k=1, 2, \dots, 32)$$

当两样本的500hPa候平均高度场在纬向与经向上越相似, 其间的距离越小, 相似指数 I_{k_0} 就越大; 反之 I_{k_0} 越小。因此, 本文以 I_{k_0} 作为预报样本同历史样本相似与否的最终判据。

二、预报模式

相似预报中季节时间的相似, 一般以同期为条件, 如同旬、同候序。然而按天文历法划分的旬、候, 往往使一个天气过程被人为割断而分属两个旬或两个候, 因此, 同期相似并不一定能找到天气过程的最优相似。

本文提出一种在同期邻域内找相似的方法。该方法从历史样本中找相似时, 不仅从候序相同的历史样本中找相似, 同时还从与该候序前后相邻的两个候的历史样本中找相似。如3月4—5候的预报样本, 将分别从3月3—4候, 3月4—5候及3月5—6候的历史样本中寻找相似样本。

相似样本的判定按以下程序进行:

1. 对于预报旬第一候及前一候连续两个候的预报样本, 在同期邻域内分别计算其与候序相同, 前伸一候及后延一候三个组连续两候的历史样本间的相似指数 $I_{i,j,k}$ 。

$i=1, 2, 3$ 分别代表前伸一候, 同候序及后延一候的三个组序;

$j=0, 1$ 分别代表预报旬或相似过程前一候及第一候, 即预报样本或相似样本

的第1, 2候;

$k=1, 2, \dots, 32$ 分别代表历史样本序。

2. 对三个组序6个候的多年历史样本序列 $N_{i,j,k}$, 按相似指数 $I_{i,j,k}$ 的数值排列成单调递减序列 $N_{i,j,k'}$ 。 i, j 的意义同1; $k'=1, 2, \dots, 32$ 为每一候内按 $I_{i,j,k}$ 排序结果。

3. 设有在三组(连续两候)原序列中序号为1的历史样本 $M_{i,1}$ ($i=1, 2, 3$), k_0, k_1 分别为 $M_{i,1}$ 在相似样本第1候及第2候中按 I 值排序的序号, 即 $k_0, k_1 \in k'$ 。当 $1 \leq k_0, k_1 \leq 5$ 时, 满足 $M_{i,1} = N_{i,0,k_0} = N_{i,1,k_1}$ ($i=1, 2, 3$), 且有一正数 p ($1 \leq p \leq 3$), 当 $i=p$ 时, $I_{p,1,k_1} = \text{Max}(I_{i,1,k_1})$ ($i=1, 2, 3$), 则 p 组样本 $M_{p,1}$ 为相似样本。

4. 若无满足3的 $M_{i,1}$ 存在, 则依次将条件放宽为 $1 \leq k_0, k_1 \leq 10, 1 \leq k_0, k_1 \leq 15$, 重复3的步骤, 找到相似样本 $M_{p,1}$ 。

5. 若无满足3、4的 $M_{i,1}$ 存在, 则当 $k_1=1, 16 \leq k_0 \leq 32$ 时, 重复3的步骤, 总可以找到相似样本 $M_{p,1}$ 。

确定相似样本后, 以它所对应的10天气过程为相似天气过程, 并据此作出旬天气过程及要素预报。预报样本、相似样本及相似过程的时段分布如图1。

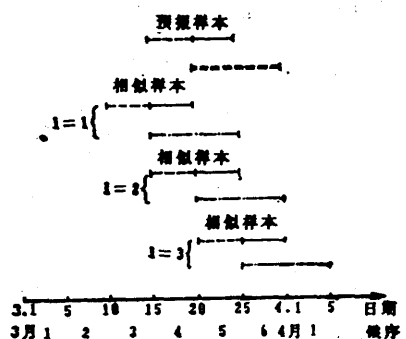


图1 预报旬(3月下旬)、三个组的相似样本与相似过程的时段分布

虚线代表相似样本第一候, 实线代表相似样本第二候, 点划线代表相似过程, 双虚线代表预报旬

三、试验与应用

以上相似判定与预报过程已在IBM-PC/AT微机上实现了业务预报流程自动化。

用1986年500hPa候平均高度场的实况资料进行试验结果表明,以相似指数I为判据确定区域内环流形势相似基本上可靠。两个相似年份西风带大槽脊的形状、位置等相似程度相当高,低纬带环流的相似程度较中高纬略差一些。相似样本高度场的高度值与预报样本也比较接近。对杭州站35个旬天气过程与要素试报结果*如表1。

表1 客观相似预报1986年试验与1987年预报评分结果(杭州)

项 目	天气特点	总雨量	雨日	平均气温	极端气温
1986年(35个旬)	82.8	80.6	70.6	72.0	71.7
1987年(18个旬)	78.2	85.1	73.8	79.0	70.2

表中,天气特点是指10天中以阴雨为主,以晴为主,晴雨相间,连晴转连阴雨,连雨转连晴五种天气类型。对35个旬的天气特点,报对29旬,错6旬。

本方法1987年由浙江省气象台正式投入业务预报,对杭州站1—6月18个旬预报结果见表1。下面以1987年3月下旬为例说明客观相似预报的具体过程与效果。

预报在3月19日作出并发布。预报时,采用ECMWF输出的500hPa高度场的16、

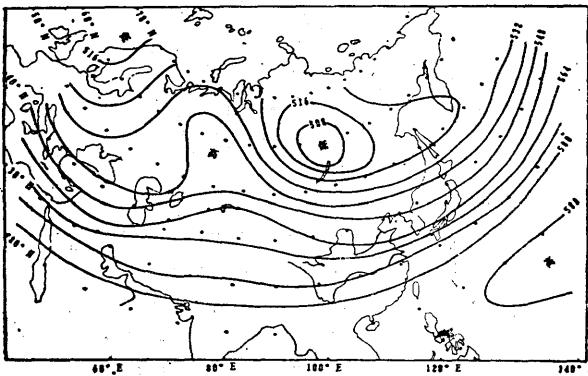


图2 1987年3月第4候500hPa候平均高度场预告图 小圆点为相似区域108个网格点位置由于图幅有限,绘图时,省略了5个网格点(下同)

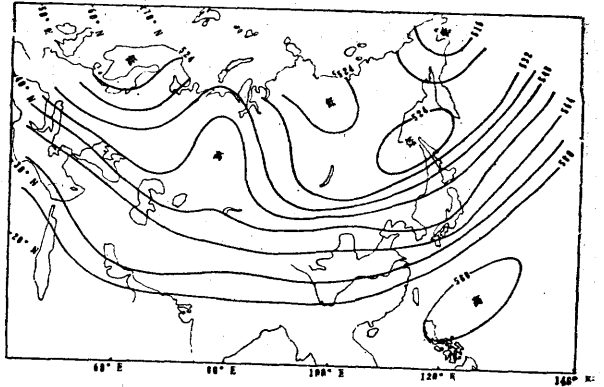


图3 1987年3月第5候500hPa候平均高度场预报图

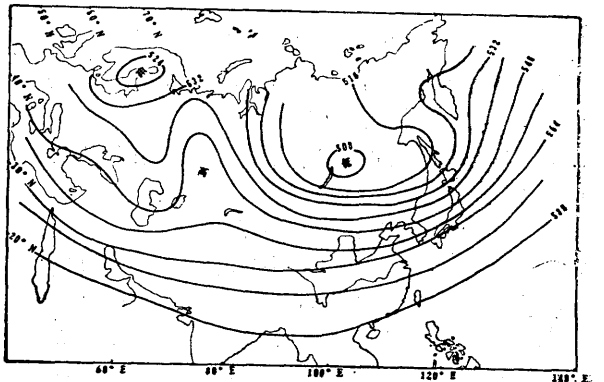


图4 1976年3月第3候500hPa候平均高度场

17及18日3天的客观分析和16日、17日2天72小时预告资料计算3月第4候(预报旬前一候)的候平均高度场;用18日的72, 96, 120及144小时预告资料计算3月第5候(预报旬第一候)的候平均高度场。以3月4—5候的候平均高度场为预报样本,分别从3月3—4候,3月4—5候及3月5—6候的96个历史样本中找相似。最后确定的相似样本为1976年3月3—4候,即相似过程为1976年3月16—26日。1976年3、4两候在历史样本中按I值的排序分别为2和1。预报样本与相似样本相对应两候的500hPa候平均高

* 按浙江省气象局颁发的中期天气预报质量评定办法。

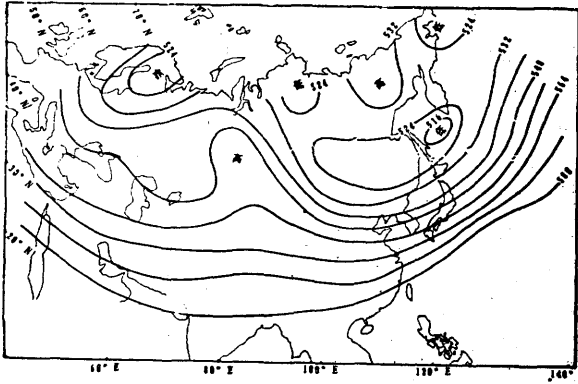


图5 1976年3月第4候500hPa候平均高度场

度场如图2—3和图4—5。从图可见，预报样本与相似样本连续两候的候平均环流形势基本一致，尤其是中高纬阻塞形势的形状与位置都十分相近。

以1976年3月16—26日天气过程为参照样本，预报与实况的比较见表2。

从表2可看出，客观相似预报对各天气要素的预报与实况相当接近。1987年3月天气异常，下旬平均气温及最低气温都是历史同期未出现过的最低值，客观相似预报较成功地预报出了这种极端情况。

表2 1987年3月下旬天气客观相似预报与实况值（杭州）

项 目	雨 量	雨 日	平均气温	最低气温	降 水 过 程	强 降 水 过 程	强冷空气影响
多年平均	47	5	10.9	3.3	—	—	—
预 报	60—70	5—7	7—8	-1—0	21—24日, 29—31日	20—22日, 30—40mm	23—25日
实 况	83.4	8	8.2	-0.6	21—25日, 28—31日	22日, 44mm	24—25日

An objective analogue method for medium-range weather forecast

Zhong Yuan

(Institute of meteorological science, Zhejiang Province)

Li Xiuli, Yao Jialing

(Meteorological Observatory, Zhejiang Province)

Zhu Meina

(Meteorological Observatory, Hangzhou)

Abstract

An objective analogue method for medium-range (a period of ten days) weather forecast is developed. Using the latest information and medium-range numerical prediction products and objective analogue criterion, an analogue process by which the weather forecast in a period of 10 days will be made in 500hPa synoptic evolution from past data is found by microcomputer. The forecasting results indicated that this method is efficacious.