

多元判据综合评估中期 天气客观相似预报模式^①

钟 元^②

(浙江省气象科学研究所, 杭州 310004)

提 要

提出一个对多元判据综合评估的中期天气客观相似预报模式。模式应用同中期天气过程的时间-空间尺度相适应的经过时间滤波的大气环流背景为客观判据, 比较全面地评估了预报时刻前后多层次、多要素的大气环流动态变化的相似, 通过定义相似指数综合评估在多元判据下样本的相似程度, 从相似时域的历史样本中找到较佳相似的中期过程, 预测未来1~10天的中期天气过程。模式检验和预报试验表明该模式具有预报技巧。

关键词: 中期天气 多元判据 综合评估 相似预报

引 言

电子计算机技术和数值天气预报(以下简称NWP)技术的巨大进步, 已使NWP的预报时效从短期拓展到中期。由于中期时效内包含了若干个天气过程的交替和转换, 所以用于中期预报的大气模式必须具有以逼真方式描写新扰动生成和旧扰动消失的能力, 能逼真地描述大气中能量产生和耗散过程^[1]。目前NWP的大尺度形势预报的可用时效已达到168小时。按理说应用NWP产品释用的方法作具体的天气预报的时效也可以达到24~168小时, 然而, 由于中期天气变化复杂且其规律尚未完全被人们所了解, 以及现有NWP模式本身的局限, 只有少数几个要素(如大尺度的高度场, 温度场和气压场)的NWP产品的可用时效可达到168小时, 大部分其它要素(如水平风场、垂直运动、湿度场和水汽输送等与天气变化密切相关的要素)的可用时效都不超过72小时。NWP中期时效预报产品的短缺, 给直接应用NWP

产品释用的方法作72小时以上时效的中期天气的具体预报带来困难。

为了应用有限的NWP产品资料进行中期1~10天的天气预报, 文献[2]曾给出一种中期(旬)天气预报方法, 进行旬要素总体预报和中期天气过程具体预报。但该方法受当时资料和NWP产品的局限, 只能每隔10天作一次预报, 显然已不适当当前进行逐日滚动预报的要求。为此, 本文将应用历史资料和NWP产品, 构造多元的客观判据, 定义非线性的相似指数以对诸多判据进行综合评估, 从相似时域的历史资料中寻找最佳相似的中期天气过程, 从而导出全年逐日滚动的1~7天具体天气预报和8~10天趋势的延伸预报。

1 预报原理和资料

中期天气过程是在大气行星尺度系统或一群天气尺度系统演变的背景下产生的。行星尺度系统沿纬圈波数为1~3的超长波, 水平尺度在6000km以上, 生命史约5~10天;

① 由中国科技部研究项目“重大灾害性天气中期预报技术研究”项目资助
② 胡波参加部分资料工作

天气尺度系统沿纬圈波数为4~10的长波和短波,水平尺度在2000~6000km,生命史约3~5天^[3,4]。当大气环流背景被确定后,对应的中期天气过程也大体上被确定了。本预报模式的基本思路即构造若干客观判据,通过对行星尺度和天气尺度(从超长波、长波到短波)环流多元判据的综合评估,从历史个例中寻找相似的大气环流过程,再从相似过程对应的中期天气导出未来的中期天气预报。

为了构造与大气行星尺度系统或天气尺度系统时空尺度相适应的判据,预报区域也必须具有相同的空间尺度即半球至全球的范围。

为突出大气环流中的超长波与长波,本文采用时间平均的方法滤去高频的短波。对于高层环流,主要保留超长波,采用5天平均;对于中层环流,保留超长波和长波,在全纬圈范围采用5天平均,在半纬圈范围采用3天或4天平均;对于低层环流,主要保留长波与短波,采用3天的平均。对于环流场 $x_{i,j}$,滤波后的环流场为 $\bar{x}_{i,j}$

$$\bar{x}_{i,j} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x(t)_{i,j}$$

$$\left(\begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J \\ t = 1, 2, \dots, T; T = 3/4/5 \end{array} \right)$$

式中 i 为判据因子序, I 为判据总数; j 为样本序, J 为样本总数; t 为时间序, T 为时间平均天数。

为了评估大气环流在预报时刻前后的动态变化,以预报日为基准0,高、中层以前5天(-4~0天)和后5天(1~5天)的环流平均场 $\bar{x}_{i,j}(1), \bar{x}_{i,j}(2)$ 为历史样本或预报样本;中、低层以前3天(-2~0天),后1~3天和后4~7天的环流平均场 $\bar{x}_{i,j}(1), \bar{x}_{i,j}(2)$ 和 $\bar{x}_{i,j}(3)$ 为历时样本或预报样本。旧的相似预报仅考虑预报时刻前的静态相似,而本模式既考虑了预报时刻前的相似,又考虑预报时刻后的未来相似,是连续的动态相似。

在寻找相似时,如果仅在同期(相同的时

间段)的历史样本中进行,则有可能因预报日并不是某一个天气过程的起始日而人为地割断天气过程;此外,同期的历史样本较少(仅40多个),不易找到较佳的相似过程。为此,本文定义了一个相似时域:即以预报日(t_0)的前9天(t_{-9})、前5天(t_{-5})、前2天(t_{-2})、后1天(t_1)、后4天(t_4)、后7天(t_7)和后11天(t_{11})为起始日的10天过程都作为寻找相似的时间段 τ ,相应的5天环流平均场或3天环流平均场的历史样本的起始日也都分别前推5天或3天(图略)。这样,既保证了7个相似时域的时间段处于大致相同的气候背景,又易于吻合中期天气过程的自然时段;同时还拓展了相似时间段的范围:对于每天的预报样本,都可以从前9天至后20天的30天范围内寻找相似,相似时域的延拓使可寻找相似的历史样本增加至7倍,从43个增加至301个,更有利于找到较佳相似的中期天气过程。

大气环流场的历史样本资料取自美国NCEP/NCAR的再分析逐日资料,全球范围垂直17层,水平分辨率 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。历史样本年代从1958年至2000年,共43年。预报样本资料取自欧洲数值预报中心(ECMWF)及北京气象中心NWP产品。

2 相似指数

由于中期天气变化复杂,单一的判据难以判断两个中期天气过程的相似性。只有通过综合评估多元判据的相似性,才能找到较佳的相似天气过程。当我们应用多种因子构造相似判据时,由于诸多相似判据的值域和量纲都不一致,这就使得对它们进行综合评估产生困难。为此定义一个相似指数,它为各种差异悬殊的相似判据确定了一个判定相似程度的统一标准;同时,它还把众多的历史样本在相似程度上加以分离,以突出最相似的样本。

对于某个作为判据的因子序列,历史样本 $\bar{x}_{i,j}$ 与预报样本值 $\bar{x}_{i,0}$ 确定了某种相似关

系 $f_{i,j}(\bar{x}_{i,j}, \bar{x}_{i,0}), f_{i,j}(\bar{x}_{i,j}, \bar{x}_{i,0})$ 可以是相似系数、距离系数或绝对距离等函数关系, 下标 i 为判据序, 下标 j 为判据因子的样本序。

当第 i 个判据因子序列的最大值 $\max(f)_i$ 与最小值 $\min(f)_i$ 确定后, 将极差 10 等分:

$$SI_{i,j} = \begin{cases} 10 & Df_{i,j} = 0 \\ 10 - k & (k-1) \frac{\Delta D_i}{4} < Df_{i,j} \leq k \frac{\Delta D_i}{4}, k = 1, 2, 3, 4 \\ 6 - k & (k+1) \frac{\Delta D_i}{2} < Df_{i,j} \leq (k+2) \frac{\Delta D_i}{2}, k = 1, 2 \\ 4 - k & (3k+1) \frac{\Delta D_i}{2} < Df_{i,j} \leq (3k+4) \frac{\Delta D_i}{2}, k = 1, 2 \\ 1 & 5\Delta D_i < Df_{i,j} \leq 7\Delta D_i \\ 0 & 7\Delta D_i < Df_{i,j} \leq 10\Delta D_i \end{cases} \quad (1)$$

式中 i 为判据因子序, $i = 1, 2, \dots, I$; j 为历史样本序, $j = 1, 2, \dots, J$ 。 I 为判据总数, J 为样本总数。

图 1 为相似指数 $SI_{i,j}$ 随 $Df_{i,j}$ 的分布。定义表明, 相似指数 $SI_{i,j}$ 不与 ΔD_i 的均等区间成比例。其结果仅有少量 $Df_{i,j}$ 甚小即与预报样本接近的若干历史样本获得高 $SI_{i,j}$ 值, 大多数不甚相似的历史样本被赋予低 $SI_{i,j}$ 值。这使得该判据因子历史样本序列变换成相似指数 $SI_{i,j}$ 序列时, 样本间的差别得到扩大即样本在相似程度上被分离。

作为比较, 定义以下按均等 ΔD_i 区间分布的相似指数 $SI'_{i,j}$:

$$SI'_{i,j} = \begin{cases} 10 - k, & k\Delta D_i < Df_{i,j} \leq (k+1)\Delta D_i, k = 1, 2, \dots, 9 \\ 10 & 0 \leq Df_{i,j} \leq \Delta D_i \end{cases}$$

图 2 为历史样本在 15 个判据(见下文)下, 按均等与不均等 ΔD_i 区间划分得到相似指数 $SI'_{i,j}$ 和 $SI_{i,j}$ 的平均频率 $f(\%)$ 分布。在均等区间情况下, 历史样本 $SI'_{i,j}$ 的频率分布为准正态分布: 低 $SI'_{i,j}$ 值(0 ~ 3)的历史样本频率为 14%, 中 $SI'_{i,j}$ 值(4 ~ 7)的频率为 61%, 高 $SI'_{i,j}$ 值(8 ~ 10)频率为 25%。而在不均等区间情况下, 低 $SI_{i,j}$ 值的历史样本

$\Delta D_i = [\max(f)_i - \min(f)_i] / 10$
判据因子序列的界限值 T_i (视 $f_{i,j}(\bar{x}_{i,j}, \bar{x}_{i,0})$ 不同可以为极大值或极小值) 确定后, 以 ΔD_i 为距离单位, 定义相似指数 $SI_{i,j}$:

$$Df_{i,j} = |f_{i,j} - T_i|$$

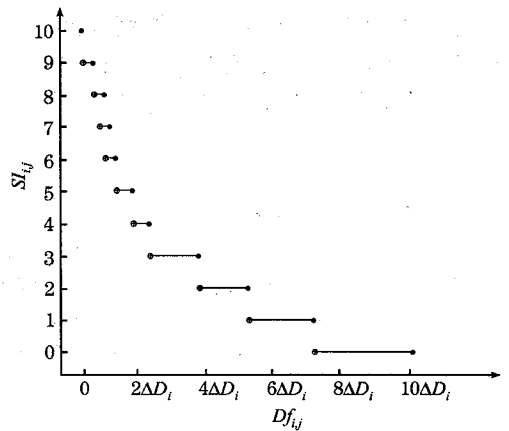


图 1 相似指数的 $SI_{ij} - Df_{i,j}$ 分布

频率为 84%, 中 $SI_{i,j}$ 值的频率为 11%, 高 $SI_{i,j}$ 值的频率为 5%。比较可见, 判据因子经过按不均等区间划分的相似指数变换后, 高指数历史样本出现频率由 25% 下降至 5%, 而低指数频率由 14% 上升至 84%。从而相应加大了相似样本的相似权重, 减小了不相似样本的相似权重, 实现了样本在相似程度上的分离。

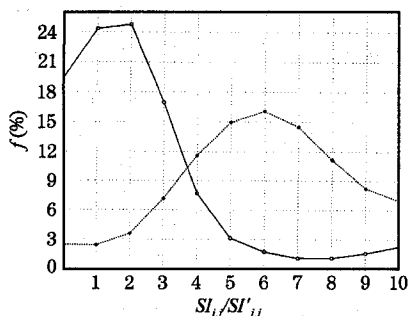


图2 不同划分区间的历史样本频率分布
虚线为均等区间 $SI'_{i,j}$, 实线为不均等区间 $SI_{i,j}$

3 相似判据

相似判据是寻找相似中期天气过程的关键,因而它们必须与中期天气过程时空尺度相当并能反映中期天气过程背景大气环流特征。受目前可得到 NWP 产品的限制,只能引入以下 15 类因子作为相似判据,其中大多数为若干参数集合,以使有限的判据能包含较多的相似信息。各类判据及参数分述如下(以下式中,下标 j 均表示历史样本序,下标

0 表示预报样本)。

3.1 多元平面要素场判据

500hPa 高度场是中层大气环流的表征。判据以 500hPa 平均高度场在相似时域 τ 的相似系数 $sh(\tau)_j$ 为参数, $sh(\tau)_j$ 定义如下:

在北半球 $20 \sim 80^\circ N, 0 \sim 180^\circ \sim 10^\circ W$ 范围($r=1$),分辨率为 $5^\circ \times 10^\circ$ 的网格上取 13×36 个格点,以相似时域 τ 的 7 个时间段前 5 天($t=1$),后 5 天($t=2$) 500hPa 高度平均值 $\bar{H}(\tau, t)$, 分别计算历史样本 $\bar{H}(\tau, r, t)_{j,k,l}$ 与预报样本 $\bar{H}(r, t)_{0,k,l}$ 之间的纬向相似系数 $s_{sj}(\tau)$, 经向相似系数 $s_{mj}(\tau)$ 和高度场相似系数 $sh_j(\tau, 1)$; 考虑到波数为 $4 \sim 10$ 的长波与短波的影响,在东北半球 $20 \sim 80^\circ N, 0 \sim 180^\circ E$ 范围($r=2$),分辨率为 $5^\circ \times 5^\circ$ 的网格上取 13×36 个格点,以相似时域 τ 前 3 天($t=1$),后 1~3 天($t=2$),后 4~7 天($t=3$) 500hPa 高度平均值,计算范围(2)高度场相似系数 $sh_j(\tau, 2)$, 则 500hPa 高度场相似判据:

$$s(\tau, r, t)_{j,k} = \left(\sum_{l=1}^{36} \bar{H}(\tau, r, t)_{j,k,l} \cdot \bar{H}(r, t)_{0,k,l} \right) / \sqrt{\sum_{l=1}^{36} \bar{H}(\tau, r, t)_{j,k,l}^2 \sum_{l=1}^{36} \bar{H}(r, t)_{0,k,l}^2}$$

$$s(\tau, r, t)_{j,l} = \left(\sum_{k=1}^{13} \bar{H}(\tau, r, t)_{j,k,l} \cdot \bar{H}(r, t)_{0,k,l} \right) / \sqrt{\sum_{k=1}^{13} \bar{H}(\tau, r, t)_{j,k,l}^2 \sum_{k=1}^{13} \bar{H}(r, t)_{0,k,l}^2}$$

$$s_{sj}(\tau, r, t) = \frac{1}{13} \sum_{k=1}^{13} s(\tau, r, t)_{j,k}$$

$$s_{mj}(\tau, r, t) = \frac{1}{36} \sum_{l=1}^{36} s(\tau, r, t)_{j,l}$$

$$sh_j(\tau, r, t) = s_{sj}(\tau, r, t) \cdot s_{mj}(\tau, r, t)$$

$$sh_j(\tau, r) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n sh_j(\tau, r, t)$$

$$f(1, \tau)_j = sh(\tau)_j = \frac{1}{2} \sum_{r=1}^2 sh_j(\tau, r)$$

$$Dh(\tau, r, t)_j = \sqrt{\sum_{k=1}^{13} \sum_{l=1}^{36} [\bar{H}(\tau, r, t)_{j,k,l} - \bar{H}(r, t)_{0,k,l}]^2}$$

$$Dh(\tau, r)_j = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Dh(\tau, r, t)_j$$

则 500hPa 高度场距离相似判据:

$$f(2, \tau)_j = \frac{1}{2} \sum_{r=1}^2 Dh(\tau, r)_j$$

$$T(2, \tau) = \min[f(2, \tau)_j]$$

由判据和式(1)估算 500hPa 高度场距离

在相似时域 τ 相似指数 $SI(2, \tau)_j$ 。

温度场是热力背景反映,海平面气压场反映了地面天气系统的分布,流场反映了大气环流背景。用与 3.1 类似方法,估算在相似时域 τ 850hPa 温度场相似指数 $SI(3, \tau)_j$ 和距离相似指数 $SI(4, \tau)_j$, 海平面气压场相似指数 $SI(5, \tau)_j$ 和距离相似指数 $SI(6, \tau)_j$, 200hPa 流场相似指数 $SI(7, \tau)_j$ 和流场距离相似指数 $SI(8, \tau)_j$; 850hPa 流场相似指数 $SI(9, \tau)_j$ 和流场距离相似指数 $SI(10, \tau)_j$ 。

3.2 气象要素场纬圈谱判据

气象要素场分解为谐波谱的波谱因子与中期天气过程有相同的时间-空间尺度,特别是沿纬圈分解的高度场纬圈谱的波数和位相等与实际大气很接近,这表明它们之间有内在的关联。对纬圈 φ 上的要素 $Z(\varphi, \lambda)$ 用傅里叶级数展开^[5]:

$$Z(\varphi, \lambda) = a_0(\varphi) + \sum_{k=1}^{\infty} [a_k(\varphi) \cos k\lambda + b_k(\varphi) \sin k\lambda]$$

式中 λ 为经度, k 为波数。

对 $\varphi = 30^\circ\text{N}$ 和 $\varphi = 60^\circ\text{N}$ 纬圈取分辨率为 5° 的 72 个格点值,以相似时域 τ 的前 3 天 ($t = 1$), 后 1~3 天 ($t = 2$), 后 4~7 天 ($t = 3$) 500hPa 高度平均值,分别计算谐谱参数 $\bar{a}_k(\tau, t)$ 、 $\bar{b}_k(\tau, t)$ 、 $\bar{A}_k(\tau, t)$ 和 $\bar{\theta}_k(\tau, t)$ 的历史样本 $\bar{x}(l, \tau, t)_{j,k}$ 与预报样本 $\bar{x}(l, t)_{0,k}$ 之间的绝对距离 $Da_k(l, \tau, t)_j$:

$$Da_k(l, \tau, t)_j = |\bar{x}(l, \tau, t)_{j,k} - \bar{x}(l, t)_{0,k}|$$

$$Da_k(l, \tau)_j = \frac{1}{3} \sum_{t=1}^3 Da_k(l, \tau, t)_j$$

$$Da(l, \tau)_j = \frac{1}{10} \sum_{k=1}^{10} Da_k(l, \tau)_j$$

$$\left[\begin{array}{l} l = 1, \bar{x}(l, t) = \bar{a}_k(t) \\ l = 2, \bar{x}(l, t) = \bar{b}_k(t) \\ l = 3, \bar{x}(l, t) = \bar{A}_k(t) \\ l = 4, \bar{x}(l, t) = \bar{\theta}_k(t) \\ \tau = 1, 2, \dots, 7 \\ t = 1, 2, 3; k = 1, 2, \dots, 10 \end{array} \right]$$

判据为:

$$f(11, \tau)_j = Da(\tau) = \frac{1}{4} \sum_{l=1}^4 Da_k(l, \tau)_j$$

$$T(11, \tau) = \min[f(11, \tau)_j]$$

由判据和式(1)估算 500hPa 高度场 30°N 和 60°N 纬圈谱在相似时域 τ 相似指数 $SI(11, \tau)_j$ 和 $SI(12, \tau)_j$ 。

应用类似的方法分别估算在相似时域 τ 850hPa 温度场 30°N 纬圈谱在的相似指数 $SI(13, \tau)_j$, 200hPa 流场 30°N 纬圈谱的相似指数 $SI(14, \tau)_j$ 和 850hPa 流场 30°N 纬圈谱的相似指数 $SI(15, \tau)_j$ 。

4 预报模式

4.1 综合相似指数估算

对相似时域 τ 所有相似判据的相似指数序列进行综合,则综合相似指数为:

$$SI(\tau)_j = \sum_{i=1}^{15} SI(i, \tau)_j$$

($i = 1, 2, \dots, 15; \tau = 1, 2, \dots, 7;$
 $j = 1, 2, \dots, J$)

4.2 相似排序

对相似时域 τ 的 7 个时间段所有历史样本(总数 $M = 7 \times J$) 序列按照 $SI(\tau)_j$ 值重新排列,使新序列 $\{N_m\}$ 的 SI_m 值成单调递减,则:

$$SI_1 = \max[SI_m]$$

$$SI_M = \min[SI_m]$$

$$SI_1 \geq SI_2 \geq \dots \geq SI_m \geq \dots \geq SI_M$$

($m = 1, 2, \dots, M$)

4.3 相似预测

(1) 灾害性、关键性天气过程预测

由于入梅、出梅、洪涝、高温和干旱等灾害性、关键性天气过程属小概率事件,预报信息较难捕获,所以确定前 5 个历史样本为相似样本,相似样本对应的 10 天天气过程为相似中期天气过程。只要 5 个相似样本中有 1 个以上预报了灾害性、关键性天气过程,则预报未来 10 天内有灾害性、关键性天气过程发生。

当有 L 个相似样本预报了灾害性、关键性天气过程,相似中期天气过程逐日要素为 $y(l, t)$ 时则该过程的天气要素 $\hat{y}(t)$ 为:

$$\hat{y}(t) = \frac{\sum_{l=1}^L SI_l \cdot y(l, t)}{\sum_{l=1}^L SI_l}$$

$(l = 1, 2, \dots, L; t = 1, 2, \dots, 10)$

(2)一般性天气过程预测

当前 K 个样本 SI_k 的值满足条件:

$$SI_1 - SI_k \leq 10$$

$(k = 1, 2, \dots, K)$

则前 K 个历史样本为相似样本,其对应的 10 天天气过程为相似中期天气过程。相似中期天气过程逐日要素(降水,气温,湿度和风等)为 $y(k, t)$ 时,则预测中期天气过程要素 $\hat{y}(t)$ 为:

$$\hat{y}(t) = \frac{\sum_{k=1}^K SI_k \cdot y(k, t)}{\sum_{k=1}^K SI_k}$$

$(k = 1, 2, \dots, K; t = 1, 2, \dots, 10)$

显然,当 $K = 1$ 时, $\hat{y}(t) = y(1, t)$, 第一相似样本对应的 10 天天气过程为相似中期天气过程。

(3)当 $SI_1 \leq 5 \times I$ 时,历史样本与预报样本相似程度甚低,无相似中期天气过程。

5 模式检验与预报试验

应用 1958~2000 年 5~9 月的浙江省 11 测站要素的历史资料对本预报模式(CAN)进行检验。检验时,先将与预报样本相同年份的历史样本剔除,再作相似预报。预报结果评分如表 1。表中同时给出统计预报(STF)模式预报供比较。

表 1 预报模式的检验结果(评分/%)

预报项目	10天降水总量	10天降水天数	10天平均气温	极端气温	入、出梅日期	洪涝过程	高温过程	干旱过程
CAN 模式	76	79	83	75	61	65	76	70
STF 模式	64	71	76	67	48	47	56	51

表中入、出梅日期系指浙江北部梅雨的开始期与结束期;洪涝过程指汛期连续 3 天有雨且总雨量 $\geq 200\text{mm}$ 的灾害性天气过程;高温过程指连续 3 天以上日最高气温 $\geq 35^\circ\text{C}$ 的灾害性天气过程。干旱过程指连续 4 天以上的无雨的灾害性天气过程。

模式检验结果表明,相似预报模式与统计

预报相比,10 天要素总量预报评分提高了 7~12 分;灾害性天气过程预报评分提高了 13~20 分。

应用 2001 年 5~9 月的 NWP 的大气环流资料,模式对浙江省 11 测站的要素和灾害性天气过程进行了预报试验,其结果与统计预报(STF)模式预报方案比较如表 2。

表 2 模式的预报试验结果(评分/%)

预报项目	10天降水总量	10天降水天数	10天平均气温	极端气温	入、出梅日期	洪涝过程	高温过程	干旱过程
CAN 模式	71	72	81	78	65	51	77	72
STF 模式	59	66	72	70	50	36	58	54

预报试验结果表明,相似预报模式与统计预报相比,10 天要素总量预报评分提高了 6~12 分;灾害性、关键性天气过程预报评分提高了 15~19 分。

从模式检验与预报试验结果可见,相似预报模式的预报质量比旧的统计预报模式有较大的提高,尤其对重大中期天气过程的预报技巧有明显的提高。

6 结论

(1)对多元判据综合评估的中期天气客观相似预报模式以中期天气过程的大气环流背景为客观判据,为适应中期天气过程时间-空间尺度特征,对大气环流进行了不同的时间滤波。在比较全面地评估了预报时刻前后的多层次、多要素的大气环流的动态变化对中期天气变化的综合影响后,从相似时域的历史样本中找到较佳相似的中期过程,预测未来具体的中期天气过程。对多元客观判据

的综合评估有利于找到较佳相似过程,另一方面综合也可能淡化某个判据的特殊作用。

(2)本模式定义的相似指数使得在诸多不同判据下的相似程度具有一致性,它的非线性分布增大了相似样本的权重,减小了不相似样本的权重,有利于历史样本在相似程度上的分离和进行较佳相似样本的选择。

(3)本模式同时评估预报时刻前后大气环流环境场的相似,既考虑了大气环流的动态变化相似,又应用数值天气预报的输出产品作为未来大气环流场的相似,使相似建立在动力学基础之上,更加合理,并有利于提高预报准确率,但由此模式的预报结果将不可避免受到数值天气预报误差的影响。

(4)本模式定义的相似时域有利于避免人为割断天气过程而较吻合中期天气过程的自然时段,同时还拓展了相似时段因而大量增加了可寻找相似的历史样本,不但更有利于找到较佳相似的中期天气过程,而且增大了预测异常天气和灾害性、关键性天气过程的能力。

(5)受当前数值天气预报产品种类和时效的限制,本模式大气环流的层次和要素并非最佳,尤其未来1~10天的中期过程中,仅1~7天有可用的NWP产品,这将影响模式的预报精度和效果。

(6)模式的检验与预报试验表明,本模式对中期天气具有预报能力和预报技巧,尤其对一些重大中期天气过程的预报技巧有明显的提高。

参考文献

- 1 ECMWF, Scientific foundation of medium range weather forecasts. 章基嘉, 陈久康, 彭永清等译. 中期天气科学基础. 北京: 气象出版社, 1987: 160~280.
- 2 钟元, 祝荣霖. 中期(旬)天气客观相似预报方案. 气象学报. 1991, 49(4): 553~558.
- 3 仇永炎. 中期天气预报. 北京: 科学出版社, 1985: 115~117.
- 4 章基嘉, 葛玲. 中长期天气预报基础. 北京: 气象出版社, 1983: 108~156.
- 5 黄嘉佑, 李黄. 气象中的谱分析. 北京: 气象出版社, 1984: 174~217.

An Objective Analogue Model for Medium-range Weather Forecast Considered Synthetic Evaluation by Multi-criterion

Zhong Yuan

(Zhejiang Institute of Meteorological Sciences, Hangzhou 310004)

Abstract

An objective analogue model for medium-range weather forecast considered synthetic evaluation by multi-criterion is developed. By using filtered parameters of atmosphere general circulation which resemble medium-range weather in the spatial-temporal resolution, some objective resembling criterions are built up. Through defining the non-linear resembling indexes, with which the resemblance between historical and forecasting samples is evaluated under multi-criterion, then some resembling samples are got from historical samples in forward and backward extend time intervals. Synthesizing the historical resembling samples, then the medium-range weather prediction is formed. The model inspection and prediction tests show the model is able to predicting skills.

Key Words: medium-range weather multi-criterion synthetic evaluation analogue forecast