

应用 24 h 变量相关系数检验数值预报产品

周甘霖,尚可政,王式功,程一帆

(兰州大学大气科学学院,甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室,甘肃 兰州 730000)

摘要:气象要素的变量可反应天气系统的变化趋势,所以,在数值预报产品释用业务中,气象要素场及一些物理量的 24 h 变量经常作为重要的预报因子,因此,有必要以 24 h 变量相关系数为指标,对数值预报产品进行检验。利用国家气象中心 T213 L31 数值预报产品,对东亚范围内 2006~2011 年对流层各等压面的高度场、温度场、风场、垂直速度场和水汽场的预报,以 24 h 变量相关系数为指标,进行了检验。结果表明:1)高度场预报,通过相关显著性水平 $\alpha=0.001$ 检验的时效为 10 d,高可信用度(24 h 变量相关系数 >0.4)的时效,对流层中上部 6~7 d,对流层中下部 5 d;2)温度场预报,通过 $\alpha=0.001$ 水平相关显著性检验的时效为 9 d,高可信用度的时效,对流层中上部 4 d,对流层中下部 5 d;3)风场预报,通过 $\alpha=0.001$ 水平相关显著性检验的时效为 8 d,高可信用度的时效,对流层上部、中部和下部分别为 5 d、4 d 和 3 d;4)垂直速度场预报,通过 $\alpha=0.001$ 水平相关显著性检验的时效为 5 d,高可信用度的时效仅为 1~2 d;5)水汽场预报,通过 $\alpha=0.001$ 水平相关显著性检验的时效为 6 d,高可信用度的时效,对流层中部 2 d,下部 3~4 d。这些将为 T213 L31 数值预报产品的合理有效利用提供参考依据。

关键词:T213 L31 数值预报产品;24 h 变量相关系数;检验

中图分类号:P456.7

文献标识码:A

引言

随着气象业务现代化建设的迅速发展,数值天气预报模式日趋完善^[1-4],预报精度不断提高。但是预报值与实际值之间始终存在误差^[5-9],且随着预报时效的延长,预报准确率逐渐下降^[10-14],误差逐渐增大^[15-19]。为了合理有效的使用数值预报产品,就需要对数值预报产品进行检验^[20],分析数值预报产品的预报能力^[20-24],搞清数值预报各要素的可用预报时效,为数值预报产品的释用做必要的准备。

孔玉寿^[25]给出了数值模式预报性能定量检验分析的几种方法:

(1)平均误差

$$ME = \frac{1}{N} \sum (A_{fi} - A_{ai}) \quad (1)$$

其优点是可以反映统计区域内的某种系统性误差,其缺点是计算时正负误差抵消,不能反应真实的误差情况,因而不常用。

(2)均方根误差

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum (A_{fi} - A_{ai})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

反映了预报值与实况值的平均偏离程度,因而能反映总体误差情况,它是衡量预报误差最常用的一个统计参数。

(3)相关系数

$$r = \frac{\sum (A_{fi} - A_{fmi})(A_{ai} - A_{ami})}{[\sum (A_{fi} - A_{fmi})^2 \sum (A_{ai} - A_{ami})^2]^{\frac{1}{2}}} \quad (3)$$

收稿日期:2012-04-09;改回日期:2012-06-04

基金项目:国家科技支撑计划(2009BAC53B02)、国家公益性行业专项项目(GYHY201106034)和国家自然科学基金项目(41075103)共同资助

作者简介:周甘霖(1986-),男,硕士研究生,主要从事干旱气候和现代天气预报技术和方法研究. E-mail:zhougl09@lzu.cn

通讯作者:尚可政(1960-),男,博士,副教授,主要从事现代天气预报技术和方法研究. E-mail:shangkz@lzu.edu.cn

其中 A_{fmi} , A_{ami} 分别为预报、实况平均值。相关系数能反映预报与实况值之间的相关程度,其缺点

是包含了气象要素的年内变化,因而不常用。

(4) 气候距平相关系数

$$ANO \cdot COR = \frac{\Sigma(A_{fi} - C_i - M_{fc})(A_{ai} - C_i - A_{ac})}{[\Sigma(A_{fi} - C_i - M_{fc})^2 \Sigma(A_{ai} - C_i - A_{ac})^2]^{1/2}} \quad (4)$$

其中 C_i 为气候平均值; $M_{fc} = \frac{1}{N} \Sigma(A_{fi} - C_i)$; $M_{ac} =$

$\frac{1}{N} \Sigma(A_{ai} - C_i)$ 。气候距平相关系数利用的是实况和预报与平均气候态的距平相关,消除了气象要素的年内变化,是衡量预报能力的一个常用统计参数。

某一时刻的气象要素值,只反应了当时的天气状态,而没有给出天气系统(现象)是增强,还是减弱的相关信息,而气象要素的变量给出了天气的变化趋势,特别是在强天气发生前后,气象要素一般都有很大变化,如暴雨发生前,水汽快速增加。因此,在天气分析预报中要素变量具有更重要的指示意义,因而,在数值预报产品释用业务中,高度场、温度场、水汽场和风场,以及其他一些物理量的 24 h 变量经常作为重要的预报因子被引入。

均方根误差和气候距平相关系数,衡量的是数值预报产品在确定时刻的预报能力,并没有对天气变化的预报能力进行衡量。因此,有必要以 24 h 变量相关系数为指标,对数值预报产品进行检验。

我国的数值预报经过几十年的努力,取得了长足的发展。数值模式不断更新,预报可用时效不断延长^[26]。2003 年开始 T213 L31 投入业务使用至今,为我国的天气预报做出了重要贡献,至今仍在业务中使用。利用 T213 L31 东亚范围内 2006 ~ 2011 年对流层各等压面的高度场、温度场、风场、垂直速

度场和水汽场等预报产品,采用 24 h 变量相关系数对其预报能力进行检验。

1 资料与方法

使用的资料为 2006 ~ 2011 年的 T213 L31 数值预报产品,垂直层次,1000 ~ 100 hPa 12 层标准等压面,水平范围,65.0 ~ 152.5°E,10.0 ~ 70.0°N,网格距为 1.125° × 1.125°,预报初时为 20:00(北京时),效预报时效有 00 h、24 h、48 h、72 h、96 h、120 h、144 h、168 h、196 h、216 h 和 240 h。2006 年 1 月 1 日至 2011 年 12 月 31 日,共 2 191 d。但由于模式故障、资料接收不及时和传输错误等原因,实际有效资料,并没有那么多。

各要素场的实际的 24 h 变量可由下式计算:

$$\Delta A_t = A_t - A_{t-1} \quad (t = 2, 3, \dots, 2011) \quad (5)$$

式中 t 为日序,只有 A_t 和 A_{t-1} 齐全时,才能计算 ΔA_t ,否则不计入样本。利用(5)可计算出高度场、温度场、风场、垂直速度场和湿度场等各要素场 2006 年 1 月 2 日到 2011 年 12 月 31 日的 24 h 变量。

各要素场在预报时效为 K 时刻的 24 h 变量预报可由下式计算:

$$\Delta F_t^k = F_t^k - F_{t-k}^k \quad (t = 2, 3, \dots, 2011; k = 24, 48, \dots, 240) \quad (6)$$

式中 t 为日序,只有 F_t^k 和 F_{t-k}^k 齐全时,才能计算 ΔF_t^k ,否则不计入样本。利用(6)可计算出高度场、温度场、风场、垂直速度场和湿度场等各要素场 2006 年 1 月 1 日到 2011 年 12 月 31 日的有效 24 h 变量预报场。

t 日实际的 24 h 变量为 ΔA_t ,预报时效为 K ,针对 t 日的 24 h 变量预报为 $\Delta F_{(t-k/24)}^k$, ΔA_t 与 $\Delta F_{(t-k/24)}^k$ 逐一相匹配,得到最终的有效样本,代入(7)式可计算出各要素场实际 24 h 变量与不同时效 24 h 变量预报之间的相关系数。

$$r = \frac{\Sigma(\Delta A_{fi} - \Delta A_{fmi})(\Delta A_{ai} - \Delta A_{ami})}{[\Sigma(\Delta A_{fi} - \Delta A_{fmi})^2 \Sigma(\Delta A_{ai} - \Delta A_{ami})^2]^{1/2}} \quad (7)$$

其中 ΔA_{fi} 、 ΔA_{ai} 分别为预报24 h 变量和实际24 h 变量, ΔA_{fmi} 、 ΔA_{ami} 分别为预报24 h 变量平均值、实际24 h 变量平均值。

相关系数是否显著,可根据学生式概率分布进行统计学检验。

$$\alpha = \frac{2\Gamma((n+1)/2)}{\sqrt{n\pi}\Gamma(n/2)} \int_{t_{\alpha}}^{\infty} \frac{dt}{(1+t^2/n)^{\frac{n+1}{2}}} \quad (8)$$

根据上式可计算出样本数为 $n+2$ 时,不同显著

性水平 α 对应的 t_{α} 。由 t_{α} 可进一步计算出相应的临界相关系数。

$$r_c = \frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n-2+t_{\alpha}^2}} \quad (9)$$

根据(8)、(9)式和高度场、温度场、风场、垂直速度场、水汽场等6个要素场的有效样本数,计算出不同相关显著性水平 α 对应的 t_{α} 和临界相关系数 r_c (表1)。

表1 临界相关系数

Tab.1 The critical correlation coefficient

要素	样本数	$\alpha=0.01$		$\alpha=0.001$		$\alpha \approx 0.0$	
		t_{α}	r_c	t_{α}	r_c	t_{α}	r_c
高度场、温度场和风场	2 025	2.58	0.0573	3.30	0.0732	17.89	0.3696
垂直速度场	1 840	2.58	0.0601	3.30	0.0767	17.96	0.3864
水汽场	1 702	2.58	0.625	3.30	0.0798	18.02	0.4007

表1中最后一列 $\alpha \approx 0.0$,意味着相关系数已非常显著,几乎完全可信。对其进行约化处理, t_{α} 和临界相关系数 r_c 可分别取为18.0和0.4。

2 T213 L31 数值预报产品检验结果

利用国家气象中心T213 L31数值预报产品,依照(5)~(7)式,计算了东亚范围内(65.0~152.5°

E,10.0~70.0°N)2006~2011年对流层各等压面的高度场、温度场、风场、垂直速度场和水汽场预报24 h 变量相关系数,并对照表1进行了检验。

2.1 高度场预报情况检验

表2为东亚(65.0~152.5°E,10.0~70.0°N)范围内2006~2011年高度场24 h 变量相关系数平均值。

表2 对流层各等压面高度场预报24 h 变量相关系数

Tab.2 The 24 h variable correlation coefficient between forecasted and actual height field on each standard pressure level in troposphere

	024 ^h	048 ^h	072 ^h	096 ^h	120 ^h	144 ^h	168 ^h	196 ^h	216 ^h	240 ^h
100 hPa	0.882*	0.807*	0.736*	0.658*	0.567*	0.476*	0.378	0.290	0.231	0.181
150 hPa	0.889*	0.816*	0.738*	0.646*	0.544*	0.441*	0.336	0.248	0.193	0.143
200 hPa	0.892*	0.816*	0.729*	0.627*	0.515*	0.404*	0.299	0.214	0.162	0.113
250 hPa	0.899*	0.820*	0.725*	0.617*	0.498*	0.381	0.278	0.196	0.144	0.098
300 hPa	0.911*	0.837*	0.736*	0.621*	0.496*	0.375	0.273	0.192	0.139	0.094
400 hPa	0.918*	0.846*	0.742*	0.620*	0.491*	0.366	0.265	0.187	0.133	0.091
500 hPa	0.912*	0.845*	0.740*	0.615*	0.486*	0.360	0.258	0.183	0.129	0.090
600 hPa	0.903*	0.841*	0.737*	0.611*	0.482*	0.356	0.254	0.180	0.126	0.089
700 hPa	0.894*	0.831*	0.727*	0.602*	0.474*	0.349	0.249	0.177	0.122	0.087
850 hPa	0.891*	0.821*	0.720*	0.596*	0.466*	0.342	0.241	0.170	0.114	0.083
925 hPa	0.887*	0.816*	0.718*	0.594*	0.464*	0.341	0.240	0.168	0.111	0.081
1 000 hPa	0.881*	0.809*	0.711*	0.588*	0.459*	0.338	0.237	0.165	0.108	0.080
样本数	2 095	2 085	2 078	2 072	2 067	2 063	2 059	2 055	2 050	2 046

注:表中*代表24 h 变量相关系数超过了0.4,表3~表7同此。

由表2可以看出,24 h 变量相关系数,第1天100~1 000 hPa 各层都>0.88,第10天250 hPa 以下层次都<0.1,随着预报时效的延长衰减很快。24 h 变量相关系数达到0.8以上的时效为2 d;达到0.7以上的时效为3 d;达到0.4以上的时效100~200 hPa 为6 d,250~1 000 hPa 为5 d。各层各时次24 h 变量相关系数均通过了 $\alpha=0.001$ 水平的相关显著性检验。以24 h 变量相关系数衡量,高度场预报高层好一些,低层差一些。

2.2.2 温度场预报情况检验

表3为东亚(65.0~152.5°E,10.0~70.0°N)

范围内2006~2011年温度场24 h 变量相关系数平均值。由表3可以看出,温度场预报24 h 变量相关系数,第1天较高,0.810以上,随着预报时效的延长,衰减很快,预报时效每延长1 d,下降0.030~0.151。8 d以内,各层次都能通过 $\alpha=0.001$ 水平的相关显著性检验;第9天,除250 hPa,其他层次能通过 $\alpha=0.001$ 水平的相关显著性检验;第10天,除100 hPa外,其他层次均不能通过 $\alpha=0.001$ 水平的相关显著性检验。24 h 变量相关系数>0.4的时效为4 d。与表2对比可知,温度场预报不如高度场预报。

表3 对流层各等压面温度场24 h 变量预报相关系数

Tab.3 The 24 h variable correlation coefficient between forecasted and actual temperature field on standard pressure level in troposphere

	024 ^h	048 ^h	072 ^h	096 ^h	120 ^h	144 ^h	168 ^h	196 ^h	216 ^h	240 ^h
100 hPa	0.880*	0.731*	0.620*	0.526*	0.434*	0.345	0.262	0.196	0.149	0.103
150 hPa	0.863*	0.701*	0.584*	0.478*	0.374	0.278	0.196	0.140	0.100	0.068
200 hPa	0.867*	0.710*	0.575*	0.448*	0.335	0.239	0.164	0.109	0.074	0.048
250 hPa	0.861*	0.701*	0.552*	0.414*	0.299	0.209	0.141	0.099	0.067	0.043
300 hPa	0.854*	0.685*	0.533*	0.407*	0.304	0.218	0.150	0.108	0.076	0.049
400 hPa	0.873*	0.744*	0.608*	0.483*	0.372	0.272	0.190	0.132	0.087	0.061
500 hPa	0.888*	0.764*	0.634*	0.506*	0.384	0.279	0.194	0.133	0.092	0.063
600 hPa	0.892*	0.766*	0.642*	0.515*	0.392	0.284	0.198	0.131	0.092	0.062
700 hPa	0.893*	0.771*	0.653*	0.527*	0.402*	0.293	0.204	0.134	0.092	0.062
850 hPa	0.853*	0.749*	0.630*	0.511*	0.396	0.290	0.200	0.137	0.092	0.064
925 hPa	0.830*	0.728*	0.613*	0.496*	0.383	0.283	0.196	0.135	0.088	0.062
1 000 hPa	0.810*	0.692*	0.579*	0.467*	0.360	0.265	0.183	0.124	0.082	0.056
样本数	2 095	2 084	2 077	2 071	2 066	2 062	2 058	2 054	2 049	2 045

注:表中数字加框代表24 h 变量相关系数没有通过 $\alpha=0.001$ 水平的相关显著性检验,表4~表7同此。

2.3 风场U分量预报情况检验

表4为东亚(65.0~152.5°E,10.0~70.0°N)范围内2006~2011年风场U分量24 h 变量相关系数平均值。由表4可以看出,风场U分量预报24 h 变量相关系数第1天还较高,在0.815以上,随着预报时效的延长,衰减很快,预报时效每延长1 d,下降0.019~0.173。7 d以内,各层次都能通过 $\alpha=0.001$ 水平的相关显著性检验;第8天,925 hPa以上能通过 $\alpha=0.001$ 水平的相关显著性检验;第9天,100~200 hPa能通过 $\alpha=0.001$ 水平的相关显著性检验;第10天,除100和150 hPa外,其他层次均不能通过 $\alpha=0.01$ 水平的相关显著性检验。风场U分量24 h 变量相关系数达到0.40以上的时效,100~150 hPa为5 d,200~925 hPa为4 d。

2.4 风场V分量预报情况检验

表5为东亚(65.0~152.5°E,10.0~70.0°N)范围内2006~2011年风场V分量24 h 变量相关系数平均值。由表5可以看出,风场V分量预报24 h 变量相关系数第1天还较高,各层次在0.826以上,随着预报时效的延长,衰减很快,预报时效每延长1 d,下降0.020~0.153。8 d以内,各层次都能通过 $\alpha=0.001$ 水平的相关显著性检验;第9天,仅100~150 hPa能通过 $\alpha=0.001$ 水平的相关显著性检验;第10天,除100 hPa外,其他层次均不能通过 $\alpha=0.001$ 水平的相关显著性检验。风场V分量24 h 变量相关系数达到0.40以上的时效,100~150 hPa为5 d,200~1 000 hPa为4 d;这与风场U分量预报基本一致。

表4 对流层各等压面风场U分量预报24 h 变量相关系数

Tab.4 The 24 h variable correlation coefficient between forecasted and actual U - wind field on each standard pressure level in troposphere

	024 ^h	048 ^h	072 ^h	096 ^h	120 ^h	144 ^h	168 ^h	196 ^h	216 ^h	240 ^h
100 hPa	0.872 *	0.728 *	0.622 *	0.531 *	0.438 *	0.346	0.258	0.186	0.138	0.103
150 hPa	0.870 *	0.723 *	0.613 *	0.508 *	0.408 *	0.309	0.223	0.155	0.111	0.081
200 hPa	0.865 *	0.711 *	0.588 *	0.471 *	0.360	0.260	0.179	0.121	0.086	0.061
250 hPa	0.872 *	0.711 *	0.574 *	0.446 *	0.330	0.233	0.157	0.105	0.071	0.050
300 hPa	0.881 *	0.719 *	0.570 *	0.433 *	0.317	0.220	0.150	0.101	0.067	0.048
400 hPa	0.893 *	0.736 *	0.578 *	0.434 *	0.315	0.215	0.148	0.097	0.066	0.045
500 hPa	0.896 *	0.740 *	0.578 *	0.432 *	0.310	0.209	0.142	0.092	0.063	0.040
600 hPa	0.890 *	0.735 *	0.573 *	0.426 *	0.304	0.205	0.136	0.086	0.058	0.036
700 hPa	0.879 *	0.725 *	0.566 *	0.419 *	0.297	0.201	0.131	0.082	0.051	0.035
850 hPa	0.861 *	0.710 *	0.559 *	0.418 *	0.297	0.201	0.129	0.081	0.047	0.033
925 hPa	0.843 *	0.685 *	0.541 *	0.405 *	0.287	0.194	0.124	0.077	0.045	0.031
1 000 hPa	0.815 *	0.644 *	0.506 *	0.378	0.267	0.180	0.116	0.071	0.042	0.030
样本数	2 110	2 101	2 096	2 092	2 088	2 085	2 082	2 079	2 075	2 072

表5 对流层各等压面风场V分量预报24 h 变量相关系数

Tab.5 The 24 h variable correlation coefficient between forecasted and actual V - wind field on each standard pressure level in troposphere

	024 ^h	048 ^h	072 ^h	096 ^h	120 ^h	144 ^h	168 ^h	196 ^h	216 ^h	240 ^h
100 hPa	0.891 *	0.744 *	0.643 *	0.549 *	0.449 *	0.347	0.253	0.177	0.121	0.079
150 hPa	0.884 *	0.743 *	0.636 *	0.532 *	0.421 *	0.315	0.219	0.151	0.099	0.062
200 hPa	0.885 *	0.742 *	0.622 *	0.503 *	0.384	0.276	0.186	0.126	0.079	0.048
250 hPa	0.891 *	0.744 *	0.611 *	0.482 *	0.358	0.251	0.165	0.109	0.068	0.040
300 hPa	0.900 *	0.749 *	0.604 *	0.466 *	0.340	0.236	0.154	0.099	0.062	0.035
400 hPa	0.910 *	0.760 *	0.604 *	0.457 *	0.328	0.227	0.146	0.093	0.057	0.032
500 hPa	0.908 *	0.757 *	0.596 *	0.447 *	0.319	0.216	0.138	0.086	0.052	0.029
600 hPa	0.896 *	0.748 *	0.587 *	0.435 *	0.308	0.206	0.129	0.080	0.046	0.025
700 hPa	0.882 *	0.737 *	0.578 *	0.426 *	0.299	0.198	0.122	0.073	0.044	0.024
850 hPa	0.867 *	0.727 *	0.579 *	0.432 *	0.303	0.199	0.122	0.074	0.044	0.024
925 hPa	0.852 *	0.707 *	0.565 *	0.426 *	0.302	0.200	0.124	0.076	0.046	0.027
1 000 hPa	0.827 *	0.669 *	0.533 *	0.403 *	0.287	0.191	0.119	0.074	0.044	0.025
样本数	2 110	2 101	2 095	2 092	2 088	2 085	2 082	2 079	2 075	2 072

2.5 垂直速度场预报情况检验

表6为东亚(65.0~152.5°E, 10.0~70.0°N)范围内2006~2011年垂直速度场(ω)的24 h 变量相关系数平均值。由表6可以看出,垂直速度场预报24 h 变量相关系数第1天还在0.702以上,第2天衰减很快,已下降至0.328~0.555。5 d以内,各层次都能通过 $\alpha = 0.001$ 水平

的相关显著性检验;第6天,250、850~1 000 hPa能通过 $\alpha = 0.001$ 水平的相关显著性检验;第7天,仅100 hPa能通过 $\alpha = 0.001$ 水平的相关显著性检验;第8~10天,各层次均不能通过 $\alpha = 0.01$ 水平的相关显著性检验。24 h 变量相关系数 >0.4 的时效200~1 000 hPa为2 d。相关程度对流层下部略好于对流层上部。

表 6 对流层各等压面垂直速度场预报 24 h 变量相关系数

Tab. 6 The 24 h variable correlation coefficient between forecasted and actual vertical velocity field on each standard pressure level in troposphere

	024 ^h	048 ^h	072 ^h	096 ^h	120 ^h	144 ^h	168 ^h	196 ^h	216 ^h	240 ^h
100 hPa	0.702 *	0.328	0.183	0.115	0.075	0.045	0.028	0.015	0.008	0.008
150 hPa	0.715 *	0.362	0.216	0.138	0.090	0.056	0.033	0.018	0.010	0.007
200 hPa	0.736 *	0.419 *	0.272	0.182	0.119	0.074	0.043	0.026	0.013	0.008
250 hPa	0.737 *	0.444 *	0.289	0.191	0.124	0.075	0.047	0.027	0.014	0.009
300 hPa	0.732 *	0.444 *	0.284	0.186	0.119	0.072	0.045	0.027	0.015	0.008
400 hPa	0.739 *	0.461 *	0.295	0.191	0.120	0.073	0.044	0.025	0.015	0.005
500 hPa	0.737 *	0.467 *	0.303	0.197	0.124	0.075	0.045	0.025	0.013	0.005
600 hPa	0.734 *	0.459 *	0.295	0.192	0.120	0.072	0.043	0.023	0.012	0.006
700 hPa	0.749 *	0.464 *	0.292	0.189	0.117	0.070	0.043	0.023	0.013	0.007
850 hPa	0.785 *	0.514 *	0.334	0.221	0.140	0.087	0.052	0.031	0.019	0.010
925 hPa	0.795 *	0.546 *	0.373	0.256	0.167	0.105	0.063	0.038	0.023	0.013
1 000 hPa	0.765 *	0.555 *	0.415 *	0.302	0.205	0.131	0.082	0.051	0.029	0.018
样本数	1 934	1 851	1 872	1 879	1 851	1 872	1 843	1 835	1 844	1 839

2.6 水汽场预报情况检验

表 7 为东亚 (65.0 ~ 152.5°E, 10.0 ~ 70.0°N) 范围内 2006 ~ 2011 年水汽场 (比湿 q) 的 24 h 变量相关系数平均值。

由表 7 可以看出,水汽场预报 24 h 变量相关系数第 1 天还在 0.730 以上,第 2 天已下降至 0.485 ~ 0.628。6 d 以内,各层次都能通过 $\alpha = 0.001$ 水平

的相关显著性检验;第 7 天,300 ~ 600 hPa 不能通过 $\alpha = 0.001$ 水平的相关显著性检验,700 ~ 1 000 hPa 层均能通过 $\alpha = 0.001$ 水平的相关显著性检验;第 8 天,仅 1 000 hPa 能通过 $\alpha = 0.001$ 水平的相关显著性检验;第 9 ~ 10 天,各层次均不能通过 $\alpha = 0.01$ 水平的相关显著性检验。24 h 变量相关系数 > 0.4 的时效,对流层中上部为 2 d,对流中下部为 3 d。

表 7 对流层各等压面水汽场 24 h 变量预报相关系数

Tab. 7 The 24 h variable correlation coefficient between forecasted and actual specific humidity field on each standard pressure level in troposphere

	024 ^h	048 ^h	072 ^h	096 ^h	120 ^h	144 ^h	168 ^h	196 ^h	216 ^h	240 ^h
300 hPa	0.773 *	0.485 *	0.304	0.199	0.133	0.084	0.049	0.033	0.017	0.014
400 hPa	0.823 *	0.570 *	0.359	0.228	0.150	0.095	0.055	0.034	0.021	0.017
500 hPa	0.849 *	0.613 *	0.396	0.254	0.166	0.107	0.068	0.039	0.025	0.017
600 hPa	0.849 *	0.628 *	0.419 *	0.274	0.180	0.116	0.077	0.047	0.030	0.020
700 hPa	0.843 *	0.631 *	0.435 *	0.293	0.194	0.126	0.085	0.053	0.036	0.023
850 hPa	0.812 *	0.610 *	0.435 *	0.304	0.211	0.145	0.099	0.065	0.041	0.029
925 hPa	0.766 *	0.570 *	0.418 *	0.302	0.215	0.151	0.105	0.068	0.044	0.032
1 000 hPa	0.730 *	0.555 *	0.430 *	0.324	0.238	0.170	0.119	0.080	0.053	0.040
样本数	1 732	1 730	1 725	1 722	1 718	1 715	1 712	1 709	1 706	1 702

3 小 结

(1) 高度场预报,24 h 变量相关系数通过相关显著性水平 $\alpha = 0.001$ 检验的时效为 10 d,可信度高(24 h 变量相关系数 > 0.4)的时效,对流层中上部 6 ~ 7 d,对流层中下部 5 d。

(2) 温度场预报,24 h 变量相关系数通过 $\alpha = 0.001$ 水平相关显著性检验的时效为 9 d,可信度高

的时效,对流层中上部 4 d,对流层中下部 5 d。

(3) 风场预报,24 h 变量相关系数通过 $\alpha = 0.001$ 水平相关显著性检验的时效为 8 d,可信度高的时效,对流层上部 5 d,对流层中部 4 d,对流层下部 3 d。

(4) 垂直速度场预报,24 h 变量相关系数通过 $\alpha = 0.001$ 水平相关显著性检验的时效为 5 d,可信度高的时效仅为 2 d。

(5)水汽场预报,24 h变量相关系数通过 $\alpha = 0.001$ 水平相关显著性检验的时效为6 d,可信度高的时效,对流层中部2 d,对流层下部3~4 d。

参考文献:

- [1] 高建峰,张红雨,武捷,等. 中尺度模式MM5在山西预报业务中的应用[J]. 山西气象,2002(4):1-5.
- [2] 刘还珠,赵声蓉,陆志善,等. 国家气象中心客观要素预报—MOS系统[J]. 新疆气象,2004,27(3):4-7.
- [3] 晏晓英,药明,王雅君. WRF和MM5对2008年6-9月温度数值预报结果的对比分析[J]. 吉林气象,2009(4):5-7,21.
- [4] 陈贤. GRAPES全球系统的研发进展[J]. 中国气象科学研究院年报,2008(1):35-37.
- [5] 张守峰. T213模式对强冷空气短期预报能力的分析检验[J]. 气象,2003,29(8):42-47.
- [6] 梁红,王元,钱昊,等. 欧洲ECWFM模式与我国T213模式夏季预报能力的对比分析检验[J]. 气象科学,2007,27(3):253-258.
- [7] 杨昌贤,郑艳,林建兴,等. 数值预报产品检验和评估[J]. 气象研究与应用,2008,29(2):32-37.
- [8] 李羽中. 对T106分析预报场可预报性的初步分析[J]. 气象科学,2001,21(4):379-389.
- [9] MA Su-hong, WANG Jian-jie, WAN Feng. THE EFFECTS OF BOGUS TYPHOON AND OBSERVED OCEANIC DATA ON THE ABILITY OF T213L31 TO PREDICT TC TRACK[J]. Journal of Tropical Meteorology,2007,13(2):149-152.
- [10] 吴曼丽,梁寒,王瀛,等. 2008年T213与德国降水数值预报产品对比检验[J]. 气象与环境学报,2009,25(4):22-26.
- [11] 周后福,翟武全,丁太胜,等. 基于T213产品与水汽收支的强降水雨量预报方法及其误差分析[J]. 气象科技,2005,33(1):12-16.
- [12] 晁淑懿,李月安. 欧洲中期天气预报中心T213 L31模式夏季预报性能检验[J]. 气象,1994,20(7):25-31.
- [13] Lorenz E N. Atmospheric predictability experiments with a large numerical model[J]. Tellus,1982,34:505-513.
- [14] LENNART BENGTTSSON and KEVIN I. HODGES. A note on atmospheric predictability[J]. Tellus,2006,58A,154-157.
- [15] 邓海光,曾小团. 统计预测方法的试验比较[J]. 贵州气象,2006,30(1):26-28.
- [16] 熊传辉,马安国,饶传新,等. 三种数值预报产品在清江流域面雨量预报中的应用检验[J]. 湖北气象,2004(1):24-26.
- [17] 张弘,方建刚,陈卫东,等. T213数值预报释用技术的研究[J]. 陕西气象,2005(4):1-4.
- [18] 缪强,谢瑞国. 数值预报产品释用若干问题的初步分析[J]. 四川气象,2001(1):9-12.
- [19] 许美玲,孙绩华. MM5中尺度非静力模式对云南省降水预报检验[J]. 气象,2002,28(12):24-26.
- [20] 康玲,祁伏裕,孔文甲,等. 数值预报产品检验及误差分析方法简介[J]. 内蒙古气象,2003(3):16-17.
- [21] 孔海江. 2003年汛期3种中尺度数值预报模式降水预报检验[J]. 河南气象,2005(1):9-11.
- [22] 罗纲. T213对贵州省24h雨量预报检验[J]. 贵州气象,2003,27(1):18-20.
- [23] 鄢志宇,杨桂娟. 2008年夏季4次暴雨过程的数值预报产品检验分析[J]. 农技服务,2010(5):622-623,674.
- [24] 阳瑞环. 2006年9-11月T213与ECMWF及日本模式中期预报性能检验[J]. 气象,2007,33(2):112-117.
- [25] 孔玉寿,章东华. 现代天气预报技术[M]. 北京:气象出版社. 1999:34-37.
- [26] 胡江凯,王雨,王毅涛. 国家气象中心T213L31数值预报运行监控方案及预报效果评估[J]. 应用气象学报,2005,16(2):249-259.

Evaluation of Numerical Predicting Products by Using 24 Hours Variable Correlation Coefficient

ZHOU Ganlin, SHANG Kezheng, WANG Shigong, CHEN Yifan

(College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Based on the T213 L31 numerical prediction products, the height field, temperature field, wind field, vertical velocity field, and humidity field on every pressure level in range of east Asia have been evaluated by using 24 hours variable correlation coefficient. The results are as follows: 1) For the height field forecast, the predicting length that could pass the significance test at the level of $\alpha = 0.001$ was 10 days, and the higher credible (24 h variable correlation coefficient more than 0.4) predicting length could reach 6-7 days at the middle and upper layer of troposphere and 5 days at the middle and lower layer of troposphere; 2) For the temperature field forecast, the predicting length that could pass the significance test at the level of $\alpha = 0.001$ was 9 days, and the higher credible predicting length could reach 4 days at the middle and upper layer of troposphere, and 5 days at the middle and lower layer of troposphere; 3) For the wind field forecast, the predicting length that could pass the significance test at the level of $\alpha = 0.001$ was 8 days, and the higher credible predicting length could reach 5 days at the upper layer of troposphere, and 4 days at the middle layer of troposphere, and 3 days at the lower layer of troposphere; 4) For the vertical velocity field forecast, the predicting length that could pass the significance test at the level of $\alpha = 0.001$ was 5 days, and the higher credible predicting length could only reach 1-2 days at troposphere; 5) For the specific humidity field forecast, the predicting length that could pass the significance test at the level of $\alpha = 0.001$ was 6 days, and the higher credible predicting length could reach 2 days at the middle layer of troposphere, and 3-4 days at the lower layer of troposphere.

Key words: T213 L31 numerical prediction products; 24 h variable correlation coefficient; verification