

基于小波分析的客观预报方法在智能网格 高低温预报中的应用

刘新伟^①, 段伯隆^{①*}, 黄武斌^①, 段明铨^②, 李蓉^①, 狄潇泓^①, 魏素娟^③

① 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020;

② 南京信息工程大学 气象灾害预报预警与评估协同创新中心/气象灾害教育部重点实验室/气候与环境变化国际合作联合实验室, 江苏 南京 210044;

③ 甘肃省生态环境科学设计研究院, 甘肃 兰州 730020

* 联系人, E-mail: liunavip666@163.com

2019-01-02 收稿, 2019-03-08 接受

国家重点研发计划项目(2017YFC1502002); 中国气象局预报员专项项目(CMAYBY2019-122); 甘肃对流性暴雨预报预警关键技术创新团队(GSQXCXTD-2020-01); 甘肃省气象局十人计划(GSMARc2019-04)

摘要 基于2017—2018年中国气象局高分辨率数值预报产品、甘肃实时城镇预报产品和国家级地面观测站数据, 利用小波分析、滑动训练、最优融合等技术, 研发出甘肃省智能网格高低温客观订正产品。检验分析表明: 城镇预报产品、滑动训练订正产品、最优融合产品3种订正产品对CMA预报均有订正能力, 3种客观订正产品的最高气温订正能力强于最低气温订正能力; 滑动训练法与最优融合法产生的高低温订正产品在系统误差明显地区(甘南、陇南等)的预报结果要好于模式客观预报, 而高低温城镇预报产品在气温局地性强或者模式客观预报能力差的区域有优势; 最优融合预报方法生成的高低温产品预报能力略高于滑动训练订正产品且与现有预报员制作城镇预报产品基本持平, 初步具备了替代主观预报的能力。

关键词
智能网格;
小波分析;
温度订正

天气预报的精细化发展一方面得益于天气预报业务的现代化进程, 高性能计算机的提升和预测预报技术的发展为精细化预报提供了硬件基础和理论支撑; 另一方面还得益于气象服务的精细化需求, 社会经济水平的发展和环境生态发展对天气预报提出更高、更精细化的要求(矫梅燕, 2010)。目前, 天气预报的能力水平已经较高, 能够满足大部分天气预报的需求, 在此基础上发展更为精细化的天气预报是对现有天气预报的补充, 更是服务新型社会经济的重要途径(矫梅燕, 2007)。2016年以来, 中国气象局提出建立时间分辨率为3 h(10 d)、空间分辨率为5 km的高时空分辨率的天气预报系统, 并在全国推广试验, 同时开展智能网格预报服务。高时空分辨率的精细化智能网格预报是区别于以往的人工主

观预报的, 是完全基于客观量化的预报。由于智能网格预报服务产品的服务对象面向城镇, 因此智能网格预报业务的开展一方面要考虑与对外服务产品的衔接, 另一方面更要在产品准确率方面与城镇预报相比较, 这使得气象要素的客观预报和预报方法的研发更加困难。

在数值预报产品释用方面, 诸多气象工作者开展了大量研究并取得丰硕的成果, 这些研究成果在实际预报业务中得到了很好的应用(赵声蓉等, 2012; Krishnamurti et al., 2016; 赵滨和张博, 2018; 蔡凝昊和俞剑蔚, 2019)。目前, 针对不同的气象要素预报方法, 诸多学者提出诸如MOS方法、卡尔曼滤波方法、相似方法和神经网络等不同方法的应用研究, 并在各级台站的数值预报中发挥出重要的作用。

引用格式: 刘新伟, 段伯隆, 黄武斌, 等. 2020. 基于小波分析的客观预报方法在智能网格高低温预报中的应用[J]. 大气科学学报, 43(3): 577-584.

Liu X W, Duan B L, Huang W B, et al. 2020. Application of objective prediction method based on wavelet analysis in intelligent grid high and low temperature prediction[J]. Trans Atmos Sci, 43(3): 577-584. doi: 10.13878/j.cnki.dqkxxb.20190102011. (in Chinese).

其中,针对气温和降水要素的预报最为广泛(Bowler et al. 2008; 智协飞和黄闻 2019; 智协飞等 2019),如潘留杰等(2017)根据ECMWF高分辨率温度预报产品和中央气象台SCMOC最高、最低温度指导预报产品,提出基于回归方法的“站点订正差值向格点传递”的格点温度预报订正方法,并针对研究区域内98个县级气象站温度的开展订正预报研究,在不改变原有ECMWF温度预报的空间形态的基础上很好地纠正了模式格点温度预报的系统性误差;李佰平和智协飞(2012)则比较了一元线性回归、多元线性回归、单时效消除偏差和多时效消除偏差四种不同的方法对ECMWF温度预报误差的表征能力,优选出适用于温度的误差订正方法;吴启树等(2016)提出准对称混合滑动训练期方法并对ECMWF模式预报产品进行订正,订正后预报效果明显提高。此外,吴乃庚等(2017)研究了日极端气温的主客观预报方法,戴翼等(2019)发展了基于一元线性回归和克里金插值方法的北京地区智能网格温度客观预报方法,这些方法的研究在提升温度预报水平方面开展了有益的尝试,也为模式温度的精准释用提供了技术支撑和理论依据,在加强气象台站温度的预报服务能力方面具有重要的科学意义和实用价值。上述研究也发现,大多数学者在开展模式产品释用方面的研究都不同程度地依赖ECMWF数值模式预报产品,针对中国本地数值模式产品的应用研究反而较少,而后者恰恰是彰显本地数值预报产品和提升数值预报能力的关键,因此亟需相应的理论研究和技术研发。

本文结合实际业务工作,在中国气象局智能网格高低温指导预报产品的基础上,开展基于小波分析的高低温客观订正方法研究,订正后的预报产品对甘肃省城镇预报站点的预报准确率有了明显的改进,基本具备了客观预报代替预报员主观预报的能力,为智能网格高低温预报业务提供了关键技术支撑。

1 资料和方法

1.1 资料

资料为中国气象局(China Meteorological Administration, CMA)智能网格指导预报产品、甘肃省逐日城镇预报产品和甘肃省78个国家气象观测站(图1)的地面最高、最低气温数据,选取2017年1月1日—12月31日的预报及观测产品作为训练样本,选取2018年1月1日—12月31日的数据为测试样本,预报数据为每日08:00(北京时,下同)起报,预报时效72 h,时间间隔为24 h。

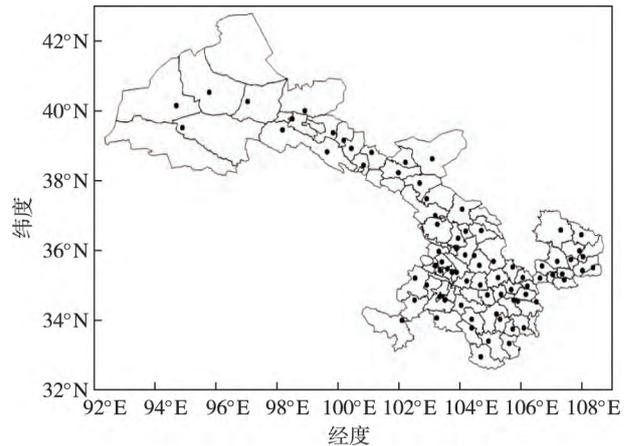


图1 甘肃省78个气象站点分布

Fig. 1 Distribution of 78 meteorological stations in Gansu Province

1.2 方法

1.2.1 小波分析法

利用小波变换法分析各个站点最高、最低气温的周期,采用Morlet小波函数(王蕊等 2009),如式(1)所示,其中 c 为常数(设定为6.2), i 表示虚数。

$$\Psi(t) = e^{ict} e^{-\frac{t^2}{2}} \quad (1)$$

Morlet小波函数为复数,其实部表示不同特征时间尺度信号在不同时间上的分布和位相两方面的信息。不同时间尺度下的小波系数,可以反映系统在该时间尺度下变化特征:正的小波系数对应于偏多期,负的小波系数对应于偏少期,小波系数绝对值越大,表明该时间尺度的周期特征越显著。

1.2.2 滑动训练方法

1) 根据中国气象局业务要求,智能网格预报产品与城镇站点的预报产品需采取邻域法来对应,即选择距离站点最邻近的格点预报作为站点预报值,若存在多个距离相等的格点则取东北角格点。据此,本文分别计算得到24、48、72 h智能网格预报产品,并计算与对应日期观测数据的差值,得到甘肃省78个城镇考核站的最高、最低气温差值时间序列。

2) 针对3个预报时效的最高、最低气温差值时间序列,采用Morlet小波方法,分析每个城镇站不同预报时效的最高、最低气温的周期特征。

3) 对78个城镇站的最高、最低气温周期进行滑动训练,以兰州站最高气温(滑动周期为 t)为例进行说明,当计算24 h滑动订正时,将所选日期向前滑动 t d,把前 t d预报与观测的差值进行平均,所得的平均值称为24 h最高气温预报的滑动订正偏差,将订正偏差与指导预报相加,可得出兰州站24 h

最高气温的订正值。

1.2.3 最优融合方法

考虑到滑动训练方法对个别站点进行订正后气温预报准确率反而低于 CMA 指导产品,因此在本文研究中将 CMA 指导产品及滑动订正产品进行融合。分别计算前 t d ($t=1\sim 30$ d) CMA 指导产品与滑动训练订正产品的预报准确率进行对比,结果发现 1~30 d 的预报准确率相差在 0.5 分以内,很难区分最优天数,进而对 30 d 的预报准确率进行滤波分析(图略),最终发现 24 h 的高低温产品取 9 d 作为最优融合订正周期订正效果较为显著,48 h 的高低温产品取 13 d 作为最优融合订正周期订正效果较为显著,72 h 的高低温产品取 10 d 作为最优融合订正周期订正效果较为显著。最终结合甘肃本地预报经验,选取 15 d 作为两种产品预报准确率对比天数,当前时刻向前取 15 d CMA 指导产品及滑动订正产品的预报准确率进行对比,保留 15 d 平均预报准确率高的高低温产品,即得到最优融合产品。

1.2.4 检验方法

采用高低温预报准确率、技巧评分和平均绝对误差 3 个指标对预报结果进行检验,各指标定义如下:

1) 预报准确率

$$F_2 = \frac{n_2}{n} \times 100\% \quad (2)$$

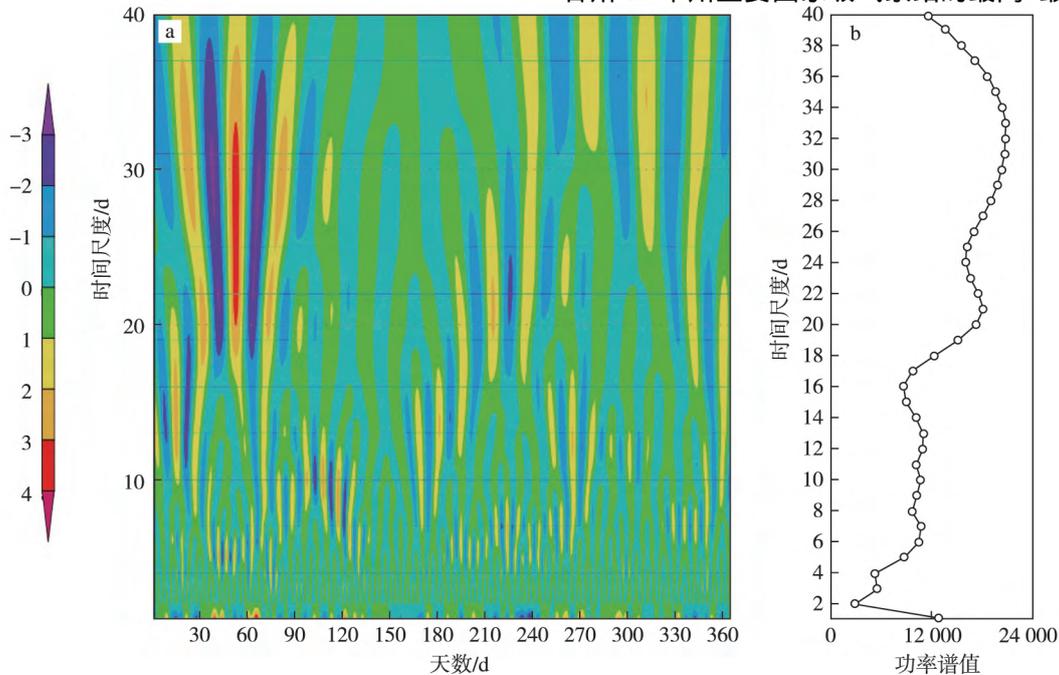


图2 兰州站 24 h 最高气温差值的小波周期(a) 和相应的功率谱随时间变化(b)

Fig.2 (a) The wavelet period of the maximum temperature difference in Lanzhou station, Gansu province and (b) the corresponding power spectrum change with time

式中: n_2 表示不超过 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的样本量; n 表示样本总量; F_2 表示温度预报值与观测值误差不超过 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的百分率。

2) 高低温技巧评分

$$B_{IAS} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |o_i - p_i| \quad (3)$$

式中: o_i 为第 i 个点的观测值; p_i 为第 i 个点的预报值; B_{IAS} 表示绝对误差。

3) 平均绝对误差

$$T_{ss} = \frac{(T_{MAEN} - T_{MAEF})}{T_{MAEN}} \times 100\% \quad (4)$$

式中: T_{MAEN} 表示国家局指导报的最高、低温度平均偏差; T_{MAEF} 表示滑动训练法或最优融合法的最高、低温度平均绝对误差。

2 计算及检验

2.1 滑动训练周期计算

分别计算了 24、48、72 h 甘肃省 78 个国家级考核站最高、最低气温的滑动订正周期,为简要说明,以甘肃省兰州站作为代表站进行说明。对该站进行小波分析,如图 2 所示,小波变换系数实部时频分布和功率谱分布均表明该站最高温的小波周期为 21 d,且在 0~90 d 更为显著。同样方法可以分别给出甘肃 13 市州主要国家级气象站的最高、最低气温的

主要周期(表1),结果表明,72 h周期(平均高温周期达到29.50 d)要大于24 h和48 h(平均高温周期分别为21.14和21.00 d),其中最高温的周期要大于最低温的周期(24、48、72 h的平均低温周期分别为14.43、20.07、28.57 d)。

表1 甘肃省13个市州主要国家站最高、最低气温的主要周期

Table 1 Major periods of the maximum and minimum temperature of the main national stations in 13 cities and prefectures of Gansu Province d

站名	24 h		48 h		72 h	
	最高气温	最低气温	最高气温	最低气温	最高气温	最低气温
敦煌	22	14	22	23	22	21
酒泉	30	13	23	20	24	23
张掖	29	18	20	21	26	25
金昌	27	22	24	24	24	24
武威	15	23	24	24	25	24
白银	14	10	12	13	25	24
兰州	21	17	28	27	30	28
临夏	15	13	30	28	32	31
定西	13	12	14	15	32	31
武都	22	14	14	15	40	39
合作	14	10	10	10	36	38
天水	21	6	20	21	30	31
平凉	30	25	27	15	37	32
庆阳	23	5	26	25	30	29

此外,利用小波分析方法得出甘肃省78个国家站不同预报时次的最高、低温度滑动周期,整体来讲滑动周期集中在3~30 d左右,个别站点的滑动周

表2 3种预报产品24、48、72 h 高低温平均绝对误差、预报准确率及订正技巧

Table 2 Mean absolute error, forecast accuracy and correction skills of 24, 48, 72 h maximum and minimum temperature for three forecast products

预报时效/h	方法	高温绝对误差/℃	低温绝对误差/℃	高温准确率/%	低温准确率/%	高温订正技巧	低温订正技巧
24	CMA	1.76	1.67	65.80	68.00		
	城镇预报	1.53	1.36	73.40	77.50	13.07	18.56
	滑动训练	1.55	1.38	72.50	77.00	11.93	17.37
	最优融合	1.54	1.36	72.90	77.70	12.50	18.56
48	CMA	2.10	1.78	57.90	64.60		
	城镇预报	1.80	1.49	67.20	73.20	14.29	16.29
	滑动训练	1.93	1.50	63.30	73.70	8.10	15.73
	最优融合	1.90	1.46	64.10	74.70	9.25	17.98
72	CMA	2.26	1.84	54.80	62.50		
	城镇预报	1.96	1.55	63.50	71.80	13.27	15.76
	滑动训练	2.10	1.57	59.10	71.10	7.08	14.67
	最优融合	2.08	1.55	59.70	71.50	7.96	15.76

期超过30 d; 24 h 以内的滑动周期多集中在3~20 d,而48、72 h的滑动周期更多地集中在15~30 d,最长的玛曲站高低温滑动周期分别达到40和39 d。

2.2 预报准确率检验

针对2018年1月1日—12月31日甘肃高低温预报,开展城镇预报产品、滑动训练订正产品、最优融合产品与CMA指导预报产品预报能力的对比研究,分析24、48、72 h 预报产品的预报能力,对比结果见表2。结果表明:1) 城镇预报产品、滑动训练订正产品、最优融合产品3种订正产品绝对误差明显小于CMA指导预报产品,意味着3种预报方法对CMA预报均有订正能力。值得注意的是,客观方法预报产品和CMA指导预报产品对甘肃城镇站点最低气温的预报能力均高于最高气温的预报。2) 甘肃高低温的预报能力存在差距,随着时效的延长,预报准确率逐渐下降,72 h 内最高气温的预报准确率为63%~73%,而最低气温的预报准确率为72%~77%;主客观方法对于最低气温的预报能力均明显高于最高气温的预报能力。3) 由预报员主观制作的城镇预报产品与两种客观方法订正产品对比来看,最高气温的城镇预报产品准确率要仍然高于客观预报,24 h 主观预报与客观预报的准确率相差不到1%,48、72 h 的准确率差距在3%~4%;最低气温的主观预报准确率与客观预报基本持平,尤其是48 h 的准确率均低于客观预报。最大差距为1.5%。订正技巧的结果也证明了上述的观点。

2.3 空间误差检验

对比 CMA 高低温指导预报产品、城镇预报产品、滑动训练订正产品、最优融合产品不同预报时效内的高低温预报准确率空间分布,24、48、72 h 的预报准确率随时效增加而降低,但时空分布情况大致相同,以 24 h 结果为例(图 3、图 4)表明。

1) CMA 高低温指导预报产品对甘肃最低气温的预报准确率高于最高气温的预报准确率;其中最高气温的预报在河西地区要好于河东地区,而最低气温则相反;CMA 指导预报产品在祁连山区东部的古浪、永登和甘岷山区的舟曲、岷县、宕昌等地最高、最低温度的预报能力均较低。

2) 高低温城镇预报产品对 CMA 指导预报产品有一定的订正能力,长期来看,最高气温在武威、兰州、白银、天水、陇南、平凉、庆阳以及酒泉西部等地区的预报得到有效订正,而最低气温则在酒泉、武威、甘南、陇南、天水及庆阳部分地区得有效订正。

3) 滑动训练方法订正后的高低温产品与 CMA 指导预报高低温产品相比,最高气温的订正能力主

要体现在河东地区,如甘南、陇南交界地区;而最低气温的订正能力则在河东大部地区、酒泉西部得到体现,特别地在甘南、陇南交界区预报准确率提升 30% 以上。

4) 高低温最优融合产品与 CMA 指导预报产品相比,最高、最低气温的预报准确率均有明显的提升,其中在河东地区(甘南、陇南交界区)站点预报准确率提升超过 10%。

5) 对比高低温最优融合产品与城镇预报产品可以发现,针对最高气温的预报,城镇预报在酒泉西部、临夏、兰州、定西、白银、平凉、庆阳等地的预报准确率要高于最优融合预报,而在甘南、陇南、武威北部以及庆阳北部等地区,最优融合预报的预报准确率则要高于城镇预报的准确率;另外对于最低气温的预报,城镇预报产品在酒泉西部、庆阳北部的预报准确率要高于最优融合预报,而在定西、甘南、陇南地区则相反。

综合来讲,城镇预报产品在某些局地性的高低温变化中具有比模式客观预报产品更高的预报能

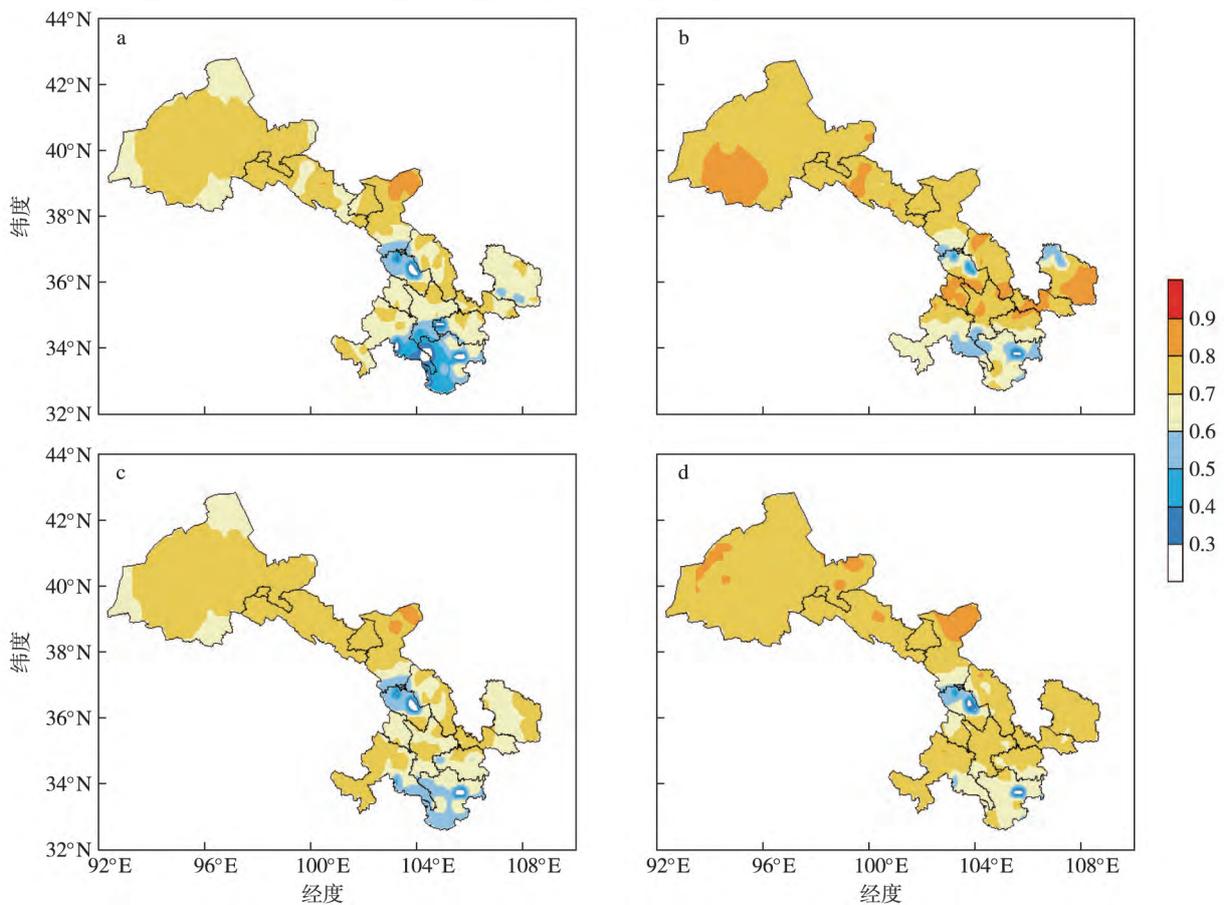


图 3 最高气温 24 h 预报准确率的空间分布: (a) CMA; (b) 城镇预报; (c) 滑动训练订正产品; (d) 最优融合产品

Fig.3 Spatial distribution of 24 h prediction accuracy of maximum temperature: (a) CMA; (b) urban forecast; (c) sliding training correction products; (d) optimal fusion products

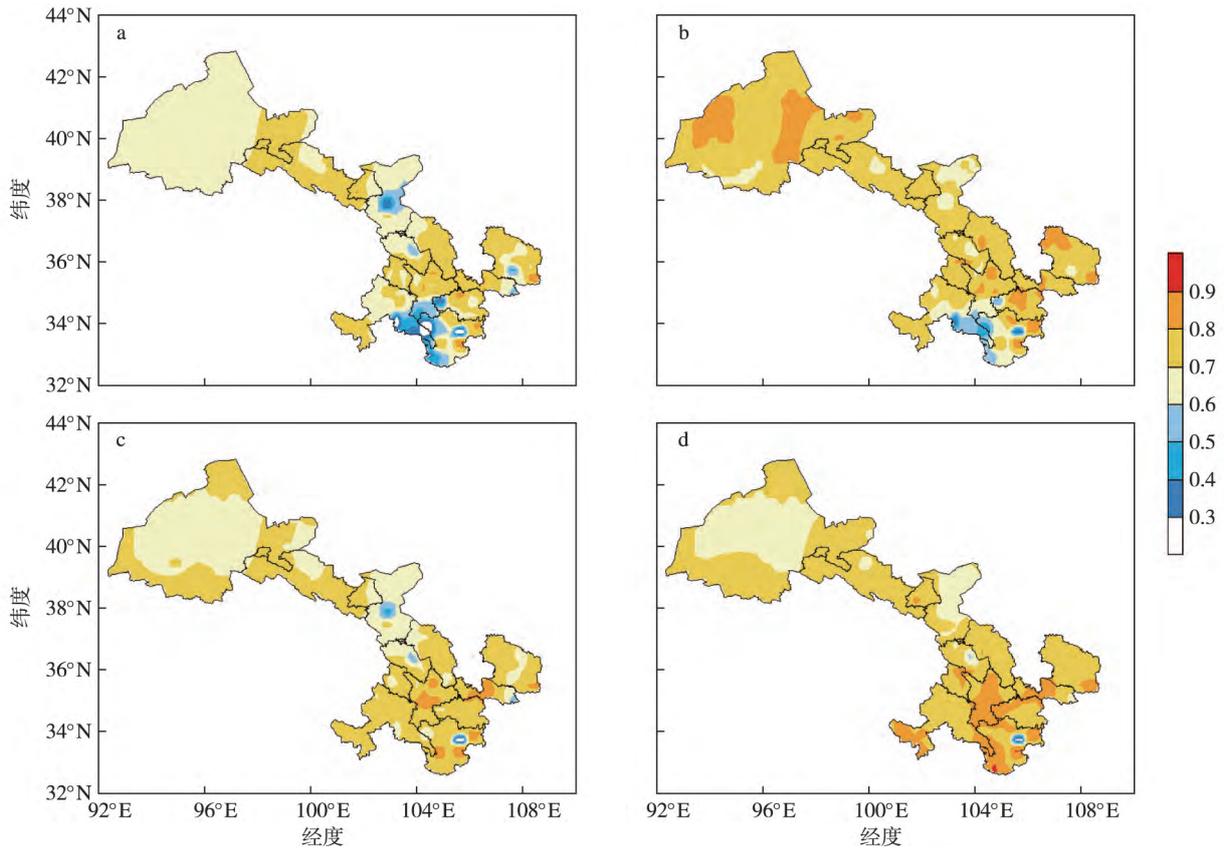


图4 最低气温 24 h 预报准确率的空间分布: (a) CMA; (b) 城镇预报; (c) 滑动训练订正产品; (d) 最优融合产品

Fig.4 Spatial distribution of 24 h prediction accuracy of minimum temperature: (a) CMA; (b) urban forecast; (c) sliding training correction products; (d) optimal fusion products

力, 这些地区的模式客观预报产品仍然需要研发更先进的方法进行客观订正, 而对于像甘南、陇南这些地区的模式客观预报系统性误差较大的地区, 客观最优融合预报方法的订正能力则彰显出更大的优势。

3 讨论和结论

本文针对智能网格预报业务开展以来所面对的客观化预报的问题, 提出基于中国气象局现行的 CMA 指导预报产品的智能网格预报(城镇站点预报)方法的研究, 利用小波分析的方法, 通过滑动训练、最优融合等技术, 研发出甘肃省最高、最低气温客观订正方法, 并与现有城镇站点预报进行对比, 结果表明前者有效地提升了客观预报的准确率, 主要结论如下:

1) 城镇预报产品、滑动训练订正产品、最优融合产品 3 种订正产品绝对误差明显低于 CMA 指导预报产品, 意味着 3 种预报方法对 CMA 预报均有订正能力, 且客观方法预报产品和 CMA 指导预报产品对甘肃城镇站点最低气温的预报能力均高于最

高气温的预报。

2) 高低温模式预报产品对于甘肃最低气温的预报能力要高于最高温, 经过客观方法订正后, 72 h 内最高温的预报准确率为 63% ~ 73%, 而最低气温的预报准确率为 72% ~ 77%。

3) 空间误差检验表明, 两种订正技术以及预报员城镇预报均对 CMA 高低温指导产品有明显的订正能力, 最优融合技术的优势主要体现在甘南、陇南等模式客观预报误差较大、系统误差明显的区域, 而预报员的优势集中在气温局地性特点强或者模式客观预报能力差的区域。

4) 与预报员主观制作的高低温城镇预报相比, 基于小波分析的最优融合预报方法最低气温的预报准确率已经达到主观订正水平, 最高气温的预报准确率也只是略低于主观预报, 气温要素的客观预报能力已经初步具备了替代主观预报的能力。

本文只是针对业务中的国家考核站高低温产品进行了客观订正与检验评估, 而对于更加需要客观订正方法的乡镇站点预报、格点预报, 还在研发中。

参考文献(References)

- Bowler N E ,Arribas A ,Mylne K R .2008.The benefits of multianalysis and poor man's ensembles[J].*Mon Wea Rev* ,136(11) : 4113-4129.
- 蔡凝昊 俞剑蔚 .2019.基于数值模式误差分析的气温预报方法[J].*大气科学学报* ,42(6) : 864-873. Cai N H ,Yu J W .2019.Temperature forecasting method based on numerical model bias analysis[J].*Trans Atmos Sci* ,42(6) : 864-873.(in Chinese) .
- 戴翼 何娜 付宗钰 等 .2019.北京智能网格温度客观预报方法(BJTM)及预报效果检验[J].*干旱气象* ,37(2) : 339-344 ,350. Dai Y ,He N ,Fu Z Y et al. 2019.Beijing intelligent grid temperature objective prediction method(BJTM) and verification of forecast result[J].*J Arid Meteor* ,37(2) : 339-344 ,350.(in Chinese) .
- Krishnamurti T N ,Kumar V ,Simon A et al. 2016.A review of multimodel superensemble forecasting for weather ,seasonal climate and hurricanes[J].*Rev Geophys* ,54(2) : 336-377.
- 矫梅燕 .2007.关于提高天气预报准确率的问题[J].*气象* ,33(11) : 3-8. Jiao M Y .2007.The ways to enhance the weather forecast skill[J].*Meteor Mon* ,33(11) : 3-8.(in Chinese) .
- 矫梅燕 .2010.天气业务的现代化发展[J].*气象* ,36(7) : 1-4. Jiao M Y .2010.Modernization process of weather forecast[J].*Meteor Mon* ,36(7) : 1-4.(in Chinese) .
- 李佰平 智协飞 .2012.ECMWF 模式地面气温预报的四种误差订正方法的比较研究[J].*气象* ,38(8) : 897-902. Li B P ,Zhi X F .2012.Comparative study of four correction schemes of the ECMWF surface temperature forecasts[J].*Meteor Mon* ,38(8) : 897-902.(in Chinese) .
- 潘留杰 薛春芳 王建鹏 等 .2017.一个简单的格点温度预报订正方法[J].*气象* ,43(12) : 1584-1593. Pan L J ,Xue C F ,Wang J P et al. 2017.A simple grid temperature forecast correction method[J].*Meteor Mon* ,43(12) : 1584-1593.(in Chinese) .
- 王蕊 王盘兴 吴洪宝 等 .2009.小波功率谱 Monte Carlo 显著性检验的一个简易方案[J].*南京气象学院报* ,32(1) : 140-144. Wang R ,Wang P X ,Wu H B et al. 2009.A simple scheme of Monte Carlo significance test for wavelet power spectrum[J].*J Nanjing Inst Meteor* ,32(1) : 140-144.(in Chinese) .
- 吴乃庚 曾沁 刘段灵 等 .2017.日极端气温的主客观预报能力评估及多模式集成网格释用[J].*气象* ,43(5) : 581-590. Wu N G ,Zeng Q ,Liu D L et al. 2017.Evaluation on subjective and objective diurnal extreme temperature forecasts and multi-model consensus gridded forecast application[J].*Meteor Mon* ,43(5) : 581-590.(in Chinese) .
- 吴启树 韩美 郭弘 等 .2016.MOS 温度预报中最优训练期方案[J].*应用气象学报* ,27(4) : 426-434. Wu Q S ,Han M ,Guo H et al. 2016.The optimal training period scheme of MOS temperature forecast[J].*J Appl Meteor Sci* ,27(4) : 426-434.(in Chinese) .
- 赵滨 张博 .2018.一种 2 m 温度误差订正方法再复杂地形区数值预报中的应用[J].*大气科学学报* ,41(5) : 657-667. Zhao B ,Zhang B .2018.Application of a bias correction scheme for 2-meter temperature levels over complex terrain[J].*Trans Atmos Sci* ,41(5) : 657-667.(in Chinese) .
- 赵声蓉 赵翠光 赵瑞霞 等 .2012.我国精细化客观气象要素预报进展[J].*气象科技进展* ,2(5) : 12-21. Zhao S R ,Zhao C G ,Zhao R X et al. , 2012.The development of objective meteorological element forecast in China[J].*Adv Meteor Sci Technol* ,2(5) : 12-21.(in Chinese) .
- 智协飞 黄闻 .2019.基于卡尔曼滤波的中国区域气温和降水的多模式集成预报[J].*大气科学学报* ,42(2) : 197-206. Zhi X F ,Huang W .2019.Multimodel ensemble forecasts of surface air temperature and precipitation over China by using Kalman filter[J].*Trans Atmos Sci* ,42(2) : 197-206.(in Chinese) .
- 智协飞 吴佩 俞剑蔚 等 .2019.GFS 模式地形高度偏差对地面 2 m 气温预报的影响[J].*大气科学学报* ,42(5) : 652-659. Zhi X F ,Wu P ,Yu J W et al. 2019.Impact of topographic altitude bias of the GFS model on the 2 m air temperature forecast[J].*Trans Atmos Sci* ,36(3) : 257-266.(in Chinese) .

Application of objective prediction method based on wavelet analysis in intelligent grid high and low temperature prediction

LIU Xinwei¹, DUAN Bolong¹, HUANG Wubin¹, DUAN Mingkeng², LI Rong¹,
DI Xiaohong¹, WEI Sujuan³

¹Lanzhou Central Meteorological Observatory Lanzhou 730020, China;

²Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters (CIC-FEMD) /Key Laboratory of Meteorological Disaster, Ministry of Education (KLME) /Joint International Research Laboratory of Climate and Environment Change (ILCEC) Nanjing University of Information Science & Technology Nanjing 210044, China;

³Gansu Academy of Eco-environmental Sciences Lanzhou 730020, China

Based on the 2017—2018 high-resolution numerical forecast products of China Meteorological Administration (CMA), real-time urban forecast products of Gansu Province and data of national ground-based observation stations, the intelligent grid high and low temperature objective correction products of Gansu Province are developed by using wavelet analysis, sliding training, optimal fusion and other technologies. The test results show that the three correction products (urban forecast products, sliding training correction products and optimal fusion products) have the ability to correct CMA forecast, and the maximum temperature correction ability of the three objective correction products is stronger than the minimum temperature correction ability. The prediction results of the high and low temperature correction products produced by the sliding training method and the optimal fusion method are better than those of the model objective prediction in the areas with obvious systematic errors (Gannan, Longnan, etc.), while the high and low temperature urban prediction products have advantages in the areas with strong temperature localization or poor model objective prediction ability. The prediction ability of the high and low temperature products generated by the optimal fusion prediction method is slightly higher than that of the sliding training correction products, and is basically the same as that of the urban prediction products produced by the existing forecasters, which initially has the ability to replace the subjective prediction.

intelligent grid; wavelet analysis; temperature correction

doi: 10.13878/j.cnki.dqkxxb.20190102011

(责任编辑: 张福颖)