

白慧,高辉,刘长征,等.MODES系统对贵州月气温、降水预测初步评估[J].沙漠与绿洲气象,2016,10(5):58-63.

doi:10.3969/j.issn.1002-0799.2016.05.009

MODES 系统对贵州月气温、降水预测初步评估

白 慧^{1,2},高 辉³,刘长征³,毛炜峰⁴,杜良敏⁵

(1.贵州省气候中心,贵州 贵阳 550002;2.贵州省山地气候与资源重点实验室,贵州 贵阳 550002;

3.国家气候中心,北京 100081;4.中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,新疆 乌鲁木齐 830002;

5.武汉区域气候中心,湖北 武汉 430074)

摘 要:通过对2013年1月—2015年6月(MODES)发布的最优月预测产品在贵州省月平均气温距平和降水距平百分率的预测检验评估,发现MODES对全省平均气温有较好的预报,分析时段内预测与实况的相关系数为0.24,距平同号率为65.5%,且对气温偏高预测的可参考性高于其对气温偏低的预测。相比于气温,MODES对降水预测能力较弱,参考性也相对较低,其中对贵州全省平均降水偏多趋势的预测技巧要优于对全省平均偏少趋势的预报技巧。逐站分析显示,MODES对贵州气温预测效果较好的地区在西部、北部和东部,对降水偏多的预测效果较好的地区位于除西北部 and 北部边缘地区外的其余大部地区。通过对MODES与预报员综合预报的结果评估发现,MODES月预测总体效果较预报员好,且稳定性高于预报员,可为预报员提供参考信息。

关键词:多模式解释应用集成预测系统(MODES);距平同号率;Ps评分;检验评估

中图分类号:P456.7

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2016)05-0058-06

短期气候预测对现代社会经济活动具有重大应用价值,近20 a其科学研究和业务应用方面发展迅速。传统上气候预测技术主要分为物理统计方法和动力模式两类,但随着模式技术的迅速发展,目前气候模式动力预测技术是世界各大气候预测业务部门的主要工具^[1-7]。大气环流主要受海陆差异、海表温度、积雪等空间和时间上连续性较强的大尺度要素影响,在模式中其模拟和预测水平较高,而云—辐射、对流性降水等复杂小尺度物理过程通常用参数化方案做近似描述,导致气温和降水难以完全准确模拟和预测。对月和季节时间尺度而言,大尺度气温和降水特征往往与大尺度环流特征有关。东亚季风区副热带高压变化和夏季雨带移动关系密切,西伯

利亚高压和北极涛动位相对冬季气温具有指示作用,因此通过大气环流场间接预测降水温度通常具有更高技巧^[8-9]。在现有模式发展水平下,从大量的动力模式产品中最大限度地提取具有高技巧性的大尺度环流信息,利用动力和统计相结合的降尺度方法是提高短期气候预测准确率的有效途径^[10-13]。由于气候预测的复杂性,各种气候预测技术方法的适用性在不同国家和地区并不相同,相应采用的气候模式、多模式集合、降尺度方法、统计方法和降尺度—统计集合等具体技术发展和应用的重点也有很大区别。因此,在省级预测业务工作中对具体预测技术进行检验评估是非常重要的基础性工作^[14-16]。为了促进短期气候预测业务向客观定量化发展,国家气候中心基于国内外气候业务模式数据解释应用集成预测技术的研发和业务应用建立了相应的多模式解释应用集成预测系统MODES(Multi-model Downscaling Ensemble System),MODES具有等权平均、经典超级集合、区域最优和加权平均等多种集成方法,并采用等权平均和经典超级集合两种方法对

收稿日期:2015-12-31;修回日期:2016-03-22

基金项目:贵州省科技厅攻关项目—贵州省干旱灾害风险评估研究,贵州省气象局气象科技开放研究基金项目和2016年贵州省气象局气候预测业务项目共同资助。

作者简介:白慧(1984-),女,工程师,主要从事短期气候预测研究工作。E-mail: baihui926@aliyun.com

各模式的降尺度方法预测结果进行集成。刘长征等^[19]采用 PS 评分、异常相关系数(ACC)和距平符号一致率评分方法对 MODES 产品在我国冬季、夏季和月平均气温及降水业务应用进行了预测效果评估,发现其对气温有较好的预测能力及对降水趋势预测有一定的预测技巧,但对于不同区域的预测仍缺乏针对性和精细化。MODES 于 2012 年陆续向省级推广更新,各省(区、市)气候中心也开展了针对本省的初步评估,但目前均缺乏针对性的客观化检验评估,尤其是逐月的详细分析,而国家气候中心提供的 MODES 预测评估主要针对全国开展,也没有针对各省开展针对性评估。同时,贵州省区域小、站点少,从国家气候中心的评估中难以获取足够的信息。因此非常有必要开展有预测数据以来详细的点对点检验,并客观分析预报不好月份。本文主要对国家级逐月发布的 MODES 月平均气温及降水的最优预测产品在贵州省预测进行检验评估,以客观评价其在贵州省级区域的预测能力,为 MODES 开发团队在省级降尺度应用中提供基础分析和依据,帮助找到预测偏差的原因,进而改进降尺度算法和多模式统计集合技术,从而更好地利用多个模式信息提取重要环流特征量并实现业务化,同时也为预报员对 MODES 月预测产品的使用提供借鉴,从而有效地获取气候异常预测信息。

1 资料和评估方法

1.1 资料

MODES 所用数据主要包含模式数据和台站观测数据两种。模式数据包括 ECMWF, NCEP, 东京气候中心(TCC)和中国气象局国家气候中心(NCC)实时发布的季节预测全球模式产品输出场。在业务应用中,MODES 主要针对 500 hPa 位势高度、200 hPa 纬向风和经向风、850 hPa 气温 4 个要素的异常场采用 4 种降尺度方法(EOF 迭代、BP-CCA、OSR 和 HCRE 方法)及 2 种降尺度集成方法(等权平均和经典超级集合方法)。台站数据包括我国 2434 站的月平均气温和月降水量观测数据。通过对 MODES 各模式产品的预报因子和参数选取方案试验建立相应的降尺度解释应用模型和客观集成系统,并进行业务化,它是基于先进模式系统并可供国家级和省级多层次使用的高质量月/季尺度气候预测产品和业务系统。

文中所用的站点资料为贵州省参与中国气象局月预测评分的 85 个地面气象观测站的月平均气温

和降水量资料,时段为 2013 年 1 月至 2015 年 6 月共 30 个月。同时段的 MODES 模式预测资料为超前 1 月起报的月平均气温距平和降水量距平百分率的最优月预测产品,但由于 2013 年 4 月 MODES 预测资料出现故障未能获取,实际使用为 29 个月。本文气候平均时段均为 1981—2010 年。

1.2 方法

本文用到的评估方法主要为距平同号率和 PS 评分。

距平同号率评估以预测和实况的距平符号是否一致为判断依据,采用逐站进行评判。当预报和实况距平符号一致时又可细分为同正率和同负率,前者指预报和实况距平均为正,后者指预报和实况距平均负。距平同号率公式定义为 $N_0 / N \times 100\%$, 式中 N_0 为距平符号预测正确站数; N 为实际参加评估站数(即规定参加考核站数减去实况缺测站数)。

PS 评分方法分别考虑预测的趋势项、异常项和漏报项的综合贡献,定义如下:

$$PS = \frac{a \times N_a + b \times N_1 + c \times N_2}{(N - N_0) + a \times N_0 + b \times N_1 + c \times N_2 + M} \times 100, \quad (1)$$

式中, a 、 b 和 c 分别为气候趋势项、一级异常项(对降水距平百分率 R_a 是 $50\% > R_a \geq 20\%$ 或 $-20\% \geq R_a > -50\%$, 对气温距平 T_a 是 $2\text{ }^\circ\text{C} > T_a \geq 1\text{ }^\circ\text{C}$ 或 $-1\text{ }^\circ\text{C} \geq T_a > -2\text{ }^\circ\text{C}$) 和二级异常项($R_a \geq 50\%$ 或 $R_a \leq -50\%$; $T_a \geq 2\text{ }^\circ\text{C}$ 或 $T_a \leq -2\text{ }^\circ\text{C}$) 的权重系数。按照中国气象局规定,本办法分别取 $a=2$, $b=2$ 和 $c=4$ 。逐站判定预测的趋势是否正确,统计出趋势预测正确的总站数 N_0 , 一级异常预测正确的总站数 N_1 和二级异常预测正确的总站数 N_2 。没有预测二级异常而实况出现降水距平百分率 $R_a \geq 100\%$ 或 $R_a = -100\%$ 、气温距平 $T_a \geq 3\text{ }^\circ\text{C}$ 或 $T_a \leq -3\text{ }^\circ\text{C}$ 的站数(称为漏报站,记为 M)。实际参加评估的站数 N 规定为参加考核站数减去实况缺测的站数。

2 MODES 对贵州省月气温、降水预测效果评估

对比 2013 年 1 月—2015 年 6 月国家级发布的 MODES 最优月预测产品与贵州省 85 站月平均气温距平、降水距平百分率实况(图 1)可以发现,分析时段内气温预测与实况的相关系数为 0.24, 距平同号率为 65.5%, 表明 MODES 对贵州月平均气温有较好的预报。进一步统计发现,预报和实况的距平同正率为 75.0%、同负率为 44.4%, 说明 MODES 对贵州气温偏高预测的可参考性高于其对气温偏低的预测。相比于气温,研究时段内 MODES 月降水量的趋

势预测与观测值的相关系数仅为-0.03,二者同号率为48.3%,其中同正率为68.8%、同负率为23.1%。表明相比于气温,MODES对降水预测能力较弱,参考性也相对较低,其中对贵州全省平均降水偏多趋势的预测技巧要优于偏少的预报技巧。

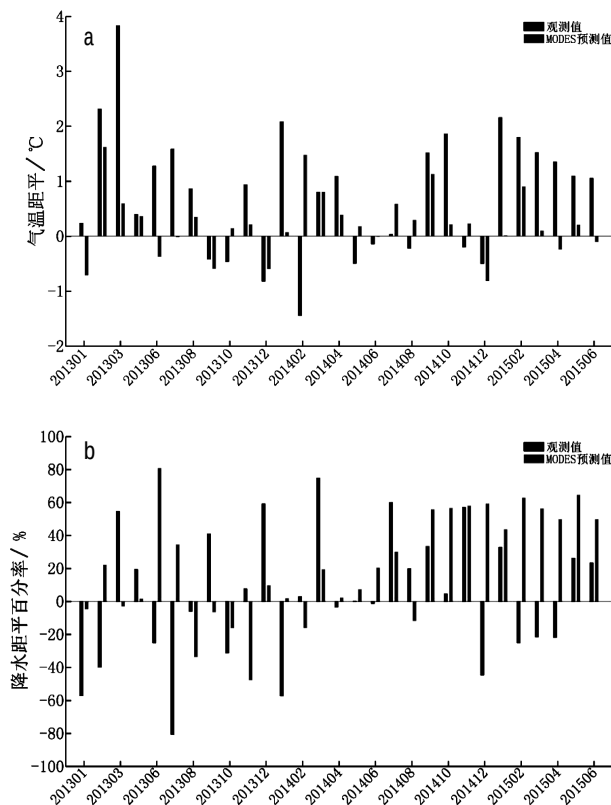


图1 2013年1月—2015年6月贵州省月平均要素实况和MODES预报
(a为气温距平,b为降水量距平百分率)

进一步统计了评估时段内贵州省85站月气温距平和降水距平百分率实况与MODES预测间同号率、同正率和同负率的空间分布情况(图2)。可以看出,气温同号率高的地区主要位于贵州省西部、北部和东部地区,数值可达60%以上,尤其在六盘水市北部、黔西南州西部和黔东南州东部地区,同号率达70%以上,其余地区均在60%以下,在贵阳市东南部和黔南州中部地区同号率低于45%。在实况气温偏暖情况下预报也偏暖的同正率明显优于同号率,在贵州省西部、北部和东部地区均超过60%,局部达80%以上。和同正率相反,同负率较高的地区位于贵州省中部,数值可达60%以上,局部达80%以上。降水同号率的空间分布除贵州省之中部以西和以东的部分地区达60%以上外,其余大部地区均在50%左右。和同号率相比,同正率除在贵州省西北部 and 北部

边缘地区较低外,其余大部地区均在60%以上,尤其是安顺大部 and 黔南州东部地区达80%。但降水预报和实况的同负率明显偏低,仅在西部局地达60%,其余大部地区均在50%左右及以下。图2的结果和图1相近,表明MODES对贵州降水预测总体效果不如气温,但对贵州西部、北部和东部地区气温偏高和中部地区气温偏低的预测效果较好。

进一步挑选分析时段内月平均气温、降水MODES预测产品PS评分最高和最低的3个时次作为典型预报个例分析,以判断其预测得失的原因。气温PS评分最高的3个月分别是2013年5月、2014年9月和2015年2月,其PS评分分别为96.3、98.7和100.0。在这3个月中,MODES气温预测与实况趋势非常一致,均表现为全省大部地区一致偏高。但对于超过1℃以上的气温正距平,MODES预测区域和实况并不是很一致,尤其是2013年5月,一级异常预报站数为0,说明MODES预测主要依赖于其趋势项。而在气温PS评分最低的3个月中(分别为2013年1月、2013年6月和2014年2月,其Ps评分分别为45.5、35.0和0.0)(表1),MODES月平均气温的预测趋势与实况几乎相反,实况表现为全省大部地区偏高、偏高和偏低,而MODES预测趋势为全省大部地区偏低、偏低和偏高,进一步说明MODES对贵州预测主要依赖于其对正负距平趋势的预测。

同样挑选MODES预测产品在分析时段内月降水预测PS评分最高和最低的3个月作为典型月份分析。其中降水Ps最高的3个月为2014年7月、2014年11月和2015年5月,对应的PS评分分别为90.0、98.3和90.7。在这3个月中,MODES月降水距平趋势预测与实况总体一致,均表现为全省大部地区偏多,距平正负趋势预测准确站数分别为82%、100%和74%,但降水偏多偏少2成以上的异常级预测得分均不高,预测准确站数分别占总站数的32%、40%和28%。在降水预报PS评分最低的3个月中(分别是2014年12月、2015年2月和2015年3月,PS评分分别为20.2、46.0和43.0)(表1),贵州省85站的预测与实况距平基本相反,实况表现

表1 MODES月气温、降水预测PS评分3个最低年预报与实况对比

时间	气温			降水		
	2013.01	2013.06	2014.02	2014.12	2015.02	2015.03
实况	全省大部偏暖	全省偏暖	全省偏冷	全省大部偏少	全省大部偏少	全省大部偏少
预报	全省偏冷	全省偏冷	全省偏暖	全省偏多	全省偏多	全省偏多
Ps评分	45.4	35.0	0.0	20.2	46.0	43.0

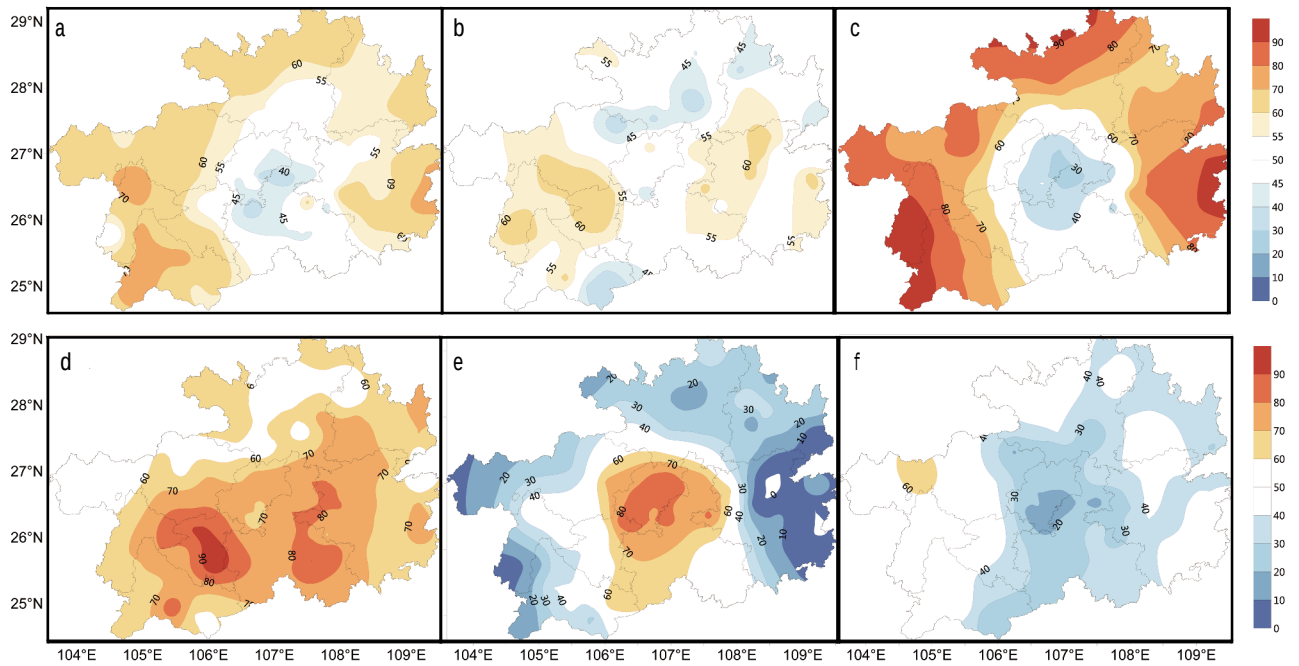


图2 2013年1月—2015年6月贵州月平均气温、降水实况与MODES预报的空间分布
(a、b、c为气温距平;d、e、f为降水距平百分率;a和d为同号率;b和e为同正率;c和f为同负率)

为全省大部地区偏少,而MODES预测趋势为全省大部地区偏多,距平符号预测准确率分别为7%、20%和19%,进一步说明MODES预测评分主要依赖于其距平符号准确与否。

通过上述典型气温、降水预报PS高分和低分的例子并结合图1可以发现,MODES预测全省气温一致性偏低的准确率要明显低于其预测全省一致性偏高的准确率,此时需要基于其它预测手段加以进一步分析。而MODES对全省降水预测一致性偏多的可参考性低于气温。

3 MODES与预报员综合预报PS评分对比

目前我国的气候预测主要采用动力统计相结合的方法^[20]。预报员在最终发布预报时需要综合考虑模式或模式释用等客观化产品和下垫面等物理因子的前兆影响。对比分析研究时段内MODES与贵州省预报员综合预报的PS评分(图3)可见,MODES预报月平均气温距平和降水距平百分率平均分分别为72.1和69.4,均较预报员综合预报PS评分高(对应分别为69.8和63.0),其中降水的优势更为明显。同时,MODES气温和降水PS评分的均方差分别为21.9和17.6,均小于预报员综合预报评分的均方差(对应分别为25.6和20.1),表明MODES预测不仅效果好于预报员综合预报,而且预报性能更为稳定。

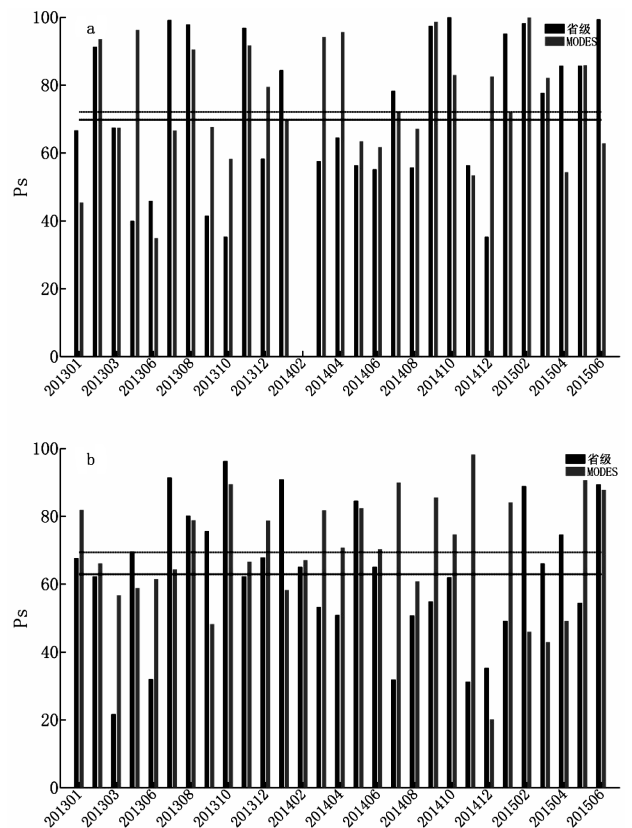


图3 2013年1月—2015年6月MODES与预报员综合预报的PS评分
(a为气温距平,b为降水距平百分率)

从二者的差值对比来看,MODES对气温预报评分优于预报员的月份占51.7%,且对气温偏低的趋势预测把握更好,对降水预报评分优于预报员的月份占58.6%,且对降水偏多的趋势预测把握较省级更好。

4 结论

本文通过2013年1月—2015年6月MODES最优月预测产品对贵州省月平均气温距平和降水距平百分率的预测效果进行检验评估,得到以下结论:

(1)MODES对全省平均气温有较好的预报,分析时段内预测与实况的相关系数为0.24,同号率为65.5%,其中同正率和同负率分别为75.0%和44.4%。相比于气温,MODES对降水预测能力较弱,参考性也相对较低,分析时段内预测与实况的相关系数仅为-0.03,同号率为48.3%,其中同正率和同负率分别为68.8%和23.1%。表明MODES对全省气温偏高和降水偏多趋势的预测技巧要优于其对全省气温偏低和平均降水偏少的预报技巧。

(2)通过评估时段内贵州省85站月气温距平和降水距平百分率实况与MODES预测间同号率、同正率和同负率的空间分布情况,分析显示MODES对贵州气温偏高预测效果较好的地区位于该省西部、北部和东部,对降水偏多的预测效果较好的地区位于除西北部和北部边缘地区外的其余大部地区。

(3)通过对MODES与预报员综合预报的结果评估发现,MODES月预测总体效果更好,且稳定性高于预报员预报。对月平均气温而言,MODES对气温偏低的趋势预测把握较预报员更好,对月降水量而言,MODES对降水偏多的趋势预测把握较预报员好。上述分析表明,MODES可为预报员制作预报提供一定参考信息。

本文主要针对MODES在贵州气温、降水的月平均预测效果开展评估。随着预测业务的发展和服务需求的提升,月平均的预测产品已经显示出一定的服务能力不足。近年来,MODES也积极拓展其预测范围,包括影响东亚气候的关键环流因子预测及月内尺度的延伸期预测。今后将继续加强这方面的评估,以评估更全面的该预报系统在贵州省的预测能力,为省级气象防灾减灾提供一定参考信息。

参考文献:

[1] 颜宏.关于气候预测与模拟若干问题的思考[J].应用气象学报,1997,8(增刊):6-14.

- [2] 李维京,张培群,李清泉,等.动力气候模式预测系统业务化及其应用[J].应用气象学报,2005,16(增刊):1-11.
- [3] 贾小龙,陈丽娟,高辉,等.我国短期气候预测技术进展[J].应用气象学报,2013,24(6):641-655.
- [4] 吴统文,宋连春,刘向文,等.国家气候中心短期气候预测模式系统业务化进展[J].应用气象学报,2013,24(5):533-543.
- [5] 李维京,郑志海,孙丞虎.近年来我国短期气候预测中动力相似预测方法研究与应用进展[J].大气科学,2013,37(2):341-350.
- [6] 于海鹏,黄建平,李维京,等.数值预报误差订正技术中相似一动力方法的发展[J].气象学报,2014,72(5):1012-1022.
- [7] 任宏利,张培群,李维京,等.提高月预报业务水平的动力相似集合方法[J].气象学报,2014,72(4):723-730.
- [8] 李维京,陈丽娟.动力延伸预报产品释用方法的研究[J].气象学报,1999,57(3):338-345.
- [9] 陈丽娟,李维京,张培群,等.降尺度技术在月降水预报业务中的应用[J].应用气象学报,2003,14(6):648-655.
- [10] 顾伟宗,陈丽娟,张培群,等.基于月动力延伸预报最优信息的中国降水降尺度预测模型[J].气象学报,2008,67(2):280-287.
- [11] 贾小龙,陈丽娟,李维京,等.BP-CCA方法用于中国冬季温度和降水的可预报性研究和降尺度季节预测[J].气象学报,2010,68(3):398-410.
- [12] 顾伟宗,陈丽娟,李维京,等.降尺度方法在中国不同区域夏季降水预测中的应用[J].气象学报,2012,70(2):202-212.
- [13] 康红文,祝从文,左志燕,等.多模式集合预报及其降尺度技术在东亚夏季降水预测中的应用[J].气象学报,2012,70(2):192-201.
- [14] 闫敬华.华南区域短期气候模式及其性能分析[J].热带气象学报,2000,16(1):9-17.
- [15] 杜良敏,柯宗建.一种适用于延伸期过程事件预报的检验方法[J].应用气象学报,2013,24(6):686-694.
- [16] 王毅,金荣花,代刊,等.2008年1月欧亚阻塞形势的ECMWF集合预报效果评估检验[J].大气科学学报,2014,37(3):257-267.
- [17] 成璐,沈润平,师春香,等.CMORPH和TRMM 3B42降水估计产品的评估检验[J].气象,2014,40(11):1372-1379.
- [18] 刘长征,江远安,毛炜峰,等.新疆夏季降水和冬季气温预测方法及效果评估[J].沙漠与绿洲气象,2015,9(2):1-8.
- [19] 刘长征,杜良敏,柯宗建,等.国家气候中心多模式解释应用集成预测[J].应用气象学报,2013,24(6):677-685.
- [20] 李维京.现代气候业务[M].北京:气象出版社,2012.

Assessment of Multi-model Downscaling Ensemble Prediction System for Monthly Temperature and Precipitation Prediction in Guizhou

BAI Hui^{1,2}, GAO Hui³, LIU Changzheng³, MAO Weiyi⁴, DU Liangmin⁵

(1. Guizhou Climate Center, Guiyang 550002, China; 2. Guizhou Key Laboratory of Mountainous Climate and Resource, Guiyang 550002, China; 3. National Climate Center, Beijing 100081, China; 4. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China; 5. Wuhan Regional Climate Center Wuhan 430074, China)

Abstract Based on the outputs of different climate models, National Climate Center of China Meteorological Administration (CMA) established a multi-model downscaling ensemble prediction system (MODES) in 2011. Since then the system has been used widely in the domestic seasonal prediction operation. By assessing and verifying the prediction of MODES for monthly temperature and precipitation in Guizhou province during January 2013 to June 2015, this paper indicates that the system has a good temperature prediction skill in the province. The correlation coefficient and the total ratio of same anomaly symbol between MODES and observation are 0.24 and 65.5%. Prediction skill of positive temperature anomaly is higher than the negative anomaly. Compared to temperature prediction, the prediction skill for precipitation in MODES is lower, but the prediction skill of positive precipitation anomaly is higher than the negative anomaly. Spatial distribution of verification results show that the high skill scores appear in the western, northern and eastern part of Guizhou province for temperature, and in most regions for precipitation except in part of northwestern and northern regions. During the research period, the prediction skill scores are stably higher than the scores of the subjective forecasts made by the forecaster, especially for negative temperature anomaly and for positive precipitation anomaly.

Key words multi-model downscaling ensemble prediction system (MODES); ratio of the same anomaly symbol; PS score; assessment and verification