

李雪洮,段春锋,杨智敏,等. SEAS5模式对新疆月尺度气温和降水的预测性能评估[J]. 沙漠与绿洲气象, 2022, 16(5): 31–38.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2022.05.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



SEAS5 模式对新疆月尺度气温和降水的预测性能评估

李雪洮¹, 段春锋², 杨智敏¹, 陈颖^{1*}

(1. 新疆气候中心, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 安徽省气候中心, 安徽 合肥 230031)

摘要: 基于欧洲中期天气预报中心第五代季节预测系统 SEAS5 模式的历史回报数据和新疆 98 个气象站的气温、降水观测资料, 利用距平符号一致率 P_c 、趋势异常综合评分 P_s 、距平相关系数 ACC 、时间相关系数 TCC 等方法, 综合评估 SEAS5 模式对新疆 1993—2019 年月尺度气温和降水的预测性能。结果表明: SEAS5 模式对新疆月气温、降水的总体预测性能较好, 对降水趋势和量级有一定的预测能力。模式的预测性能存在明显的月际差异和空间差异。模式对新疆 4—9 月气温和 4 月、6—8 月降水的预测性能较好。气温预测评分中, 4 月 P_c 最高 (61.3 分), 7 月 P_s 最高 (74.4 分), 6 月 ACC 最高 (0.17)。降水预测评分中, 4 月 P_c 最高 (58.7 分), 7 月 P_s 最高 (72.1 分), 4 月 ACC 最高 (0.16)。空间分布上, 模式对 1、3、6 和 12 月南疆的气温预测性能普遍高于北疆, 对 7 和 9 月南疆西部的预测性能低于其他地区。模式对南疆的降水预测性能普遍高于北疆。

关键词: SEAS5 模式; 气候预测; 模式检验; 新疆; P_s 评分

中图分类号: P468

文献标识码: A

文章编号: 1002-0799(2022)05-0031-08

新疆是我国受自然灾害影响较严重的地区, 新疆的气象灾害及其衍生灾害呈现出突发性强、种类多、强度大、频率高、灾害重、影响广的特点, 给当地经济社会持续发展带来了严峻挑战^[1]。在这一背景下, 新疆月尺度气候预测的重要性显得尤为突出, 及时准确地提供灾害性、关键性短期气候预测, 对于农业、能源、粮食安全、卫生健康、交通运输和应急管理等部门决策具有重要意义和显著价值。

我国的短期气候预测业务经历了经验性统计、数理统计、动力模式和动力与统计相结合^[2-3]几个发展阶段, 目前已经建立起一套较为完备的“延伸期—

月—季—年”多尺度气候预测业务系统^[4-6]。其中, 气候模式集合预测已经成为全国各气候预测业务中心的主要预测工具之一^[7], 其作为月、季、年度气温降水趋势预测的一种客观方法和预测手段, 为我们的短期气候预测工作提供了较为可信的参考依据。但模式初始条件、边界条件的误差和模式计算中各种近似处理引入的误差使预报结果不可避免地存在不确定性, 进而导致模式预报技巧受到限制。根据国内外研究成果, 模式可预报性存在海洋强于陆地, 低纬优于高纬的分布特征^[8]。新疆位于欧亚大陆腹地的干旱半干旱区, 降水少且气温变率大^[9], 大气的内在变率很大, 影响此地区气候变异的因素太多、太复杂^[10], 这从根本上导致气候模式对新疆的气温和降水预测技巧并不高。由于地域辽阔, 东西跨度约 1 900 km、南北跨度约 1 800 km, “三山夹两盆”的地形使得新疆气候也存在着明显的区域差异。因此对气候模式进行全面的检验评估, 了解模式预报技巧在新疆的时空分布特征, 有利于充分发挥这一客观预测产品

收稿日期: 2021-11-30; 修回日期: 2022-03-10

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金面上项目(2021D01A149); 2022年新疆气象科技创新发展基金青年基金项目(QN202102)

作者简介: 李雪洮(1994—), 女(回族), 助理工程师, 主要从事短期气候预测业务和科研相关工作。E-mail: 937185144@qq.com

通信作者: 陈颖(1977—), 女, 正高级工程师, 主要从事气候预测研究。E-mail: meihuazui1206@qq.com

在新疆短期气候预测业务中的应用效益,提高新疆月尺度气候预测能力。研究成果可在新疆月尺度气候预测业务中得到实际应用。

近年来,全国各省区气候中心在气候预测模式检验评估方面做了大量工作,何慧根等^[7]基于国家气候中心第二代月动力延伸预测模式业务系统(DERF2.0)数据和全国台站观测资料,综合评估了DERF2.0系统对中国的气温和降水的预测性能,表明DERF2.0模式对极端旱、涝个例年有一定的预测能力,且对气温的预测明显好于降水。重庆、广西、贵州、江西、新疆、宁夏和陕西有学者^[11-17]做了类似针对DERF2.0模式在本地适用性的检验工作。但是,对于在气候预测业务中经常使用的欧洲中心中长期模式,国内外的检验评估工作较少,主要有:Amulya Chevuturi等^[18]利用GPCP降水数据和ERA5再分析数据检验了欧洲中心第五代季节预测系统SEAS5对于印度夏季风的预测技巧,发现该模式在提前一个月预测大尺度季风的动力学特征和局地尺度季风的爆发方面有显著技巧;Wang等^[19]基于SEAS5模式36 a的回报数据,评估了该模式对澳大利亚降水和日最高气温、日最低气温的预测水平,表明SEAS5模式对未来一个月的预测效果很好,但超出一个月预报时效后,预测技巧显著下降;Stefanie Gubler等^[20]检验评估了SEAS5模式在南美地区的预测水平,发现南半球夏季时该模式对热带地区气温的预测性能最优,准确率达70%,模式对南美的降水预测性能较气温稍差,且体现出更大的时空差异性。国内关于SEAS5模式的相关研究较少,郑嘉雯等^[21]基于BCC_CSM1.1m、NCEP_CFSv2和SEAS5模式的历史回报、中国全球大气再分析系统资料,对500 hPa位势高度和西太平洋副热带高压进行了预报性能评估和可预报性分析,表明3个模式在热带地区均具有较高的预报能力,BCC模式表现最为突出,SEAS5模式预报稳定性最好。

纵观前人的研究成果,可见SEAS5模式的预测能力较强且稳定性好,但在新疆这一中高纬度复杂地形地区的预测技巧还未知。了解SEAS5模式预报技巧在新疆的时空分布特征,有利于充分发挥这一客观预测产品在新疆短期气候预测业务中的应用效果,进而提高新疆月尺度气候预测能力。

1 资料和方法

1.1 模式资料

SEAS5(Seasonal Forecasting System 5)是2017

年11月投入运行的欧洲中期天气预报中心(ECMWF)第五代季节预测系统,也称ECv5。与ECv4相比,SEAS5使用了更高分辨率的新版大气和海洋模块,添加了海冰模块。新版本模式减少了赤道太平洋冷舌的预报偏差,同时模拟的ENSO振幅更加真实准确,在中西部太平洋地区的ENSO预测技巧有所提高,而在热带太平洋地区,2 m温度的预测技巧也明显提升^[22]。

模式数据为欧洲中期天气预报中心第五代季节预测系统(SEAS5)的气温和降水预测产品,来源于国家气候中心多模式解释应用集成预测系统^[23](MODES)提供的多模式数据集V2版本,评估时段为1993年1月—2019年12月(其中2017年模式数据缺失),起报日期为每月8日,水平分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 。考虑到预报时效问题,本文使用SEAS5模式提前1个月对逐月气温、降水的预测结果进行检验。

1.2 观测资料

本研究的观测数据来源于新疆气候中心,包括新疆98个气候预测检验站点1993年1月—2019年12月的气温和降水观测数据。

1.3 检验方法

1.3.1 P_s 评分

根据中国气象局预报与网络司《月、季气候预测检验评分方法》业务规定,分别考虑预报的趋势项、异常项和漏报项,以短期气候趋势异常综合(P_s)检验作为气候预测的综合评定方法, P_s 检验方法的计算公式:

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

式中, N_0 为气候趋势预测正确的站数; N_1 为一级异常预测正确的站数; N_2 为二级异常预测正确的站数; M 为没有预报二级异常而实况出现降水距平百分率 $\geq 100\%$ 或等于 -100% 、气温距平 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 或 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 的站数(下称漏报站); a 、 b 和 c 分别为气候趋势项、一级异常项和二级异常项的权重系数,为客观反映当前国家级和省级业务单位短期气候预测水平,促进气候预测业务由平均态趋势预测向异常气候趋势预测转变,中国气象局预报司于2013年颁布《月、季气候预测质量检验业务规定》规定各权重系数取值为 $a=2$ 、 $b=2$ 、 $c=4$ 。

1.3.2 P_e 评分

P_e 评分以预报和实况的距平符号是否一致为判断,逐站判断,计算公式如下:

$$P_c = \left(\frac{N_0}{N} \right) \times 100. \quad (2)$$

式中, N_0 为预测与实况距平符号相同的站数, N 为参加评分的总站数。

1.3.3 ACC 评分

ACC 评分是 WMO 于 1996 年确定并建议使用的指标, 其使用降水距平百分率和平均气温距平计算距平空间相关系数, 主要反映的是预报值与实况值空间型的相似程度, 也可称为空间相似系数。每次预报均可对预报场计算空间相似系数, 需要首先计算各个格点的时间平均和异常:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{i,j}, \quad \bar{f} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_{i,j}, \quad (3)$$

$$\Delta X_{i,j} = X_{i,j} - \bar{X}, \quad \Delta f_{i,j} = f_{i,j} - \bar{f}, \quad (4)$$

$$\overline{\Delta X}_j = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_{i,j}, \quad \overline{\Delta f}_j = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \Delta f_{i,j}. \quad (5)$$

计算 ACC 的公式如下:

$$ACC_j = \frac{\sum_{i=1}^N (\Delta X_{i,j} - \overline{\Delta X}_j) \times (\Delta f_{i,j} - \overline{\Delta f}_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (\Delta X_{i,j} - \overline{\Delta X}_j)^2 \times \sum_{i=1}^N (\Delta f_{i,j} - \overline{\Delta f}_j)^2}}. \quad (6)$$

式中, $X_{i,j}$ 代表观测值, $f_{i,j}$ 代表预测值, i 代表评价区

域的格点数, j 代表时间序列, N 为评分总格点数或站点数, $\Delta X_{i,j}$ 和 $\overline{\Delta X}_j$ 分别为观测的气温距平(降水距平百分率)和多年均值, $\Delta f_{i,j}$ 和 $\overline{\Delta f}_j$ 为预测的气温距平(降水距平百分率)和多年均值。

1.3.4 TCC 评分

TCC 评分使用降水距平百分率和平均气温距平分别计算距平的时间相关系数, 能够在统计意义上较好地表征模式对各个格点异常的预报能力, 得到一个完整的相关技巧空间分布。TCC 范围为 -1~1, 越接近于 1 表明技巧越高, 通常取 0.5 的相关技巧作为有预报意义的标准。

2 月气温的预测质量评估

2.1 各月气温 P_s 、 P_c 、ACC 评分的时间序列

利用 SEAS5 模式每月 8 日起报的气温月数据 and 新疆参与气候预测质量评分的 98 个站点的气温月资料(除缺测较多的大西沟站)计算得到 1993—2019 年各月气温的 P_s 、 P_c 、ACC 评分的时间序列图(图 1)。1 月 ACC>0 的年份最多, 空间相关性较其他月份更优。三种评分的年际变化表现比较一致。

距平符号一致率 P_c 反映的是一定范围内预测值与实况值距平(距平百分率)符号一致的站点数占

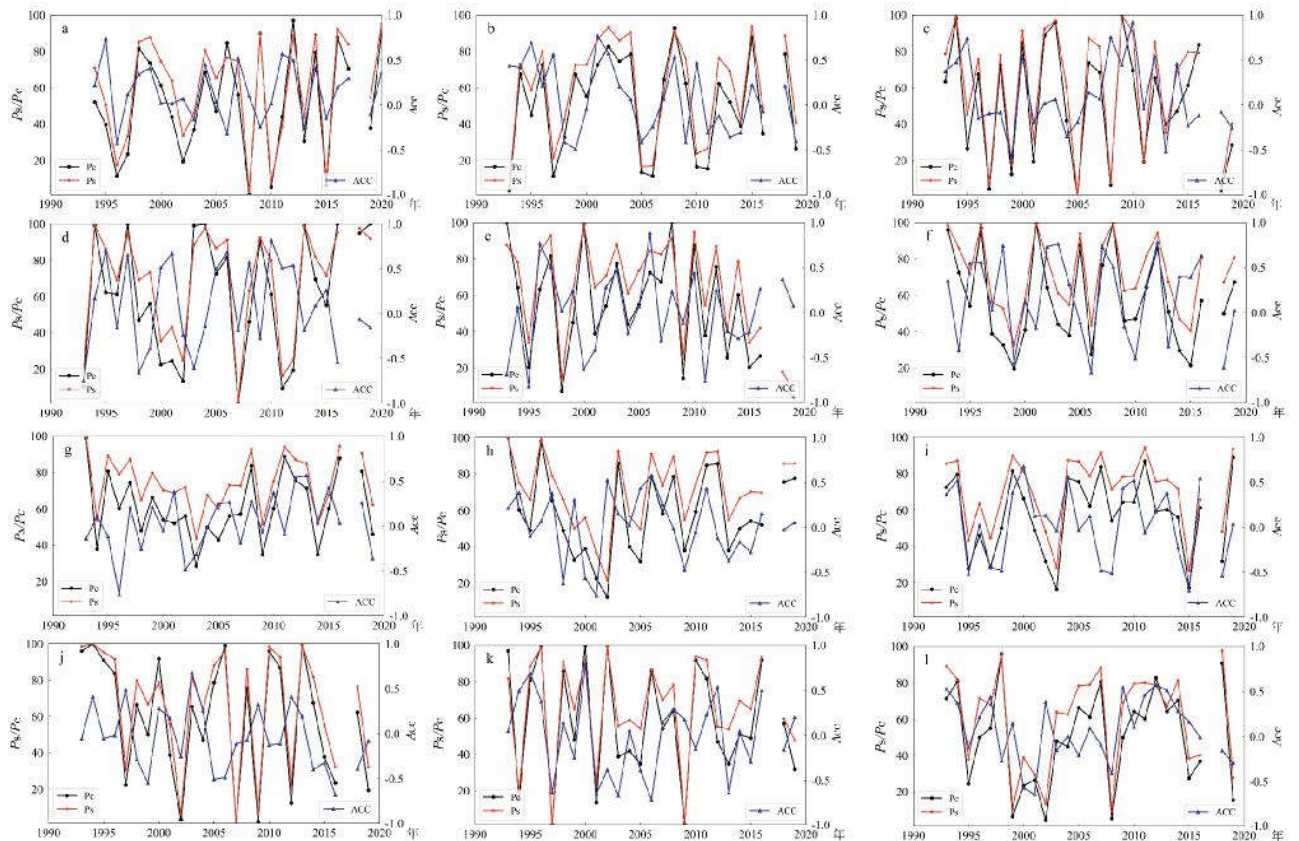


图 1 SEAS5 模式 1—12 月(a~l)气温 P_s 、 P_c 、ACC 评分的时间序列

总站点数的比例,是以往模式检验常用的方法之一。只有当同号率 $>50\%$,主要趋势被反映出来时,再考察强度预测才有意义。时间相关系数能够在统计意义上较好地表征模式对各个格点异常的预报能力,得到一个完整的相关技巧空间分布。 TCC 范围在 $-1\sim 1$,越接近于1表明技巧越高,通常取0.5的相关技巧作为有预报意义的标准。根据气候学普遍使用的定义标准,分别统计了 P_e 评分 ≥ 50 , P_s 评分 ≥ 60 ,以及 ACC 评分 ≥ 0 的年份数目在模式资料总年数(26 a)中的占比。7月 P_e 和 P_s 评分具有指示意义的概率最大,分别达到70.4%和81.5%,1月空间相关系数 ACC 具有指示意义的年份最多。

为更直观地分析 SEAS5 模式对各月气温预测评分的情况,计算了1993—2019年平均的各月气温 P_e 、 P_s 和 ACC 评分(表1)。 P_e 评分 ≥ 50 , P_s 评分 ≥ 60 ,以及 ACC 评分 ≥ 0 时,平均评分具有指示意义,可见 SEAS5 模式对新疆气温的预测评分较高,全年平均得分也都具有指示意义。4—9月三项评分均大于

评判指标,预测效果很好。4月气温的距平符号一致率评分 P_e 最高,为61.3;12月的 P_e 评分最低,为50.2。7月的趋势异常综合评分 P_s 评分最高,为74.4;2月的 P_s 评分最低,为59.6。6月的空间相关系数 ACC 最高,达到0.17;5和11月的 ACC 评分最低,分别为0.01和-0.01。

2.2 各月气温 P_e 评分的空间分布

图2为1993—2019年平均的各月气温 P_e 评分空间分布。4、8、10、11月全疆 P_e 评分均 >50 ,从空间一致率角度而言,模式的月气温预测质量较高。7、9月除南疆西部外的全疆大部地区 P_e 评分也 >50 ,气温预测较成功。1、3、6、12月北疆大部、东疆大部的 P_e 评分 <50 ,南疆地区的 P_e 评分高于北疆地区。2、5月全疆大部的 P_e 评分 <50 ,模式预测的气温趋势可参考性较小。

2.3 各月气温 TCC 评分的空间分布

图3为1993—2019年平均的各月气温 TCC 评分空间分布。5、6、12月的南疆西部,4月的北疆东部

表1 SEAS5 模式1993—2019年平均各月气温评分

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
P_e	51.5	50.7	51.5	61.3	52.0	58.0	61.0	58.2	57.4	58.3	57.6	50.2	55.6
P_s	59.8	59.6	59.8	69.0	63.4	71.5	74.4	71.1	70.3	66.0	65.2	60.7	65.9
ACC	0.14	0.07	0.10	0.09	0.01	0.17	0.04	0.02	0.04	-0.05	-0.01	0.07	0.06

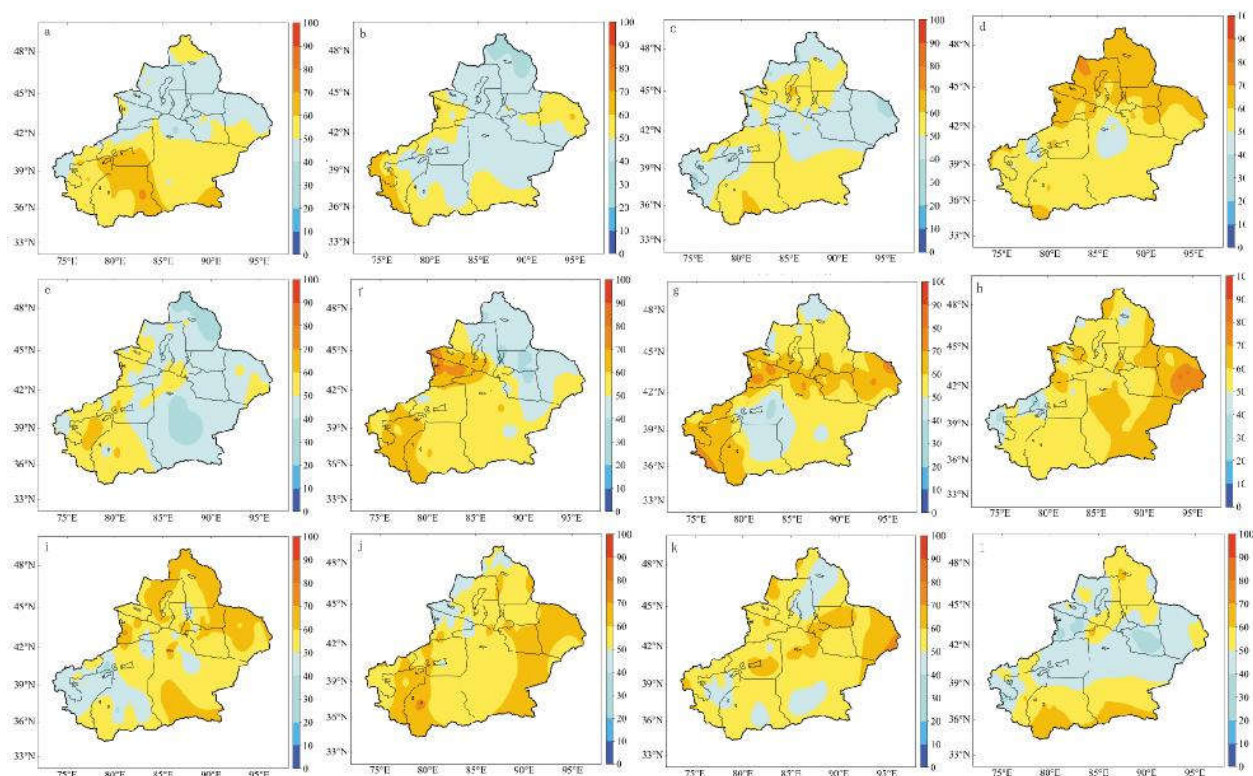


图2 SEAS5 模式1—12月(a-l)气温 P_e 评分的空间分布

和东疆北部以及 8 月的东疆大部 TCC 评分均为 0.4~0.6,说明模式对相应时段各区域的气温异常具有较好的预测能力。1 月的北疆沿天山东段,2 月的北疆北部和 3 月的吐鲁番地区、东疆南部和巴州北部 TCC 评分均为-0.4~-0.6,时间负相关性较强。

3 月降水的预测质量评估

3.1 各月降水 P_s 、 P_e 、 ACC 评分的时间序列

计算 1993—2019 年平均的各月降水 P_s 、 P_e 、 ACC 评分时间序列(图 4)。4 月和 6—8 月的 3 项评分均较高,预测效果相较其他月份更好。根据气候学普遍使用的定义标准,对各月评分中具有指示意义的年数占比进行了统计。分别统计了 P_e 评分 ≥ 50 , P_s 评分 ≥ 60 ,以及 ACC 评分 ≥ 0 的年份在模式资料总年数(26 a)中的占比。12 月 P_e 评分具有指示意义的概率最大,达到 70.4%。

6 月 P_s 评分具有指示意义的概率最大,为 81.5%。4 月空间相关系数 ACC 具有指示意义的年份最多,可达 66.7%。

为更直观地分析 SEAS5 模式对各月降水模拟评分的情况,计算了 1993—2019 年平均的各月降水 P_e 、 P_s 和 ACC 评分(表 2)。 P_e 评分 ≥ 50 , P_s 评分 ≥ 60 ,以及 ACC 评分 ≥ 0 时,平均评分具有指示意义。可见 SEAS5 模式对新疆降水预测评分较好,基本所有

月份的三项评分多年均值都大于评判标准,全年平均得分也都具有指示意义。4 月、6—8 月 3 项评分均大于评判指标,预测效果较好。4 月降水的距平符号一致率评分 P_e 最高,为 58.7;9 月的 P_e 评分最低,为 48.4。7 月的趋势异常综合评分 P_s 评分最高,为 72.1;11 月的 P_s 评分最低,为 58.9。4 月降水的空间相关系数 ACC 最高,达到 0.16;9 月和 11 月的 ACC 评分

表 2 SEAS5 模式 1993—2019 年
平均的各月降水评分

月份	P_e	P_s	ACC
1	56.8	65.4	0.12
2	51.8	60.9	0.10
3	56.4	59.8	0.08
4	58.7	67.9	0.16
5	51.8	65.2	0.06
6	55.6	70.0	0.10
7	58.1	72.1	0.06
8	56.0	68.4	0.05
9	48.4	61.6	0.01
10	52.4	63.0	0.02
11	52.9	58.9	0.01
12	55.0	62.9	0.12
平均	54.5	64.7	0.07

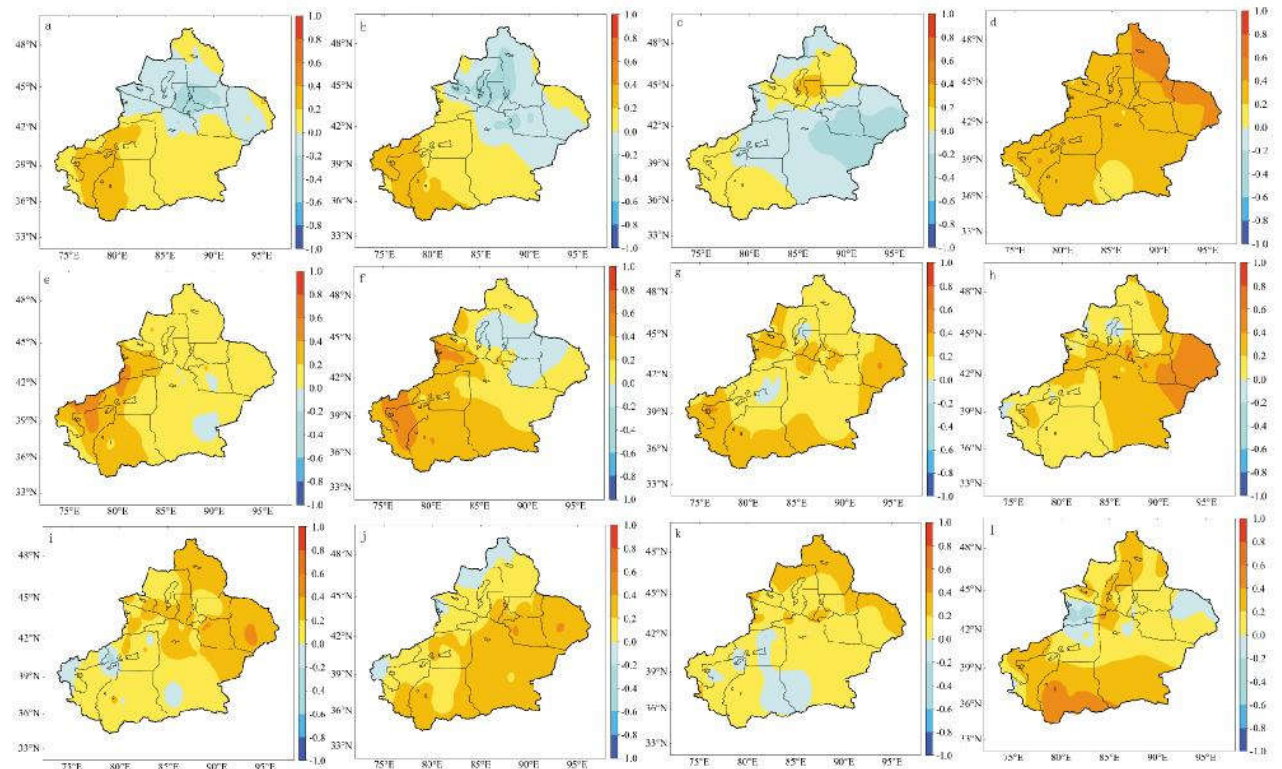


图 3 SEAS5 模式 1—12 月(a-l)气温 TCC 评分的空间分布

最低,为0.01。

3.2 各月降水 P_e 评分的空间分布

由为1993—2019年平均的各月降水 P_e 评分空间分布图(图5)可知,4、7、8月SEAS5模式对全疆降水的距平符号一致率评分均>50,参考性较好。模式对于南疆各月降水的预测水平普遍高于北疆,其中1、2、4、5月南疆大部的 P_e 评分>60,预测效果很

好。1、2、5、6、9、10、11月北疆大部的 P_e 评分为30~50,其中9月除阿勒泰地区和阿克苏地区外的全疆大部 P_e 评分均<50,预测水平较低。

3.3 各月降水 TCC 评分的空间分布

由1993—2019年平均的各月降水 TCC 评分空间分布可知,1、9月的和田地区,3月的南疆西部,5月的巴州大部,7月的昌吉州、克州,8月的阿勒泰地

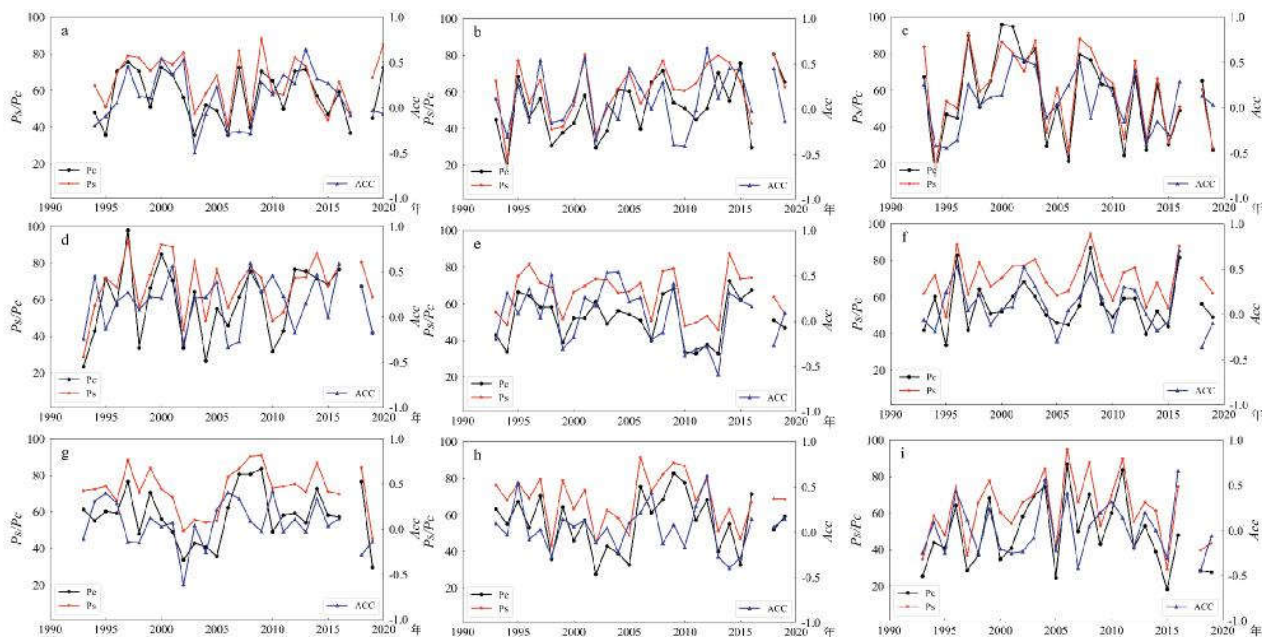


图4 SEAS5模式1—12月(a~i)降水 P_s 、 P_e 、ACC 评分的时间序列

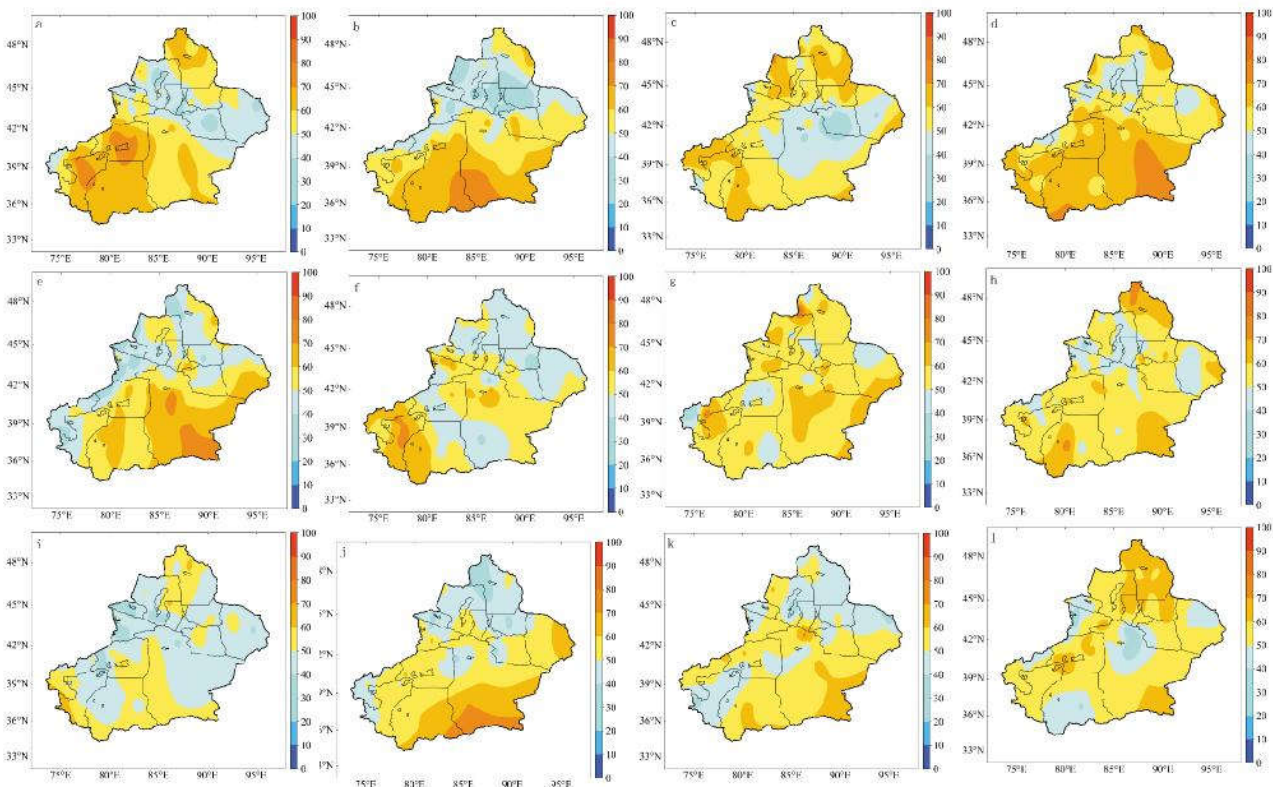


图5 SEAS5模式1—12月(a~l)降水 P_e 评分的空间分布

区和 12 月的北疆沿天山一带 TCC 评分为 0.4~0.6, 说明模式对相应时段各区域的降水异常具有较好的预测能力。1 月的吐鲁番地区, 5 月的南疆西部山区, 6 月的东疆北部, 8 月的东疆南部, 10 月的阿勒泰北部和 12 月的巴州北部 TCC 评分为 -0.4~-0.6, 说明相应时段各区域模式和观测的降水时间负相关性较强。

4 结论与讨论

基于国际先进气候模式 SEAS5 的历史回报数数据和新疆 98 个气象站的观测资料, 利用 P_e 、 P_s 、 ACC 、 TCC 评分计算方法, 对 1993—2019 年模式在新疆的月尺度气候预测能力进行了全面的检验评估。主要结论如下:

(1) 在月气温预测方面, 4—9 月的 P_e 、 P_s 和 ACC 3 项评分均大于评判指标, 预测效果很好。其中, 7 月 P_e 和 P_s 评分具有指示意义的概率最大, 分别达到 70.4% 和 81.5%; 4 月气温的 P_e 评分最高 (61.3), 12 月的 P_e 评分最低 (50.2); 7 月的 P_s 评分最高 (74.4), 2 月的 P_s 评分最低 (59.6); 6 月的空间相关系数 ACC 最高 (0.17), 5 和 11 月的 ACC 系数最低 (分别为 0.01 和 -0.01)。从空间差异方面分析, SEAS5 模式对 7 和 9 月南疆西部的 P_e 评分较其余地区低, 而 1、3、6、12 月南疆地区的 P_e 评分高于北疆地区; 从时间相关性 TCC 评分角度, 5、6、12 月的南疆西部, 4 月的北疆东部和东疆北部以及 8 月的东疆大部 TCC 评分均为 0.4~0.6, 1 月的北疆沿天山东段, 2 月的北疆北部和 3 月的吐鲁番地区、东疆南部和巴州北部 TCC 评分均为 -0.4~-0.6, 说明模式对相应时段各区域的气温异常具有较好的预测能力。总体而言, SEAS5 模式在夏秋季对全疆气温的预测水平较高。

(2) 在月降水预测方面, 4 月、6—8 月的 P_e 、 P_s 和 ACC 3 项评分均大于评判指标, 预测效果较好。其中, P_e 、 P_s 和 ACC 评分具有指示意义概率最大的月份分别是 12 月 (70.4%)、6 月 (81.5%) 和 4 月 (66.7%); 4 月降水的 P_e 评分最高 (58.7), 9 月的 P_e 评分最低 (48.4); 7 月的 P_s 评分最高 (72.1), 11 月的 P_s 评分最低 (58.9); 4 月降水的空间相关系数 ACC 最高 (0.16), 9 月和 11 月的 ACC 评分最低 (0.01)。从空间差异方面分析, SEAS5 模式对南疆各月降水的距平符号预测水平普遍高于北疆, 1、2、5、6、9、10、11 月北疆大部的 P_e 评分为 30~50, 预测水平较低; 从时间相关性 TCC 评分角度, 1、9 月的和田地区, 3 月的南疆西部, 5 月的巴州大部, 7 月的昌吉州、克州, 8

月的阿勒泰地区和 12 月的北疆沿天山一带 TCC 评分为 0.4~0.6, 1 月的吐鲁番地区, 5 月的南疆西部山区, 6 月的东疆北部, 8 月的东疆南部, 10 月的阿勒泰北部和 12 月的巴州北部 TCC 评分为 -0.4~-0.6, 说明模式对相应时段各区域的降水异常具有较好的预测能力。

(3) SEAS5 模式对南疆的降水预测水平高于北疆可能是由于降水预测受水汽输送、地形的影响极大, 而“三山夹两盆”的地形使得南北疆存在着明显的区域差异。北疆多山地、丘陵地貌, 海拔落差很大, 地形和下垫面状况较南疆更为复杂, SEAS5 模式水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$, 对北疆的复杂地形考虑不足。其次, 新疆区域观测站点稀疏, 在复杂地形上的观测数据代表性也具有一定的不确定性。从气候预测业务应用的角度, 计算了 2014—2019 年新疆气候中心 6—8 月逐月降水的 P_s 评分, 平均为 66.9, SEAS5 模式预测的同期 P_s 评分平均为 67.5, SEAS5 模式可为新疆 6—8 月降水预测提供一种可靠的客观精细化预测依据。在今后的月尺度气候趋势预测中可以着重参考 SEAS5 模式对新疆 6—8 月的气温、降水预测结果, 同时应继续加强新疆冬、春季月尺度气候模式解释应用的研究。

参考文献:

- [1] 徐羹慧, 毛炜峰, 陆帼英. 新疆气象灾害近期变化和防灾减灾工作综合评述[J]. 沙漠与绿洲气象, 2008, 2(1): 50-54.
- [2] 丑纪范. 为什么要动力—统计相结合?——兼论如何结合[J]. 高原气象, 1986, 5(4): 367-372.
- [3] 封国林, 赵俊虎, 支蓉, 等. 动力—统计客观量化汛期降水预测研究新进展[J]. 应用气象学报, 2013, 24(6): 656-665.
- [4] 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.
- [5] 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(3): 1-11.
- [6] 丁一汇. 季节气候预测的进展和前景[J]. 气象科技进展, 2011, 1(3): 14-27.
- [7] 何慧根, 李巧萍, 吴统文, 等. 月动力延伸预测模式业务系统 DERF2.0 对中国气温和降水的预测性能评估[J]. 大气科学, 2014, 38(5): 950-964.
- [8] 顾伯辉, 郑志海, 封国林, 等. 季节预测模式对东亚夏季环流的预测能力及其对热带海洋的响应分析[J]. 大气科学, 2017, 41(1): 91-105.
- [9] 张家宝, 陈晓梅. 新疆短期气候预测研究的回顾[J]. 沙漠与绿洲气象, 2001, 24(5): 1-6.
- [10] 王会军, 任宏利, 陈活泼, 等. 中国气候预测研究与业务

- 发展的回顾[J].气象学报,2020,78(3):317-331.
- [11] 唐红玉,董新宁,周秀华,等.基于 DERF2.0 产品的重庆月动力延伸期预测分析及应用 [J]. 沙漠与绿洲气象,2016,10(3):1-8.
- [12] 陈思蓉,周秀华,陆虹,等.月动力延伸预测产品 DERF2.0 对广西气温和降水的预测评估[J].气象研究与应用,2016,37(3):16-19.
- [13] 白慧,黄晨然,李忠燕.DERF2.0 模式对贵州延伸期、月预测质量对比分析[J].贵州气象,2018,42(5):1-5.
- [14] 马锋敏,谢佳杏,唐传师.DERF2.0 模式对江西月尺度气候预测能力的检验评估 [J]. 气象与减灾研究,2019,42(3):170-177.
- [15] 李淑娟,毛炜峰,于晓晶,等.基于 DERF2.0 的乌鲁木齐2013年春季降温过程的延伸期预报检验[J].沙漠与绿洲气象,2018,12(3):40-47.
- [16] 孙银川,郑广芬,王素艳,等.DERF2.0 模式对宁夏不同时间尺度降水的预测评估 [J]. 气象科技,2019,40(4):631-638.
- [17] 王娜,方建刚.月动力延伸预报产品在陕西月降水预测中的释用[J].气象科技,2009,37(5):10-12.
- [18] CHEVUTURI A, TURNER A G, JOHNSON S, et al. Forecast skill of the Indian monsoon and its onset in the ECMWF seasonal forecasting system 5 (SEAS5) [J]. Climate Dynamics, 2021, 56(1):1-17.
- [19] WANG Q J, SHAO Y, SONG Y, et al. An evaluation of ECMWF SEAS5 seasonal climate forecasts for Australia using a new forecast calibration algorithm [J]. Environmental Modelling and Software, 2019, 122(3):1-13.
- [20] GUBLER S, SEDLMEIER K, BHEND J, et al. Assessment of ECMWF SEAS5 seasonal forecast performance over South America[J]. Weather and Forecasting, 2020, 35(2):561-584.
- [21] 郑嘉雯,蔡宏珂,吴捷,等.三个气候系统模式对 500hPa 高度场预报的检验对比分析 [J]. 高原山地气象研究,2021,41(2):115-124.
- [22] JOHNSON S J, STOCKDALE T N, FERRANTI L, et al. SEAS5: the new ECMWF seasonal forecast system [J]. Geoscientific Model Development, 2019, 12(3):1087-1117.
- [23] 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.

Monthly Temperature and Precipitation Evaluation of SEAS5 in Xinjiang

LI Xuetao¹, DUAN Chunfeng², YANG Zhimin¹, CHEN Ying¹

(1.Xinjiang Climate Center, Urumqi 830002, China; 2.Anhui Climate Center, Hefei 230031, China)

Abstract Based on the hindcasts of SEAS5 (seasonal forecasting system 5) climate model and the observing temperature and precipitation data from 98 stations over Xinjiang, we evaluated the SEAS5 prediction ability of the monthly temperature and precipitation during 1993–2019 by using P_e , P_s , ACC and TCC scores. The results show that the SEAS5 has good performance in the temperature and precipitation prediction over Xinjiang. It is obvious that the spatial and temporal differences exist in the SEAS5 predictions. The model has relatively high skill for the temperature prediction from April to September and the precipitation prediction in April and from June to August in Xinjiang, especially. The highest P_e score of temperature is in April (61.3), the highest P_s score is in July (74.4), and the highest ACC score is in June (0.17); The highest P_e score of precipitation occurs in April (58.7), the P_s score occurs in July (72.1), and the ACC score occurs in April (0.16). Generally, the prediction skill of temperature in January, March, June and December over southern Xinjiang are higher than that in northern Xinjiang, but the prediction performance in July and September over the west of southern Xinjiang is lower than that in other regions. The SEAS5 prediction skill of precipitation over southern Xinjiang is higher than that over northern Xinjiang.

Key words SEAS5; climate prediction; prediction evaluation; Xinjiang; P_s score