

三种数值模式在黔东南州面雨量预报的 检验评估

吴远金¹, 谢佳豪², 杨胜海¹, 张羽¹

¹三穗县气象局, 贵州 三穗

²黄平县气象局, 贵州 黄平

收稿日期: 2024年6月12日; 录用日期: 2024年7月15日; 发布日期: 2024年7月22日

摘要

本文通过双线性插值将ECMWF、GRAPES_GFS、NCEP_GFS三种数值模式输出的空间格点数据精确匹配到各个观测站点位置, 并使用平均绝对误差、平均相对误差、TS评分、漏报率、空报率、正确率等检验方法对其在黔东南州潯阳河、清水江、都柳江三个流域2022年7~9月的面雨量预报效果进行了检验。结果如下: 1) 随着预报时效的延长, 各数值模式的面雨量预报效果逐步降低。其中NCEP_GFS模式稳定性最差, 虽在部分流域24 h预报效果较好, 但48、72 h其预报效果下降趋势更为显著。ECMWF模式和GRAPES_GFS模式稳定性较好。2) 综合所有检验结果来看, ECMWF模式的预报效果总体优于另外两种模式。分流域分预报时效来看, 潯阳河流域中的72 h预报可以参考GRAPES_GFS模式, 清水江、都柳江流域中NCEP_GFS模式的24 h预报表现较好。3) 三种数值模式所有预报时效的漏报率均远高于空报率, 因此在面雨量预报中需注意消空处理; 各数值模式在都柳江流域的预报效果最好, 在潯阳河流域的预报效果较差, 需注意进行人工订正。

关键词

面雨量, 预报检验, 黔东南州, 多预报时效

Verification and Evaluation of Three Numerical Models for Area Rainfall Forecast in Qiandongnan Prefecture

Yuanjin Wu¹, Jiahao Xie², Shenghai Yang¹, Yu Zhang¹

¹Sansui Meteorological Bureau, Sansui Guizhou

²Huangping Meteorological Bureau, Huangping Guizhou

Received: Jun. 12th, 2024; accepted: Jul. 15th, 2024; published: Jul. 22nd, 2024

文章引用: 吴远金, 谢佳豪, 杨胜海, 张羽. 三种数值模式在黔东南州面雨量预报的检验评估[J]. 气候变化研究快报, 2024, 13(4): 958-965. DOI: 10.12677/ccrl.2024.134109

Abstract

In this paper, the spatial grid data outputted by ECMWF, GRAPES_GFS, and NCEP_GFS numerical models are precisely matched to the locations of each observation station using bilinear interpolation. The forecasting performance of surface rainfall for the Wuyang, Qingshui, and Dulu river basins from July to September 2022 is then evaluated using metrics such as mean absolute error, mean relative error, TS score, false negative rate, false positive rate, and accuracy. The results are as follows: 1) As the forecast time extends, the effectiveness of surface rainfall predictions from each numerical model gradually diminishes. The NCEP_GFS model exhibits the least stability. While it performs well for 24-hour forecasts in some basins, the decline in performance becomes more pronounced at 48 and 72 hours. Both the ECMWF and GRAPESGFS models demonstrate greater stability. 2) Considering all inspection results, the ECMWF model's forecasting performance generally surpasses that of the other two models. For specific basins and forecast time periods, the GRAPESGFS model should be consulted for 72-hour forecasts in the Wuyang River basin, while the NCEPGFS model shows stronger performance for 24-hour forecasts in the Qingshui and Dulu river basins. 3) The omission rate for all three numerical models significantly exceeds the false alarm rate, necessitating attention to mitigating false positives in surface rainfall forecasts. The numerical models perform best in the Dulu River Basin and worst in the Wuyang River Basin, highlighting the need for manual correction.

Keywords

Areal Rainfall, Verification of Forecast, Qiandongnan Prefecture, Multiple Prediction Time Effect

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

黔东南苗族侗族自治州(以下简称黔东南州)坐落在贵州省东南部,该地区处于云贵高原至湘桂丘陵盆地的过渡地带,地形地貌特征为北、西、南三面较高,东部较低。区域内拥有大小河流总计 983 条,其中流域面积超过 50 平方千米的河流达 225 条,主要以清水江、潯阳河、都柳江三大河流为主干,它们犹如树枝般遍布全州各地。苗岭以北的清水江、舞阳河属于长江水系,流域总面积达到 21,535 平方千米;而苗岭以南的都柳江则归属于珠江水系,流域面积为 8802 平方千米。面雨量,即特定区域内或流域内的平均降雨量,能够较为准确地反映出整个区域的降雨状况,这一参数在洪水预测及水库调度等方面具有极高的重要性,是各级政府部门制定防汛抗洪策略、水库运行调度等关键决策的重要依据[1] [2] [3]。已有多位学者对面雨量的研究与分析进行了深入探讨。王文本[4]等人的研究揭示,在巢湖流域采用集成预报方法对面雨量进行预测时,其效果优于单一模式预报,并且随着预报时效的增长,尽管各类数值模式的预报准确性均有所下降,但单一模式的衰退表现更为显著。此外,刘静[5] [6]等通过检验淮河流域多模式预报效果发现,面雨量等级越高,各模式的漏报率呈现出增大的趋势,同时面雨量预报的 TS 评分明显下滑。向永龙[7]对长江上游运用三种数值模式对面雨量预报能力进行了评估,结果显示 JMH 模式的预报效果最优,其次是 T213 模式,而 GER 模式的预报效果相对最弱。周芳弛[8]等和徐诚[9]等对金沙江中下游多模式预报进行了检验评估。

目前,针对黔东南州面雨量预报评估较少,而强降雨对该地区的影响极为严重,已成为黔东南州亟待应对的主要气象灾害问题之一。因此,通过对面雨量数值预报的有效评估,以此提高预报准确率,从而减轻气象灾害带来的负面影响和经济损失,确保人民群众的生命财产安全。

2. 资料与方法

2.1. 资料

在本次研究中,黔东南州被划分为三个主要流域区域,以便更好地分析和比较不同地区的气象特征和预报效果:1) 北部潯阳河流域(黄平、施秉、镇远、三穗、岑巩);2) 中部清水江流域(麻江、丹寨、雷山、凯里、台江、剑河、天柱、锦屏);3) 南部都柳江流域(榕江、从江、黎平)。

本文使用的资料时段 2022 年 7~9 月,站点实况资料为黔东南州 15 个国家基本气象站、1 个国家基准气候站及 448 个气象观测站逐日(20:00~20:00,北京时,下同)降雨资料。各检验产品为 ECMWF、GRAPES_GFS、NCEP_GFS 3 种数值模式 20 时起报的 24~72 小时降水预报产品。在对预报产品进行评价时,运用了双线性插值方法将数值模式输出的空间格点数据精确匹配到各个观测站点位置,从而进行各项检验指标的计算。这样的做法旨在客观评估各数值模式对黔东南州面雨量预报的性能优劣。

2.2. 面雨量计算方法及预报检验方法

因黔东南州站点分布较为密集,本文采用算术平均法计算面雨量[10]并采用《全国七大江河流域雨量监测和预报业务规范(修订)》、《中短期天气预报质量检验办法》中平均绝对误差、平均相对误差、TS 评分、漏报率、空报率、正确率等统计评价指标,对黔东南州面雨量预报产品进行检验。

(1) 平均绝对误差(E_a)

$$E_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |R_f - R_o| \quad (1)$$

式中: R_f 和 R_o 分别为面雨量预报值和实况值,本文仅统计实况有雨且预报也有雨时的误差。

(2) TS 评分、漏报率(PO)、空报率(FAR)和正确率(PC)

$$TS = \frac{NA}{NA + NB + NC} \times 100\% \quad (2)$$

$$PO = \frac{NC}{NA + NC} \times 100\% \quad (3)$$

$$FAR = \frac{NB}{NA + NB} \times 100\% \quad (4)$$

$$PC = \frac{NA + ND}{NA + NB + NC + ND} \times 100\% \quad (5)$$

式中: NA、NB 和 NC 分别为降水预报正确、空报和漏报的天数, ND 为无降水预报正确的天数。

3. 面雨量检验评估

3.1. 平均绝对误差

图 1 展示了三种数值模式在黔东南州未来 72 小时面雨量预报的平均绝对误差演变情况。可以看出,随着预报时效的增加,三种数值模式的平均绝对误差都呈增长趋势,其中 ECMWF 模式和 GRAPES_GFS 模式增幅较小,短期预报中表现较为稳定,NCEP_GFS 模式增幅较大。在潯阳河流域 24~72 h 均是 ECMWF

模式最小；清水江流域 24、48 h ECMWF 模式最小，72 h GRAPES_GFS 模式最小；都柳江流域 24~72 h 均是 GRAPES_GFS 模式最小。分流域平均绝对误差检验结果来看，三种数值模式在澧阳河流域的平均绝对误差最高，清水江流域次之，都柳江流域的平均绝对误差最小。

综上所述，从平均绝对误差检验结果来看，ECMWF 模式在黔东南州面雨量预报性能显著，其次为 GRAPES_GFS 模式。

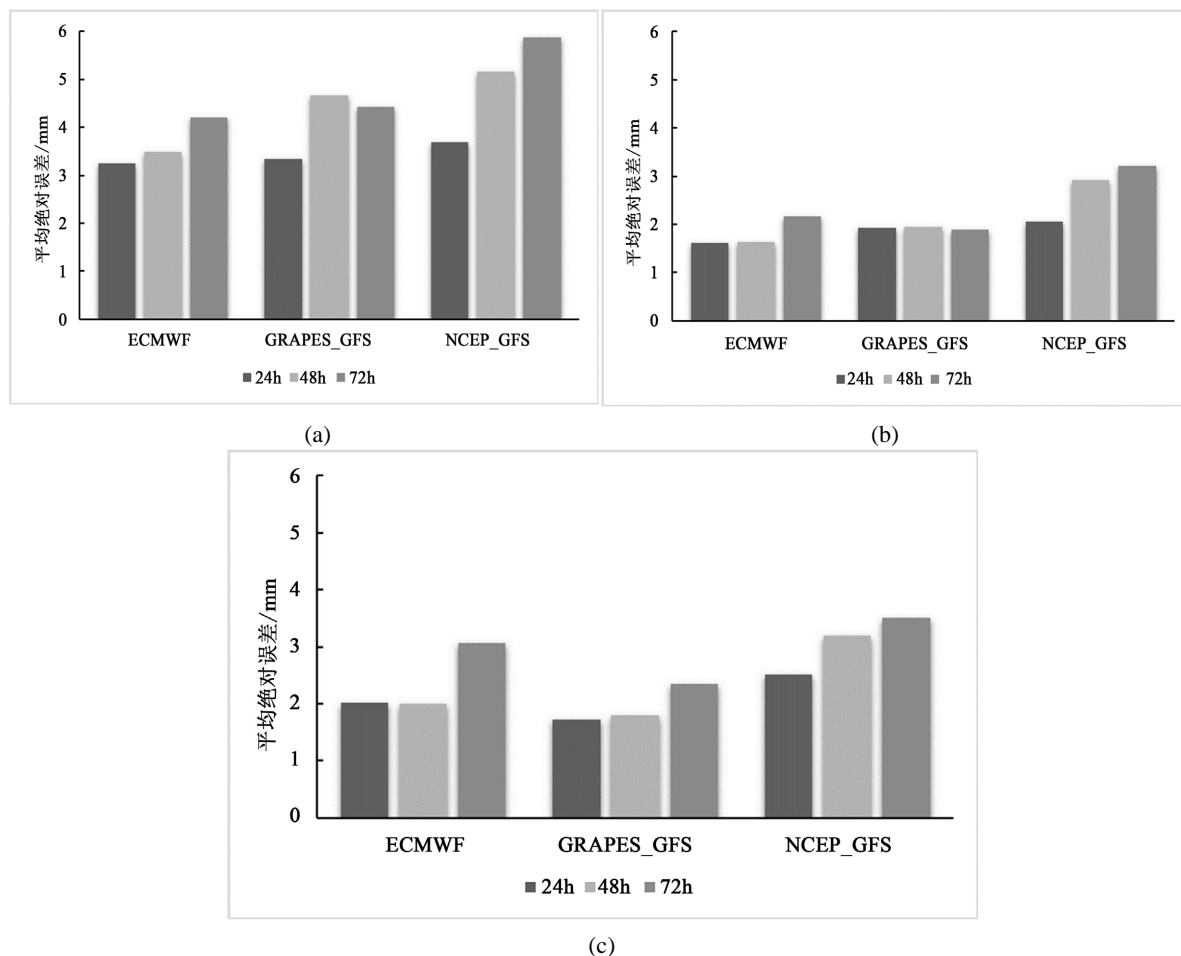


Figure 1. The mean absolute error of the three numerical models in the prediction of area rainfall in Qiandongnan Prefecture in the next 72 hours. (a) Wuyang River, (b) Qingshui River, and (c) Duliu River

图 1. 三种数值模式在黔东南州未来 72 小时面雨量预报平均绝对误差。(a) 澧阳河，(b) 清水江，(c) 都柳江

3.2. TS 评分

图 2 是三种数值模式在黔东南州未来 72 小时面雨量预报的 TS 评分。可以看出，随着预报时效的增加，三种数值模式的 TS 评分都有所降低。

在澧阳河流域，24、48 h 为 ECMWF 模式最高，72 h GRAPES_GFS 模式最高；清水江和都柳江流域，24 h NCEP_GFS 模式最高，48、72 h ECMWF 模式最高。NCEP_GFS 模式虽在部分流域初始时段预报效果较好，但 48、72 h 其评分下降趋势更为显著，稳定性较差。三种数值模式在澧阳河流域所有时效的 TS 评分均低于 50%，在清水江和都柳江流域最高接近 70%。从 TS 评分来看，ECMWF 模式在三个流域表现均较好。

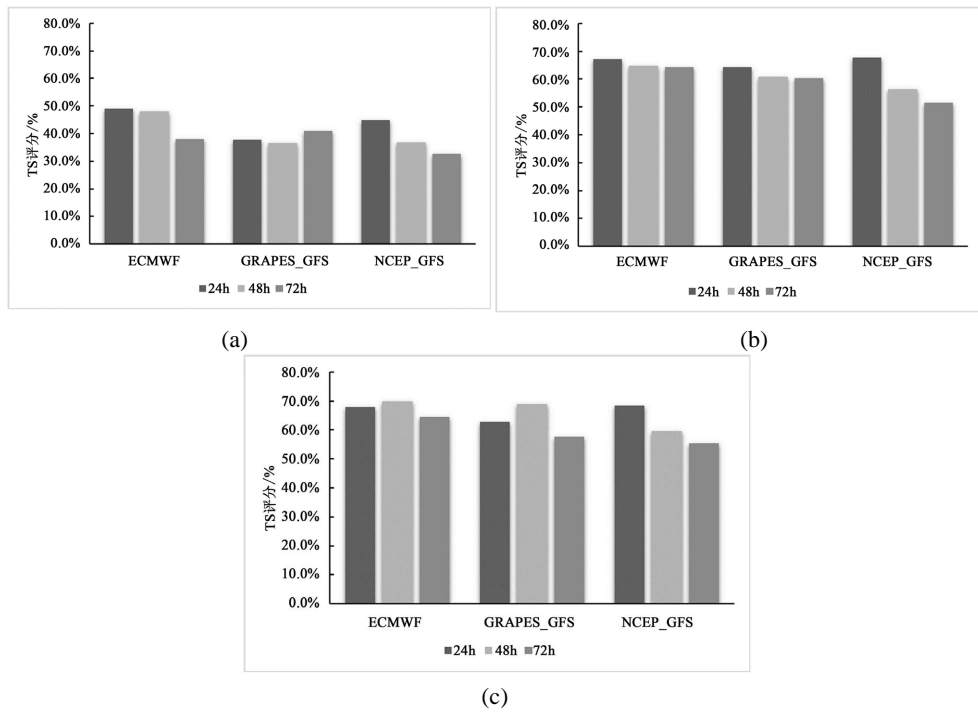


Figure 2. The threat score of three numerical models for area rainfall forecast in Qiongdongnan Prefecture in the next 72 hours. (a) Wuyang River, (b) Qingshui River, and (c) Duliu River

图 2. 三种数值模式在黔东南州未来 72 小时面雨量预报 TS 评分。(a) 湄阳河, (b) 清水江, (c) 都柳江

3.3. 漏报率和空报率

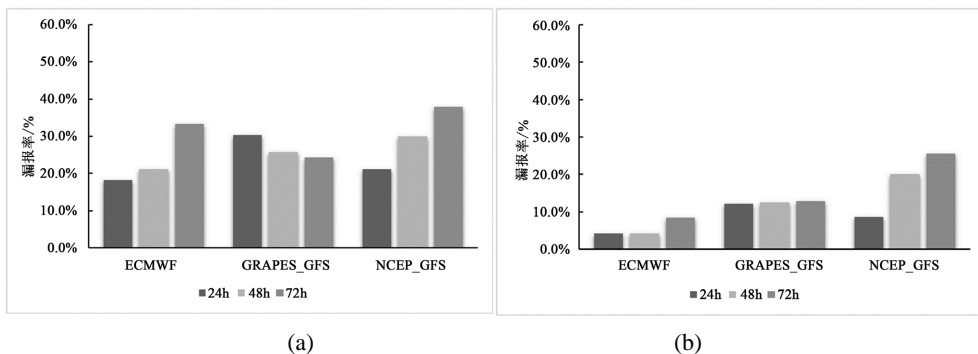
图 3 与图 4 分别展示了三种数值模式在未来 72 小时内对黔东南州面雨量预报的漏报率与空报率变化情况, 可以看出, 随着预报时效的延伸, 所有模式的漏报率与空报率均呈现上升趋势。

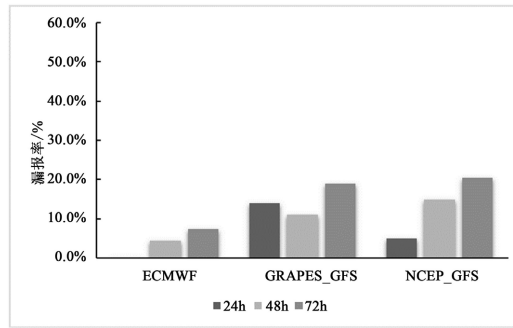
湄阳河流域, 在 24、48 h 预报中, ECMWF 模式的漏报率、空报率最低, 72 h 预报 GRAPES_GFS 模式的漏报率、空报率最低。

清水江流域, 在 24~72 h 预报中, ECMWF 模式漏报率均最低; 空报率方面, 24 h 预报 NCEP_GFS 模式最低, 48 h 预报 ECMWF 模式和 GRAPES_GFS 模式最低, 72 h 预报 ECMWF 模式最低。

都柳江流域, 在 24~72 h 预报中, ECMWF 模式漏报率均最低; 空报率方面, 24 h 预报 NCEP_GFS 模式最低, 48 h 预报 GRAPES_GFS 模式最低, 72 h 预报 ECMWF 模式最低。

整体来看, 三种数值模式所有预报时效的漏报率均高于空报率, 因此在面雨量预报中需注意消空处理。从流域来看, 三种数值模式在湄阳河流域的漏报率、空报率要远高于清水江、都柳江流域。

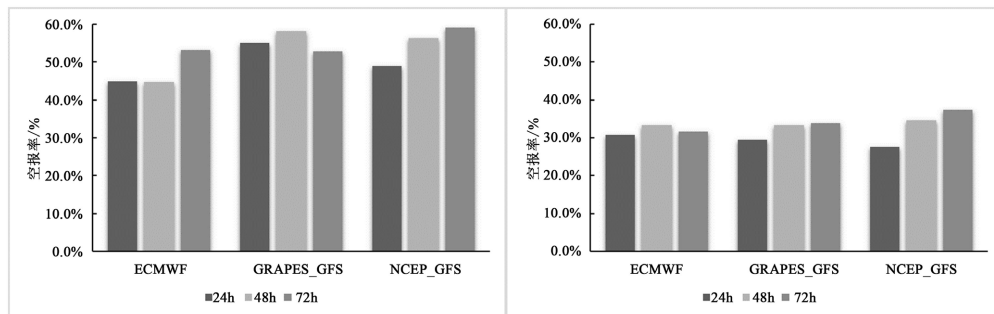




(c)

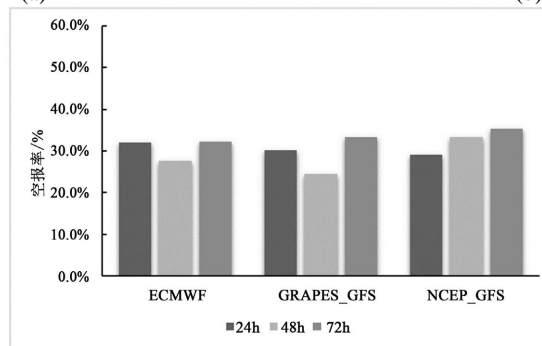
Figure 3. The false negative rate of area rainfall forecast of three numerical models in Qiandongnan Prefecture in the next 72 hours. (a) Wuyang River, (b) Qingshui River, and (c) Duliu River

图 3. 三种数值模式在黔东南州未来 72 小时面雨量预报漏报率。(a) 湄阳河, (b) 清水江, (c) 都柳江



(a)

(b)



(c)

Figure 4. The false alarm rate of area rainfall of three numerical models in Qiandongnan Prefecture in the next 168 hours. (a) Wuyang River, (b) Qingshui River, and (c) Duliu River

图 4. 三种数值模式在黔东南州未来 168 小时面雨量预报空报率。(a) 湄阳河, (b) 清水江, (c) 都柳江

3.4. 正确率

图 5 是三种数值模式在黔东南州未来 72 小时面雨量预报的正确率演变情况。可以看出, 随着预报时效的延长, 除少数时效外, 三种数值模式的准确率呈下降趋势。湄阳河流域, 24、48 h 预报, 以 ECMWF 模式最高, 72 h 预报 ECMWF 模式和 GRAPES_GFS 模式最高; 清水江流域, 24 h 预报 NCEP_GFS 模式最高, 48、72 h 预报 ECMWF 模式最高; 都柳江流域, 24 h 预报 NCEP_GFS 模式最高, 48 h 预报 ECMWF 模式和 GRAPES_GFS 模式最高, 72 h 预报 ECMWF 模式最高。

综上所述, 对于面雨量的晴雨预报, 除清水江、都柳江流域的 24 h 预报以 NCEP_GFS 模式最有参考

价值，其余均以 ECMWF 模式最具参考价值。

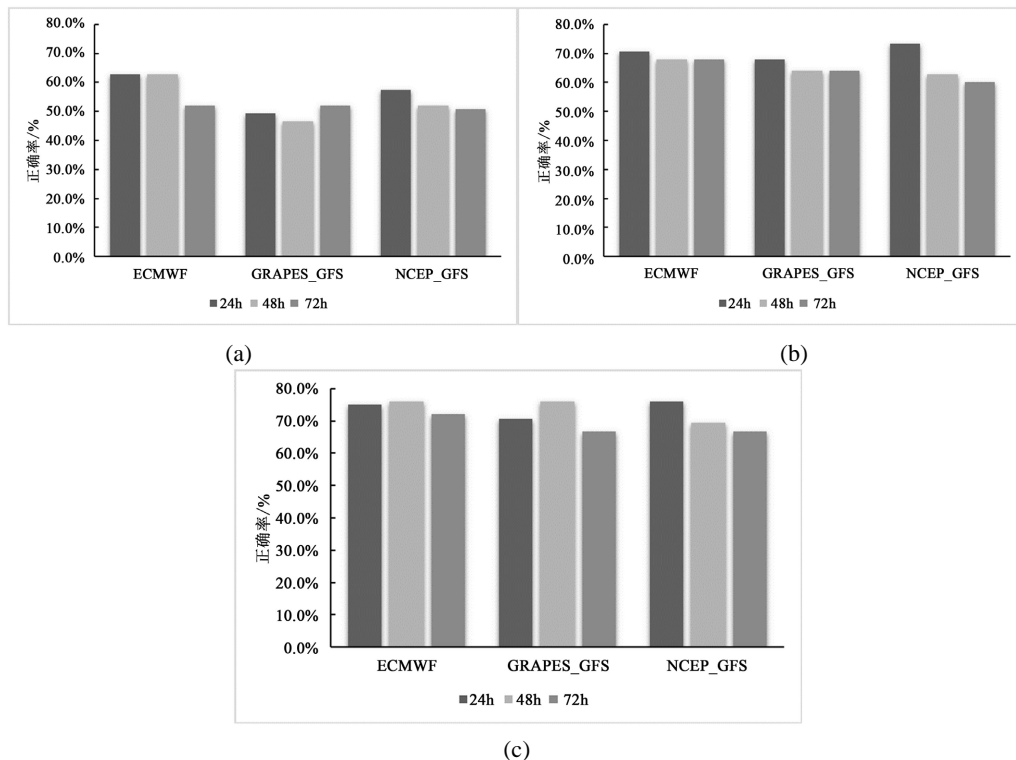


Figure 5. The forecast accuracy of area rainfall of three numerical models in Qiandongnan Prefecture in the next 72 hours. (a) Wuyang River, (b) Qingshui River, and (c) Duliu River

图 5. 三种数值模式在黔东南州未来 72 小时面雨量预报正确率。(a) 溇阳河, (b) 清水江, (c) 都柳江

4. 结论

本文通过平均绝对误差、平均相对误差、TS 评分、漏报率、空报率、正确率等检验方法对黔东南州溇阳河、清水江、都柳江三个流域 2022 年 7~9 月的面雨量预报效果进行了检验，得到如下几点结论：

(1) 随着预报时效的延长，各数值模式的面雨量预报效果逐步降低。其中 NCEP_GFS 模式稳定性最差，虽在部分流域 24 h 预报效果较好，但 48、72 h 其预报效果下降趋势更为显著。ECMWF 模式和 GRAPES_GFS 模式稳定性较好。

(2) 综合所有检验结果来看，ECMWF 模式的预报效果总体优于另外两种模式。分流域分预报时效来看，溇阳河流域中的 72 h 预报可以参考 GRAPES_GFS 模式，清水江、都柳江流域中 NCEP_GFS 模式的 24 h 预报表现较好。

(3) 三种数值模式所有预报时效的漏报率均远高于空报率，因此在面雨量预报中需注意消空处理；各数值模式在都柳江流域的预报效果最好，在溇阳河流域的预报效果较差，需注意进行人工订正。

参考文献

[1] 沈浒英, 孙嘉翔, 王乐. 长江流域分区面雨量特征分析[J]. 人民长江, 2021, 52(9): 79-85.
 [2] 陈柯兵, 郭生练, 王俊, 等. 长江上游 ECMWF 降水和径流预报产品评估[J]. 人民长江, 2020, 51(3): 73-80.
 [3] 朱占云, 陈光宇, 潘娅英, 张珏, 王亚男. 近 66a 紧水滩流域面雨量的气候特征分析及服务对策思考[J]. 浙江气象, 2019(2): 18-24.

-
- [4] 王文本, 金社军, 刘汉武. 多种集成方法在巢湖流域面雨量预报中的效果检验[J]. 水资源研究, 2019(4): 404-411.
- [5] 刘静, 叶金印, 王皓. 淮河流域面雨量多模式预报效果比较及典型过程检验分析[J]. 治淮, 2013(10): 4-6.
- [6] 刘静, 叶金印, 张晓红, 王皓. 淮河流域汛期面雨量多模式预报检验评估[J]. 暴雨灾害, 2014(1): 58-64.
- [7] 向永龙, 邬昀, 孙士型, 范元月, 饶传新. 三种数值模式对长江上游面雨量预报能力的评估[J]. 气象科技进展, 2016(1): 50-53.
- [8] 周芳弛, 李国平, 宋雯雯, 等. 金沙江下游多种面雨量集成预报方法的对比分析[J]. 气象科技, 2023, 51(1): 85-93.
- [9] 徐诚, 淡嘉, 宋雯雯, 等. 金沙江中下游面雨量分布特征及预报检验[J]. 高原山地气象研究, 2020, 40(2): 38-42.
- [10] 余青松, 罗婉, 杨令, 等. 资水流域柘桃区间中小河流域面雨量算法比较分析[J]. 中低纬山地气象, 2023, 47(2): 69-74.