

基于EC集合预报动态百分位的降水订正算法研究

周 皞^{1*}, 醋院科^{2#}, 朱文达³, 敖 鹏⁴

¹贵州省科技气象服务中心, 贵州 贵阳

²贵州黔源电力股份有限公司, 贵州 贵阳

³贵州省气象台, 贵州 贵阳

⁴中国水电顾问集团风电关岭有限公司, 贵州 关岭

Email: #82579897@qq.com

收稿日期: 2021年6月20日; 录用日期: 2021年7月16日; 发布日期: 2021年7月26日

摘 要

对2020年6月贵州一次连续性的强降水天气过程利用欧洲中心(ECMWF, 以下简称EC)的集合降水预报产品数据和气象局信息中心下发的CMPA三源融合降水产品, 采用动态百分位方法对EC集合降水预报进行订正, 并对订正前后的预报进行检验, 对比预报效果。结果表明: 经动态最优百分位方案订正后的预报产品对有无降水有较好的订正效果, 能够对降水预报起到一定的消空作用, 对分量级的降水预报, 订正效果较优的是对小雨及中雨的订正, 对大雨订正效果低于小雨及中雨, 而对暴雨以上的量级的降水几乎没有订正能力; 订正后的降水落区和主雨带走向更接近实况, 明显优于EC确定性预报, 说明对降水落区有一定的订正能力, 但降水量级偏低。

关键词

ECMWF集合预报, 动态百分位, 降水

Study on the Precipitation Correction Algorithm Based on EC Set Forecast Dynamic Percentile

Hao Zhou^{1*}, Yuanke Cu^{2#}, Wenda Zhu³, Peng Ao⁴

¹Guizhou Meteorological Service Center, Guiyang Guizhou

²Guizhou Qianyuan Power Co., Ltd., Guiyang Guizhou

³Guizhou Meteorological Station, Guiyang Guizhou

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 周皞, 醋院科, 朱文达, 敖鹏. 基于 EC 集合预报动态百分位的降水订正算法研究[J]. 气候变化研究快报, 2021, 10(4): 414-420. DOI: 10.12677/ccrl.2021.104048

⁴Sinohydro Group Wind Power Guanling Co. Ltd., Guanling Guizhou
Email: #82579897@qq.com

Received: Jun. 20th, 2021; accepted: Jul. 16th, 2021; published: Jul. 26th, 2021

Abstract

For a continuous heavy rainfall process in Guizhou in June 2020, using the ensemble precipitation forecast product data of European Center (ECMWF, hereinafter referred to as EC) and CMA three source fusion precipitation product issued by the information center of National Meteorological Administration, the EC ensemble precipitation forecast is revised by using the dynamic percentile method, and the forecast before and after the correction is tested, and the forecast effect is compared. The results show that: after the dynamic optimal percentile scheme correction, the forecast product has a good correction effect on whether there is precipitation or not, and can play a certain role in eliminating the air in the precipitation forecast. For the component level precipitation forecast, the better correction effect is the correction of light rain and moderate rain, and the correction effect of heavy rain is lower than that of light rain and moderate rain. However, there is almost no correction ability for the precipitation above the rainstorm level; the revised rainfall area and the trend of the main rain belt are closer to the actual situation, which is obviously better than the EC deterministic forecast. It shows that the revised rainfall area has certain correction ability, but the precipitation magnitude is low.

Keywords

ECMWF Ensemble Forecast, Dynamic Percentile, Precipitation

Copyright © 2021 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

贵州特殊的地理位置及复杂的地形特征,形成了独有的天气气候特征,因此降水的时空分布比较复杂,呈现出更加明显的不均匀性。贵州的降水预报准确率一直较低,尤其是分级降水预报暴雨以上量级的预报准确率很低,2020年EC确定性预报对贵州暴雨24小时预报TS评分仅有8%,所以确定性预报对于贵州降水预报能力有限,而概率预报较传统的确定性预报准确率有一定的提升[1]。近年来,数值天气预报已逐渐从单值预报向多成员集合预报、从确定性预报向概率性预报转变。而集合预报则被认为是获得降水概率预报最有效的途径之一[2][3],并在国内得到了广泛应用。在短期降水预报中,陈静等[4]采用不同的参数化方案对我国的暴雨预报进行了研究与试验,其结果均表明集合预报对降水预报有重要影响。集合预报包含了大量可供预报业务参考的信息,对于同一个天气事件有些成员预报得很准确,但另一些成员却预报得很差[5]。

自2014年引进集合预报业务以来,贵州省气象台目前对于集合预报的研究和使用仅仅停留在“看图说话”的初步阶段,仅能在一定程度上提示预报员预报的不确定性,对于预报员做出确定性预报尤其是对灾害性天气的预报不能提供很好的参考。由于预报员对集合预报产品的预报效果没有深入地了解,导致集合预报产品在日常业务中的使用率较低,如何更好的使用集合预报降水概率预报产品,对集合数值

预报降水形成客观订正, 是使集合预报产品本地化应用需要解决的关键问题。本文利用欧洲中期天气预报中心(ECMWF)的集合预报多成员的降水预报资料, 研究集合预报降水的动态最优百分位方法, 对我省格点降水预报订正做出试验和检验。

2. 资料和方法

2.1. 资料

算法的预报场数据采用 ECMWF (欧洲中心中短期预报中心) 2020 年 6 月 1 日~7 月 31 日的集合预报产品, 实况场采用国家气象局信息中心下发的 CMPA 三源融合降水产品[6]。目前 ECMWF 集合预报产品有 51 个成员, 每天下发产品 2 次, 分别为 00 h 和 12 h (世界时), 预报时效为 240 h, 总降水产品的分辨率为 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 。CMPA 三源融合降水产品实时更新, 融合卫星、雷达、地面自动站观测结果, 最小时间分辨率为 10 min, 文中采用 24 h 累加的产品作为格点实况。

2.2. 集合预报动态百分位方法

集合预报产品提供最常规的百分位值产品为固定百分位值, 本方案主要将固定百分位值转变为动态百分位值。动态百分位方法采用过去几天降水预报的集合成员百分位分布与实况的对应结果, 生成预报场的集合成员百分位选取结论。具体的公式如下:

$$F_{i,j}^t = f_{k,i,j}^t * (p_{i,j}^{t-1} * \alpha^{t-1} + p_{i,j}^{t-2} * \alpha^{t-2} + p_{i,j}^{t-3} * \alpha^{t-3} + \dots + p_{i,j}^{t-n} * \alpha^{t-n})$$

$$R_{i,j}^m = f_{k,i,j}^m * p_{i,j}^m$$

其中 $F_{i,j}^t$ 为预报场 t 时刻的 i, j 格点处的预报值, $f_{k,i,j}^t$ 为经过排序的集合预报降水要素 t 实况的 k 个集合成员结果; $p_{i,j}^{t-n}$ 为 i, j 格点处从 t 时刻起向历史回溯的第 n 个起报场的百分位情况, α^{t-n} 为 n 个起报场的百分位权重; $R_{i,j}^m$ 为 i, j 格点处第 mt 时刻的 CMPA 实况值。

3. 结果与分析

3.1. 动态最优百分位法对大范围降水的过程的集合预报订正

2020 年汛期, 贵州降雨量异常偏多, 区域性暴雨过程多, 累积雨量大。6 月 20 到 25 日贵州出现了持续性降水天气过程, 5 d 累积降水量贵州北部及南部地区达到 100 mm 以上, 部分地区达到 200 mm 以上, 6 月 23 日降水量和强降水范围最大(图 1(b))。

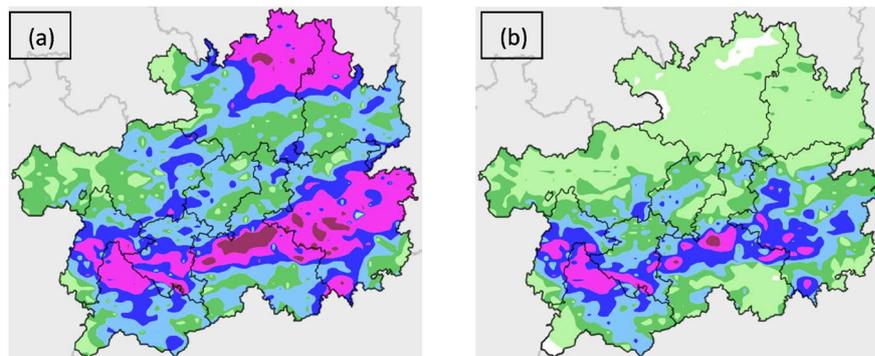


Figure 1. Distribution of accumulated precipitation in Guizhou Province on (a) June 20~25, 2020 and (b) June 23, 2020 (unit: mm)

图 1. (a) 2020 年 6 月 20~25 日和 (b) 6 月 23 日贵州省累积降水量分布(单位: mm)

3.1.1. 暴雨以上量级订正检验

针对 6 月 20 日至 25 日持续性的暴雨天气过程, 利用集合预报动态百分位方法对 EC 集合预报降水产品经过订正后, 对各百分位的订正后结果进行 TS 评分, 由评分结果可知(图 2), 随着百分位的增加, 订正后的集合预报 TS 评分也随之增加, 但大部分百分位的预报评分低于 EC 确定性预报(对 20 日至 25 日暴雨以上量级的 TS 评分为 8.1%), 但也有接近一半的百分位值评分高于 EC 集合平均(平均评分为 5.10%), 由此可见该订正方法对暴雨以上量级的降水预报基本没有改进效果; 评分最高的时 96 百分位值的订正值, 为 10.34%, 高于 96 百分位的订正值评分有开始下降。由对暴雨量级的订正结果检验发现, 6 月 20 日至 25 日期间 EC 集合预报的最优百分位值为 96%。

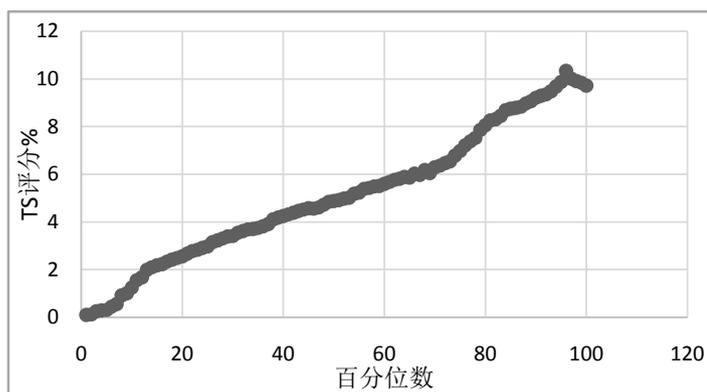
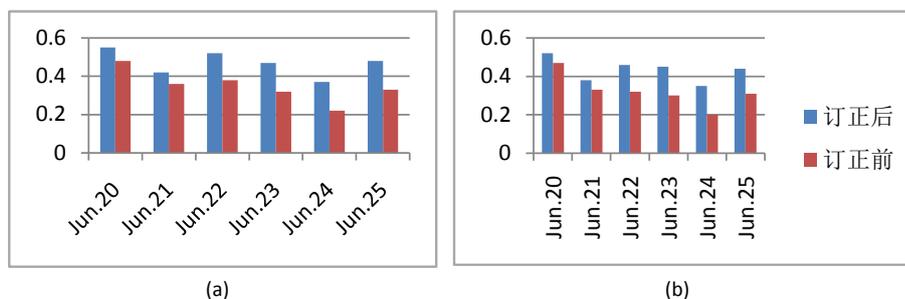


Figure 2. TS score of EC ensemble forecast dynamic percentile correction product (abscissa is percentile)

图 2. EC 集合预报动态百分位订正产品的暴雨预报 TS 评分(横坐标为百分位数)

3.1.2. 对降水过程订正的统计检验

再对 6 月 20 日至 25 日期间每日降水过程分析动态最优百分位方案对分量级降水预报的订正效果。由图 3 可见, 在此期间, 对于有无降水预报经过订正后 TS 评分均大于订正前 EC 集合预报的 TS 评分, 除了 20 日、21 日订正前后的 TS 评分差值较小外, 其他时间 TS 评分差值都高于 0.1, 说明该方案对有无降水的订正效果是比较明显的; 对于小雨(0.1~10 mm 以内降水), 动态最优百分位方案也有订正效果, 由图 3(b)可见, 订正前后的 TS 评分差值没有有无降水大, 说明对于小雨量级的订正效果没有有无降水的订正效果明显; 对于中雨(10~25 mm)的降水预报, 除了 20 日订正后 TS 评分略低于订正前外, 其他时间都有一定的订正作用; 对于大雨(25~50 mm)的降水预报, 21 日和 23 日订正效果明显, 订正后 TS 评分明显高于订正前, 对其他时段的降水预报订正效果均不太明显。动态最优百分位方案对于有无降水、小雨、中雨的订正效果明显, 对于大雨有一定的订正能力, 但对暴雨以上的降水订正效果不明显。



(a)

(b)

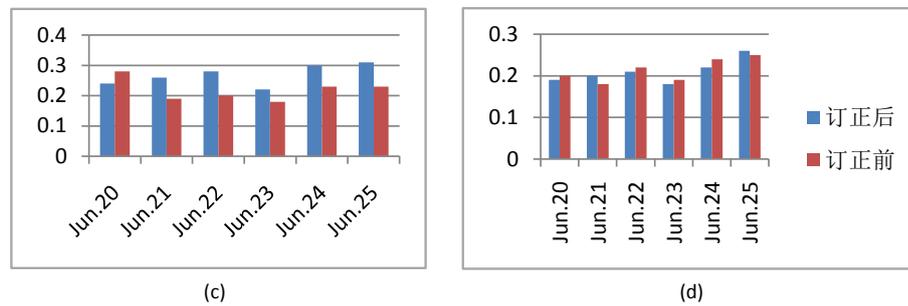


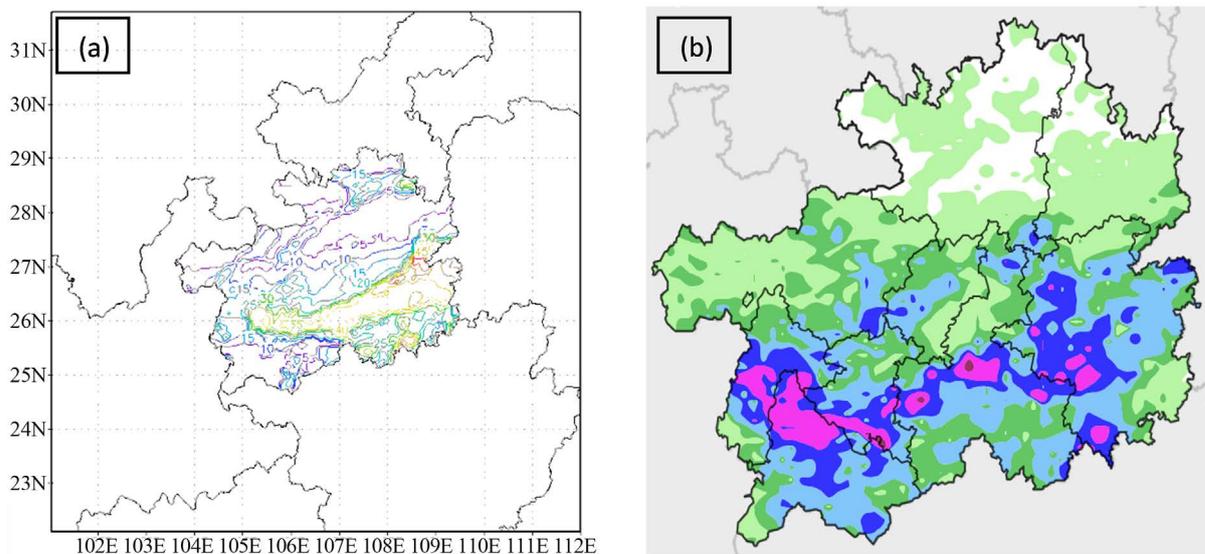
Figure 3. ECMWF of different magnitude from June 20 to 25, 2020 ((a) yes or no; (b) Light rain; (c) Moderate rain; (d) Heavy rain) Ensemble precipitation forecast and TS score after optimal percentile correction

图 3. 2020 年 6 月 20~25 日 ECMWF 各量级((a) 有无; (b) 小雨; (c) 中雨; (d) 大雨)降水集合预报及最优百分位订正后的 TS 评分

3.2. 典型个例对比分析

为了进一步考察该方案的订正效果, 以 2020 年 6 月 23 日为例详细分析。

图 4(a)为 6 月 23 日 20 时到 24 日 20 时经订正后 ECMWF 的降水预报。6 月 23 日夜间到 24 日白天, 贵州中部以南地区出现了中到大雨, 在南部存在一条东—西向大到暴雨带, 其大值中心位于六盘水市、黔西南州、安顺市南部、黔南及黔东南两州中部, 24 h 最大降雨量达到 301.3 mm, 出现在安顺市南部。贵州中部以南大部分地区降雨量为 25.0 mm 以上, 贵州南部大部降雨量为 50.0 mm 以上, 南部东西一线有 186 个站点超过了 100.0 mm, 20 个站点超过了 200.0 mm, 北部地区部分地区降水量级为小雨。当日 ECMWF 集合预报的原始集合预报小雨预报普遍存在较大的空报区域, 如贵州北部遵义、铜仁部分地区没有降水发生, 但预报了有小雨。此外, 暴雨带预报偏北, 预报暴雨、大暴雨在贵州中部偏东一带, 较实况偏北偏东, 而对南部地区却只报了 25.0~50.0 mm 量级。而 EC 确定性降水预报(图 4(c))大雨范围偏大, 暴雨带偏北, 量级明显偏小, 暴雨以上落区与实况偏差较大, 降水量级与实况也有较大偏差。经过动态百分位订正后的降水预报的订正效果(图 4(a))非常明显, 主要是对强降雨带的向南调整与实况基本一致, 但量级偏小, 仅预报了 25 到 50 mm, 仅在东部预报了 50 mm 以上降水, 大暴雨明显漏报。但贵州北部空报了 10.0 mm 以上降水。这与前文的统计检验的结论一致。



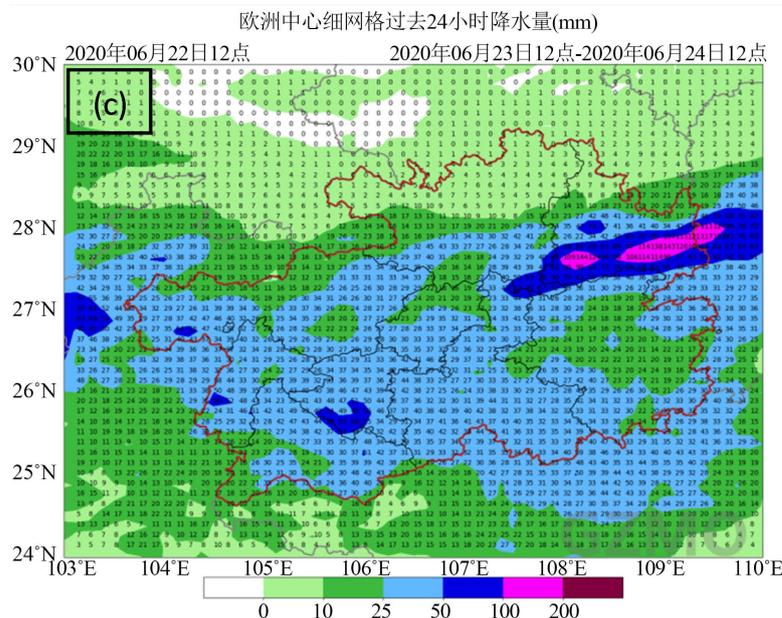


Figure 4. (a) Revised precipitation forecast and (b) actual precipitation forecast of ECMWF ensemble forecast on June 23, 2020; (c) EC deterministic precipitation forecast (unit: mm)

图 4. 2020 年 6 月 23 日 ECMWF 集合预报(a) 经订正后降水预报及(b) 降水实况; (c) EC 确定性降水预报(单位: mm)

4. 小结与讨论

本文将动态最优百分位方案用于对 EC 降水集合预报的订正, 分析比较了 ECMWF 的降水集合预报与最优百分位方案订正后的效果。得出以下结论:

1) 订正前的 EC 降水集合预报存在小雨空报、大雨漏报现象, 经方案订正后集合预报的预报准确率有提高。

2) 动态最优百分位方案对于小雨、中雨的订正效果很明显, 对于大雨有一定的订正能力, 但对暴雨以上量级的降水几乎没有订正能力。

3) 经过动态百分位方案订正后的降水预报产品, 强降水落区与实况更接近, 明显优于 EC 确定性预报, 并且能够消除了降水的空报落区, 对空报的暴雨以上降水区也有一定的消空, 但是降水量级总体偏小, 暴雨区中只预报了 25 到 50 mm 的降水。在业务使用中降水落区有较好的参考性, 降水量级可以在预报基础上增加一个量级。

通过本文研究可以看到, 利用动态最优百分位方案对 EC 集合预报的原始预报产品能够起到改进作用, 尤其在典型的暴雨过程中明显优于 EC 确定性预报, 可以在进行降雨预报时, 为预报员提供预报效果更好的降水预报产品, 从而调高贵州的降水预报准确率。但这类客观订正方法要用到在实际业务中, 还需要对更长时间的样本进行检验, 对订正方案不断进行修订, 并研究出能够补漏和消空的客观释用方法, 从而才能显著提高贵州降雨的预报准确率。

基金项目

中国华电集团有限公司 2019 年科技项目。

参考文献

- [1] 林春泽, 祁海霞, 智协飞, 等. 中国夏季降水多模式集成概率预报研究[J]. 暴雨灾害, 2013, 32(4): 354-359.

- [2] 陈静, 陈德辉, 颜宏. 集合数值预报发展与研究进展[J]. 应用气象学报, 2002, 13(4): 497-507.
- [3] 矫梅燕. 天气业务的现代化发展[J]. 气象, 2010, 36(7): 1-4.
- [4] 陈静, 薛纪善, 颜宏. 华南中尺度暴雨数值预报的不确定性与集合预报试验[J]. 气象学报, 2003, 61(4): 432-446.
- [5] 杜钧. 集合预报的现状和前景[J]. 应用气象学报, 2002, 13(1): 16-28.
- [6] 潘旸. 多源降水数据融合研究及应用进展[J]. 气象科技进展, 2018, 8(1): 143-152.