



ارزیابی روش‌های نداشت چندکی در تصحیح اریبی برآوردهای بارش ماهواره TRMM در دوره رشد پوشش گیاهی (آوریل تا اکتبر) در استان کرمانشاه

سعیده کمالی^۱، جواد بذرافشان^۲، زهرا آقاشریعتمداری^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴

چکیده

پوشش جهانی ماهواره TRMM امکان مناسبی برای استفاده از بارش برآورده شده ماهواره مذکور در کشور فراهم نموده است. در ایران، مطالعات اندکی کارایی روش‌های پس‌پردازش را در تصحیح داده‌های بارش TRMM مورد بررسی قرار داده‌اند. هدف از این مطالعه، ارزیابی کارایی روش‌های نداشت چندکی در بهبود داده‌های بارش TRMM در مقایسه با داده‌های زمینی است. برای این منظور، ۱۰ روش نداشت چندکی بر شبکه بارش TRMM در پهنه استان کرمانشاه در مقیاس زمانی ماهانه (ماه‌های آوریل تا اکتبر) طی دوره آماری ۲۰۰۵-۲۰۱۲ اعمال گردید. مبنای مقایسه، داده‌های بارش اندازه‌گیری شده در دوره زمانی مذکور در ۱۳ ایستگاه همدید و ۸۲ ایستگاه باران‌سنجی بود. نتایج نشان داد که قبل از اعمال روش‌های تصحیح، برآورد بارش TRMM در مناطق مرتفع بیشتر و در مناطق پست و کم‌ارتفاع کمتر از مقادیر مشاهداتی در ایستگاه‌های زمینی است. به علاوه، مشخص شد که اختلاف بین بارش ماهواره‌ای و ایستگاه‌های زمینی در ماه‌های با بارش بیشتر (ماه آوریل و اکتبر) بسیار بیشتر از ماه‌های با بارش کمتر است. روش پارامتری تبدیل مقیاس با کمترین خطا به عنوان مناسب‌ترین روش تصحیح معرفی شد. نتایج پس‌پردازش داده‌ها نشان داد که روش مذکور توانسته است دقت داده‌های بارش TRMM را بهبود دهد. به علاوه، ضریب همبستگی بین داده‌های زمینی و ماهواره‌ای بارش در محدوده ۰/۷۳ تا ۰/۹۴ (معنی‌دار در تراز ۵ درصد) تغییر نمود، که بالاترین همبستگی‌ها در مقایسه بارش ایستگاه‌های همدیدی و TRMM به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بارش، نداشت چندکی، ماهواره TRMM، تصحیح اریبی، کرمانشاه

مقدمه

مکانی این پدیده، استفاده از روش‌های مختلف در تحلیل فضایی بارش ممکن است نتایج مناسبی عاید نسازد. به علاوه ممکن است به خاطر تأخیر زمانی در ارائه داده‌ها و نقصان و خطا در داده‌های اندازه‌گیری، امکان کاربرد آن‌ها در تحلیل‌های منطقه‌ای به‌هنگام وجود نداشته باشد. دیگر اینکه، اندازه‌گیری بارش به‌صورت نقطه‌ای انجام می‌شود و بنابراین امکان استفاده از آن‌ها برای تعیین مقدار بارش در مقیاس مکانی بزرگ وجود ندارد. از این رو، استفاده از روش‌های نوین (مثل روش‌های سنجش از دور) برای شناسایی الگوهای بارش و تخمین بارش

بارش یکی از عناصر پیچیده و تعیین‌کننده اقلیم جهانی محسوب می‌شود که به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای تغییرات زمانی و مکانی زیادی است. اندازه‌گیری دقیق بارش عامل مهمی در ارزیابی موجودی آب این مناطق (خشک و نیمه‌خشک) برای پاسخ‌گویی به نیاز بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت و شرب است (Katirai Borujerdi, 2013). به دلیل تراکم کم ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش و ناپیوستگی

^۱ *نویسنده مسئول: jbazr@ut.ac.ir

^۲ استادیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

^۱ دانشجوی دکترای هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی،

دانشگاه تهران

^۲ دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

نحوه ارجاع مقاله:

کمالی، س.، بذرافشان، ج.، آقاشریعتمداری، ز. ۱۴۰۱. ارزیابی روش‌های نداشت چندکی در تصحیح اریبی برآوردهای بارش ماهواره TRMM در دوره رشد پوشش گیاهی (آوریل تا اکتبر) در استان کرمانشاه. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۰(۲): ۴-۱۶. DOI: 10.22125/agmj.2022.289694.1117
Kamali, S., Bazrafshan, J., Aghashariatmadari, Z. 2023. Evaluation of quantile mapping methods in bias correction of the TRMM satellite's estimated precipitation data during vegetation growth period (Apr-Oct) in Kermanshah province. Journal of Agricultural Meteorology, 10(2): 4-16. DOI: 10.22125/agmj.2022.289694.1117

که در فصل‌های پرباران، ماهواره مذکور مقدار بارش را بیشتر برآورد می‌کند. به علاوه، مشخص شد که در مقیاس زمانی ماهانه (در مقایسه با روزانه) همبستگی بسیار زیادی بین داده‌های ایستگاهی و ماهواره وجود دارد. البته، در مطالعه مذکور هیچگونه تحلیلی روی خطاها و اصلاح شبکه انجام نشده است. (Nastos et al., 2016) بر مبنای آمار مربوط به ۹۶ ایستگاه هواشناسی یونان اقدام به ارزیابی داده‌های بارش شبکه نقاط TRMM در دوره آماری ۲۰۰۸-۱۹۹۸ نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در فصل زمستان همبستگی بالایی بین دو مجموعه داده وجود دارد و در فصل تابستان بی‌نظمی‌هایی از نظر نتایج در ارتفاعات مختلف مشاهده می‌شود. به عبارت دیگر، ماهواره مقدار بارش را در مناطق با ارتفاع بالا کمتر و در مناطق هموار مثل دشت‌ها بیشتر برآورد می‌کند. (Ward et al., 2011) گزارش نمود که ماهواره TRMM و مدل تخمین بارش مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی (PERSIANN)^۲ مقدار بارش در مناطق کوهستانی اندونزی را در فصل‌های خشک کمتر برآورد می‌کنند. (Khalighi-Sigaroodi et al., 2019) به بررسی صحت اطلاعات بارش روزانه ماهواره‌های TRMM و PERSIANN در دامنه‌های جنوبی کوه‌های البرز، ایران پرداختند. برای این منظور، داده‌های بارش ماهواره‌ای را با داده‌های بارش ۱۲ ایستگاه همدیدی طی یک دوره ۱۵ ساله مقایسه کردند. از سنجه‌های آماری MAE، RMSE و Bias برای ارزیابی خطا استفاده کردند نتایج نشان داد که بین داده‌های بارش ماهواره‌ای و داده‌های بارش اندازه‌گیری شده زمینی همبستگی کمی وجود دارد به‌طوری‌که بالاترین مقادیر ضریب همبستگی به ترتیب از ۰/۲۲۸ تا ۰/۴۰۲ برای TRMM و از ۰/۴۷ تا ۰/۴۲۷ برای PERSIANN وجود دارد. (Hirpa et al., 2010) محصولات بارش ماهواره‌ای (PERSIANN، TRMM و CMORPH^۳) را با داده‌های بارش ایستگاه‌های زمینی در مناطق پیچیده اتیوپی مقایسه کرده و نتیجه گرفتند که هر سه محصول، مقدار بارش را در مناطق مرتفع بیشتر از مقدار مشاهداتی برآورد می‌کنند. (Sharifi et al., 2016) با ارزیابی

در بزرگ‌مقیاس ضروری خواهد بود (Turso et al., 2013). امروزه داده‌های ماهواره‌ای توجه محققان زیادی را در برآورد بارش در مقیاس منطقه‌ای به خود جلب کرده است زیرا این داده‌ها به‌خصوص برای مناطقی که دارای ایستگاه‌های هواشناسی نیستند نیز قابل دسترس می‌باشند (Ghajarnia et al., 2015). ماهواره‌ها با بهره‌گیری از امواج میکروویو فعال و غیرفعال رادار و سنجنده‌های فعال در نور مرئی و مادون قرمز، قادر به تخمین بارش در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت برای کل دنیا می‌باشند. از جمله ماهواره‌هایی که در زمینه اندازه‌گیری بارش استفاده می‌شود ماهواره (TRMM)^۱ است. ماهواره TRMM اولین ماهواره‌ای است که بارش را در سه بعد (۱) اندازه‌گیری شدت و توزیع باران، (۲) تخمین عمق طوفان و (۳) اندازه‌گیری آب معادل ذوب برف بررسی می‌کند (Shirvani and Fakhari Zade Shirazi, 2014). قبل از استفاده کاربردی از داده‌های ماهواره‌ای لازم است این داده‌ها با داده‌های زمینی مقایسه شده و در صورت لزوم تا حد ممکن تصحیح شوند. محققان زیادی به بررسی دقت داده‌های بارش ماهواره TRMM پرداخته‌اند که در ادامه، به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. (Javanmard et al., 2010) دقت داده‌های بارش روزانه ماهواره TRMM را در گستره ایران مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که اگرچه TRMM مقدار بارش را کمتر برآورد می‌کند، اما دارای تطابق خوبی با داده‌های ایستگاهی از نظر الگوها و میزان بارش در مناطق با بارش زیاد است. (Mohammadi and Vazifeh Doust 2014) اقدام به مقایسه داده‌های بارش ماهانه TRMM و داده‌های ایستگاه‌های زمینی در استان خراسان رضوی نمودند و نتیجه گرفتند که TRMM از توان قابل قبولی در تعیین مقدار بارش در ماه‌های پرباران برخوردار است اما در اکثر موارد مقادیر برآورد شده توسط ماهواره TRMM بیش از میانگین ایستگاه‌های زمینی بوده است. (Darand et al., 2017) دقت ماهواره TRMM در تخمین مقادیر بارش روزانه و ماهانه اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های هواشناسی ایران را برای دوره‌ی آماری ۱۶ ساله ۲۰۱۳-۱۹۹۸ ارزیابی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد

³. Climate Prediction Center Morphing Algorithm

¹ Tropical Rainfall Measuring Mission

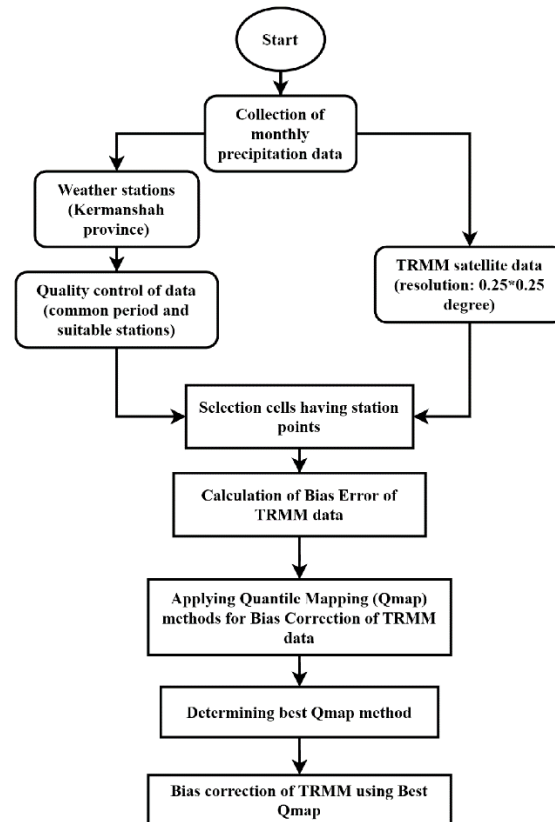
² Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks

ماهواره‌ای از روش تصحیح اریبی نگاشت چندکی بر مبنای طبقه‌بندی هیدرواقلمی در گوانا استفاده کردند. در این مطالعه از داده‌های بارش ۹۳ باران‌سنج در مقیاس روزانه و همچنین داده‌های بارش ماهواره TRMM طی دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۱ استفاده کردند. در این تحقیق برای بررسی صحت داده‌ها از سنجه‌های آماری RMSE و MBE استفاده کردند. همچنین در نهایت نتیجه گرفتند که استفاده از این روش تصحیح باعث بهبود کیفیت داده‌های بارش TRMM می‌شود و می‌توان از این روش برای تصحیح داده‌های TRMM در مقیاس بزرگ‌تر استفاده کرد. از دیگر تحقیقات انجام شده در زمینه اعتبارسنجی داده‌های بارش ماهواره TRMM در مقایسه با شبکه‌های اندازه‌گیری زمینی، می‌توان به Karasva et al., (2007), Ghafourian et al., (2016), Shirvani and Fakhari Zade Shirazi (2014), Ha et al., (2012) و Mahdiha et al., (2013) اشاره کرد. تمامی این مطالعات نشان داده‌اند که هرچند همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری بین داده‌های مشاهداتی و داده‌های ماهواره TRMM وجود دارد اما داده‌های خام TRMM خطای زیادی داشته و استفاده از آن‌ها نیازمند واسنجی است. همچنین، اکثر پژوهش‌های انجام شده در زمینه واسنجی داده‌های بارندگی TRMM اغلب در خارج از کشور انجام شده است و تعداد محدودی مطالعات در این زمینه در ایران انجام شده است از جمله به مطالعه Erfanian et al., (2016) می‌توان اشاره کرد در این مطالعه نتیجه گرفتند هرچند که روش رگرسیون خطی باعث بهبود کیفیت داده‌های TRMM شده است اما در بعضی مناطق نتوانسته خطای داده‌های TRMM را کاهش دهد. بنابراین نیاز است دیگر روش‌های واسنجی استفاده شوند تا بتوان در مورد تاثیر ضرایب تصحیح و واسنجی قضاوت کرد. همچنین با توجه به اینکه بارش یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تغییرات پوشش گیاهی، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، است. بنابراین هدف از این مطالعه ارزیابی دقت داده‌های بارش ماهواره TRMM و تصحیح آن با روش‌های مختلف نگاشت چندکی در استان کرمانشاه در دوره رشد پوشش گیاهی (آوریل تا اکتبر) هدف‌گذاری شده است. ذکر این نکته لازم است که تاکنون مهارت روش‌های نگاشت چندکی برای تصحیح داده‌های بارش TRMM در کشور آزموده نشده است.

و مقایسه داده‌های روزانه TRMM و GPM برای چهار منطقه اقلیمی ایران بیان کردند که هرچند در مقیاس روزانه هر سه پایگاه داده مقادیر بارش را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کنند. با وجود این، داده‌های سنجنده GPM از عملکرد بهتری نسبت به TRMM و Era-Enterim برخوردار است. همچنین Miri et al., (2019) به ارزیابی دقت برآورد بارش روزانه پایگاه داده‌های TRMM و GPM در مقابل داده‌های مشاهده‌ای در ایران پرداختند. داده‌های مورد استفاده آن‌ها شامل داده‌های بارش روزانه ۷۱ ایستگاه همدیدی منتخب و داده‌های شبکه‌بندی شده بارش GPM و TRMM با قدرت تفکیک مکانی 0.25×0.25 درجه جغرافیایی طی دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۱۶ بود. نتایج به‌دست آمده نشان داد که در حالت کلی مقادیر بارش روزانه سنجنده‌های نام برده شده از دقت مناسبی در سطح ایران برخوردار نیستند و میزان خطای بارش برآوردی برای بیشتر ایستگاه‌ها قابل توجه است. همچنین دقت داده‌های روزانه سنجنده GPM در سطح ایران نسبت به داده‌های TRMM بیشتر است. (Zulkafli et al., 2018) به تجزیه و تحلیل عملکرد داده‌های بارش TRMM با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی در حوضه رودخانه پانگ پرداختند. نتایج سنجه‌های خطا نشان داد که ارتفاع منطقه بر عملکرد داده‌های TRMM تاثیر می‌گذارد؛ به‌طوریکه مقدار خطا در مناطق مرتفع و دارای ارتفاع متوسط بیشتر است. همچنین، مقدار بارش را در فصول مرطوب بیشتر و در فصول خشک کمتر از مقدار مشاهداتی برآورد می‌کند. نتایج به‌کارگیری روش اصلاح اریبی برای تصحیح داده‌های بارش TRMM نشان داد که اصلاح اریبی میانگین باعث بهبود داده‌های TRMM می‌شود. (Erfanian et al., 2016) به ارزیابی صحت داده‌های بارش ماهواره TRMM در ۸۷ ایستگاه همدیدی ایران در ۶ ناحیه اقلیمی مختلف پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که داده‌های TRMM دارای خطای قابل توجهی هستند. بنابراین، از روش رگرسیون خطی برای تصحیح این داده‌ها استفاده کردند. به‌علاوه، مشخص شد که داده‌های واسنجی‌شده TRMM در بیشتر نواحی و ایستگاه‌ها، مشابه مقادیر مشاهداتی است و در نواحی اقلیمی شمال ایران خطای داده‌های ماهواره‌ای کاهش یافته است. Ringard et al., (2015) در تحقیقی برای تصحیح تولیدات بارندگی

مواد و روش‌ها

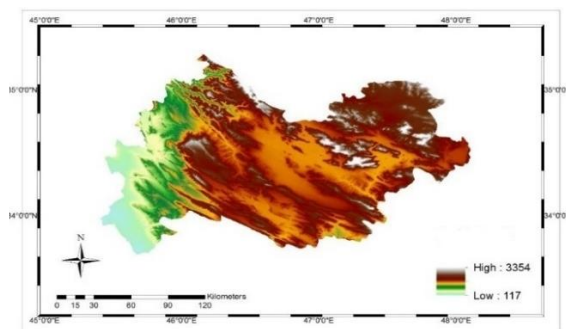
مراحل اجرای این تحقیق در روندنمای شکل ۱ ارائه شده است. با توجه به شکل ۱، فرایند تحقیق با گردآوری داده‌های مرجع زمینی در استان مورد مطالعه (کرمانشاه) و همچنین اطلاعات بارش شبکه نقاط ماهواره TRMM در مقیاس ماهانه آغاز می‌شود. پس از کنترل‌های اولیه از نظر کیفیت آمار، دوره آماری مشترک داده‌های زمینی و شبکه ماهواره تعیین می‌شود. در مرحله بعد، با توجه به هدف تحقیق، مناسب‌ترین ایستگاه زمینی (نزدیک به مرکز سلول‌های شبکه) انتخاب می‌شود. در نهایت، به کمک روش نگاشت چندکی^۱، تصحیح اربیی داده‌های بارش شبکه در مقایسه با نقاط مرجع زمینی انجام شده و عملکرد روش‌های مختلف نگاشت چندکی در تصحیح اربیی داده‌های شبکه با استفاده از شاخص‌های خطا ارزیابی می‌شود. نتیجه این مطالعه، ارائه روش مناسب نگاشت چندکی برای تصحیح اربیی شبکه بارش TRMM خواهد بود.



شکل ۱- مراحل انجام تحقیق
Figure 1- Flowchart of the study

منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه با مساحتی معادل ۴۳۴۲۴ کیلومتر مربع که در میانه ضلع باختری ایران بین ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است. ارتفاع استان در دامنه ۱۱۷ تا بیش از ۳۰۰۰ متر تغییر می‌کند (شکل ۲). به دلیل موقعیت خاص اقلیمی و بارش به موقع و کافی از مناطق شمال غربی تا جنوب شرقی یعنی از ارتفاعات اورامانات تا منطقه زردلان و هلیلان، دارای دره‌های پوشیده از جنگل و مراتع است. میانگین بارش سالانه بین ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلی متر متغیر است، به طوری که نیمه غربی آن مقدار بیشتری از ریزش‌های جوی استان را دریافت می‌کند.



شکل ۲- نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) استان کرمانشاه (متر) (www.earthexplorer.usgs.gov)

Figure 2- Digital Elevation Model (DEM) of the Kermanshah province (in m)

داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه، سه مجموعه داده بارش در مقیاس ماهانه (ماه‌های دوره رشد: آوریل-اکتبر) در منطقه مطالعاتی مورد استفاده قرار گرفت. (۱) داده‌های ماهانه بارش مشاهده شده مربوط به ۱۳ ایستگاه هواشناسی همدیدی در استان کرمانشاه که از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. طولانی‌ترین دوره آماری مربوط به ایستگاه کرمانشاه است که دوره زمانی ۱۹۵۱-۲۰۱۶ را پوشش می‌دهد. (۲) داده‌های ماهانه ۸۲ ایستگاه باران‌سنجی در استان کرمانشاه که از سازمان مدیریت منابع آب ایران تهیه شد، که طولانی‌ترین آن‌ها دوره زمانی ۱۹۵۱-۲۰۱۲ را پوشش می‌دهند. (۳) داده‌های ماهانه بارش نسخه ۷ ماهواره TRMM که از پایگاه سازمان فضایی و

^۱ Quantile Mapping

شکل ۳، از مجموع ۳۷ سلول شبکه در سطح استان که ایستگاه زمینی در آن‌ها قرار داشت، مشخص شد که ۲۶ سلول دارای ایستگاه‌های مناسب زمینی هستند و روش نگاشت چندکی بر این ۲۶ سلول اعمال شد. جدول ۱ شماره سلول‌های مورد بررسی را به همراه نزدیک‌ترین ایستگاه منتخب در هر یک از سلول‌ها نشان می‌دهد. باید ذکر شود که سلول‌هایی که ایستگاه زمینی فاصله زیادی از مرکز سلول داشت، عملاً در تحلیل چندکی مورد استفاده قرار نگرفتند.

جدول ۱- ایستگاه‌های زمینی موجود در هر یک از سلول‌های

شبکه TRMM

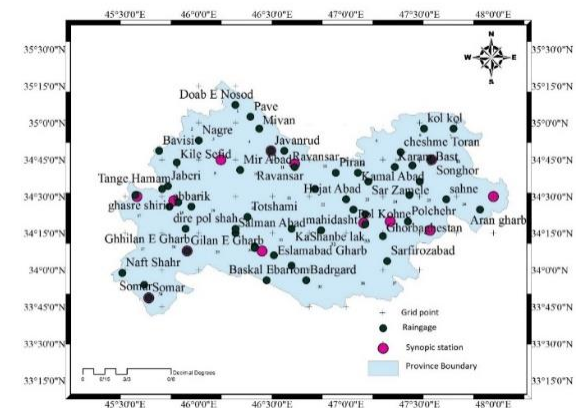
Table 1 - Ground stations in each of the cells of the TRMM network

Station	Cell number
Doab E Nosod- Pave*	1
Nagre*	2
Bon chele* - Mivan- Javanroud- Javanroud Sinoptik	4
Cheshme E Toran*	5
Kol Kol* - Songhor- Songhor Ghelyayi	6
Khosro Abad Songhor*	7
Kile Sefid*- Jaberri- Tange Hamam	8
Kamal Abad*- Sarzamele	9
Mir Abad*- Taze Abad	10
Doab Mark*- Ravansar- Ravansar (Sinoptik)	12
Kamal Abad*- Piran	13
Sarzamele- Karam Bast*	14
Pire Salman- Cheragh Abad*- Biston Heydar Abad	15
Ghasre Shirin- Ghasre Shirin (Sinoptik)	17
Abbarik*- Sarpol E Zahab- Sarpol E Zahab (Sinoptik)	18
Mahaki Habibvand*- Dire Pol Shah	19
Totshami*- Mokhaberat Kerend	20
Kashanbe Lak*	21
Mahidasht*	22
Hojat Abad- Markaze Pazooheshi*- Taghbostan- Kermanshah- Pol Kohne	23
Sararud	24
Pol Chehr*- Harsin	25
Sahne	26
Ghelangharb- Ghilangharb (Sinoptik)*	28
Khosro Abad Kerend- Firoz Abad Kerend	29
Eslam Abad- Eslam Abad (Sinoptik) * - Kale Chon Chamravand	30
Ghorbaghestan- Sarfiroz Abad*	33
Somar (Sinoptik) *	34
Badrgard*	35

ایستگاه زمینی مناسب در هر سلول با علامت * مشخص شده است. در برخی سلول‌ها هیچ ایستگاهی انتخاب نشده است. موقعیت جغرافیایی هر یک از سلول‌ها در شکل ۲ آورده شده است.

The appropriate ground station in each cell is marked with a * sign. In some cells no station is selected. The geographical location of each cell is shown in Figure 2.

هوانوردی آمریکا استخراج گردید. این داده‌ها دارای قابلیت تفکیک 0.25×0.25 درجه طول و عرض جغرافیایی هستند و فاصله زمانی ۲۰۱۲-۱۹۹۸ را پوشش می‌دهند. پوشش مکانی ایستگاه‌های هواشناسی، باران‌سنجی و شبکه نقاط ماهواره در شکل ۳ ارائه شده است. قبل از مقایسه داده‌های شبکه و نقاط ایستگاهی زمینی، کنترل‌های کیفی اولیه از نظر طول دوره آماری، خلاءهای داده‌ای و آزمون‌هایی برای تحلیل همگنی و تصادفی بودن داده‌ها انجام شد. بررسی‌ها نشان داد که دوره مشترک ۸ ساله ۲۰۱۲-۲۰۰۵ می‌تواند به عنوان دوره مناسب برای ارزیابی داده‌های ماهواره انتخاب شود. در مجموع، در این مطالعه، مشخص شد از بین ۹۵ ایستگاه زمینی، ۶۷ ایستگاه واجد آمار با کیفیت مناسب هستند که از این تعداد ۱۰ ایستگاه مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳- شبکه نقاط 0.25×0.25 درجه طول و عرض جغرافیایی داده‌های TRMM همراه با ایستگاه‌های زمینی در استان کرمانشاه

Figure 3- Grid points of 0.25 × 0.25-degree latitude and longitude related to TRMM data along with ground stations in Kermanshah province

انتخاب ایستگاه‌های مرجع زمینی

به منظور مقایسه داده‌های بارش شبکه TRMM با داده‌های زمینی در روش‌های نگاشت چندکی، باید ایستگاه‌های مرجع زمینی مناسب انتخاب شود. به طور معمول، نزدیک‌ترین ایستگاه زمینی به مرکز هر یک از سلول‌های شبکه به عنوان ایستگاه مرجع انتخاب می‌شود. پراکنش نقاط ایستگاهی و توزیع سلول‌های شبکه در شکل ۳ آورده شده است. طبق

نگاشت چندکی

سلول‌های واجد ایستگاه زمینی تعیین می‌شود. سپس، به کمک یک رابطه مناسب بین چندک‌های بارش مشاهده‌ای و بارش TRMM می‌توان داده‌های شبکه بارش TRMM را اصلاح نمود. روابط چندکی مورد بررسی در این مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. در این مطالعه، برای اجرای روش‌های مختلف نگاشت چندکی از بسته نرم‌افزاری qmap نسخه 4-1.0 (2016) در محیط نرم‌افزار R استفاده شد (Package qmap, 2016).

روش نگاشت چندکی از دسته روش‌های تصحیح اریبی^۱ داده‌های بزرگ‌مقیاس است که توزیع احتمال داده‌های بزرگ‌مقیاس را بر مبنای اطلاعات مشاهده‌ای ایستگاه‌ها اصلاح کند. هدف از این روش، در واقع، نزدیک نمودن توزیع احتمال داده‌های بزرگ‌مقیاس به توزیع احتمال داده‌های ایستگاهی است. برای این منظور، ابتدا تابع توزیع تجمعی (CDF) داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های بزرگ‌مقیاس TRMM در

جدول ۲- روش‌های مختلف نگاشت چندکی

Table 2- Different methods of quantile mapping

Calculation form	Method
$p_o = F_o^{-1}(F_m(p_m))$	distribution derived transformations (DIST)
$p_o = b p_m^c$	
$p_o = (a + b \cdot p_m)$	
$p_o = (a + b \cdot p_m)(1 - \exp(-p_m/\tau))$	
$p_o = b \cdot p_m$	
$p_o = b(p_m - X_0)^c$	
$p_o = (a + b \cdot p_m)(1 - \exp(-(p_m - X_0)/\tau))$	parametric transformations (PTF)
Non-parametric quantile mapping using empirical quantiles	
Non-parametric quantile mapping using robust empirical quantiles	
Quantile mapping using a smoothing spline	QUANT RQUANT SSPLINE

^a, ^b, ^c, ^τ پارامترهای مدل‌ها و ^{X₀} مقدار آستانه است که توسط مدل تعیین می‌شود (Package qmap, 2016).

$$r = S_{x,y} / S_x S_y \quad (۴)$$

که در آن o_i مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در زمان i ، m_i مقدار متغیر برآورد شده از ماهواره در زمان i ، n طول سری زمانی، S_x ، S_y و S_{xy} به ترتیب کواریانس بین x و y ، انحراف معیار x و y ، ضریب همبستگی پیرسون (r) در صورتی معنی‌دار است که در شرط معادله ۵ کند.

$$\left| \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \right| > t_{\frac{\alpha}{2}, (n-2)} \quad (۵)$$

که $t_{\frac{\alpha}{2}, (n-2)}$ مقدار آماره t-student در سطح معنی‌داری $\frac{\alpha}{2}$ و درجه آزادی $n-2$ (طول دوره آماری) است. مقدار خطای به‌دست آمده از سنجه‌های ۱ تا ۳ به واحد متغیر مورد اندازه‌گیری بیان می‌شود. سنجه RMSE اطلاعاتی را درباره کارایی کوتاه‌مدت مدل از طریق مقایسه جمله به جمله مقادیر برآورده و اندازه‌گیری شده می‌دهد. هرچه مقدار RMSE

سنجه‌های ارزیابی داده‌ها

برای ارزیابی دقت داده‌های بارش TRMM و همچنین تعیین میزان کارایی روش‌های مختلف نگاشت چندکی و مقایسه آن‌ها با یکدیگر از سنجه‌های آماری متعددی استفاده می‌شود. رایج‌ترین سنجه‌های آماری میانگین خطای اریبی^۲ (MBE)، میانگین مطلق خطا (MAE)^۳، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)^۴ و ضریب همبستگی پیرسون (r) هستند که بر اساس معادله‌های ۱ الی ۴ محاسبه می‌شوند.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |o_i - m_i| \quad (۱)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (o_i - m_i)^2}{n}} \quad (۲)$$

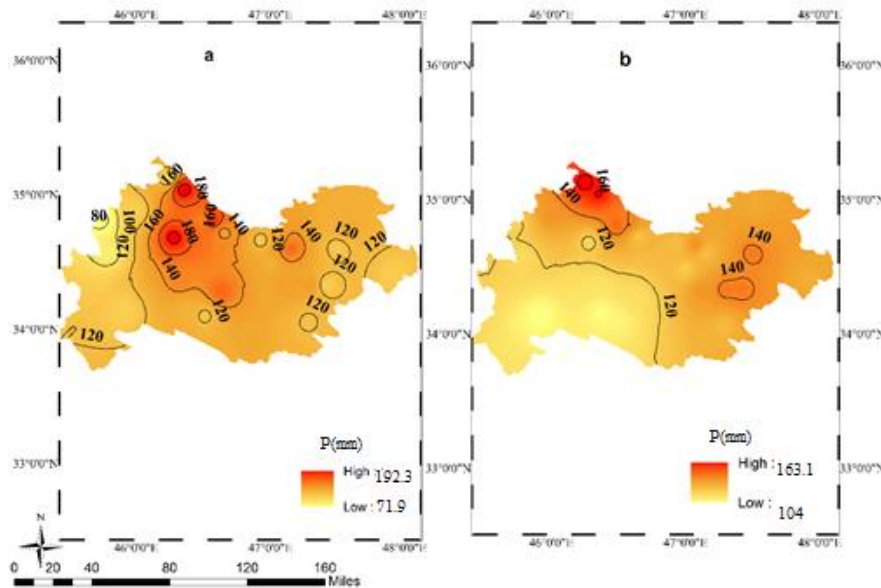
$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (o_i - m_i) \quad (۳)$$

^۳ Mean Absolute Error
^۴ Root Mean Square Error

^۱ Bias Correction
^۲ Mean Bias Error

مقایسه مجموع بارش (آوریل-اکتبر) TRMM و ایستگاهی قبل از تصحیح اریبی

قبل از استفاده از داده‌های بارش TRMM، به منظور بررسی صحت داده‌ها، ابتدا نقشه‌های توزیع مکانی داده‌های میانگین مجموع بارش دوره رشد (ماه‌های آوریل تا اکتبر) بر اساس نقاط ایستگاهی و سلول‌های شبکه TRMM ترسیم گردید (شکل ۴). سپس مقدار سنجه میانگین خطای اریبی در ۲۶ سلول انتخابی (واجد ایستگاه زمینی) محاسبه و نقشه توزیع مکانی آن در سطح استان ترسیم گردید (شکل ۵).

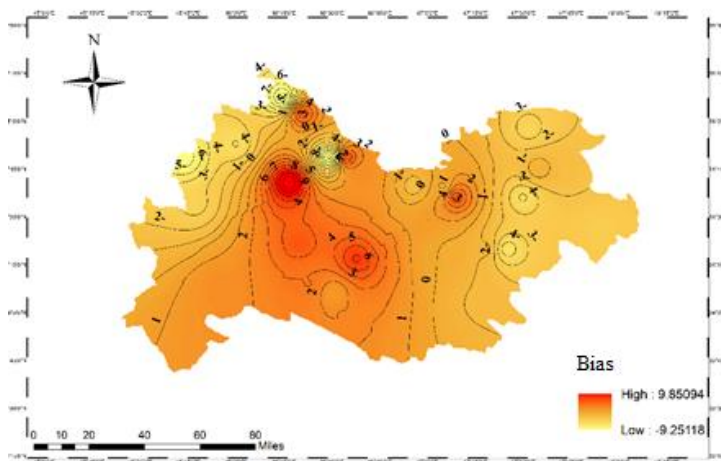


شکل ۴- توزیع مکانی میانگین مجموع بارش (میلی متر) دوره رشد (ماه‌های آوریل تا اکتبر) ایستگاهی (a) و ماهواره TRMM (b) در دوره آماری ۲۰۱۲-۲۰۰۵ طبق روش درون‌یابی وزنی عکس فاصله.

Figure 4- Spatial distribution of average total precipitation (mm) of growth period (April to October) based on stations data (a) and TRMM satellite data (b) over the statistical period of 2005-2012 according to Kriging interpolation method.

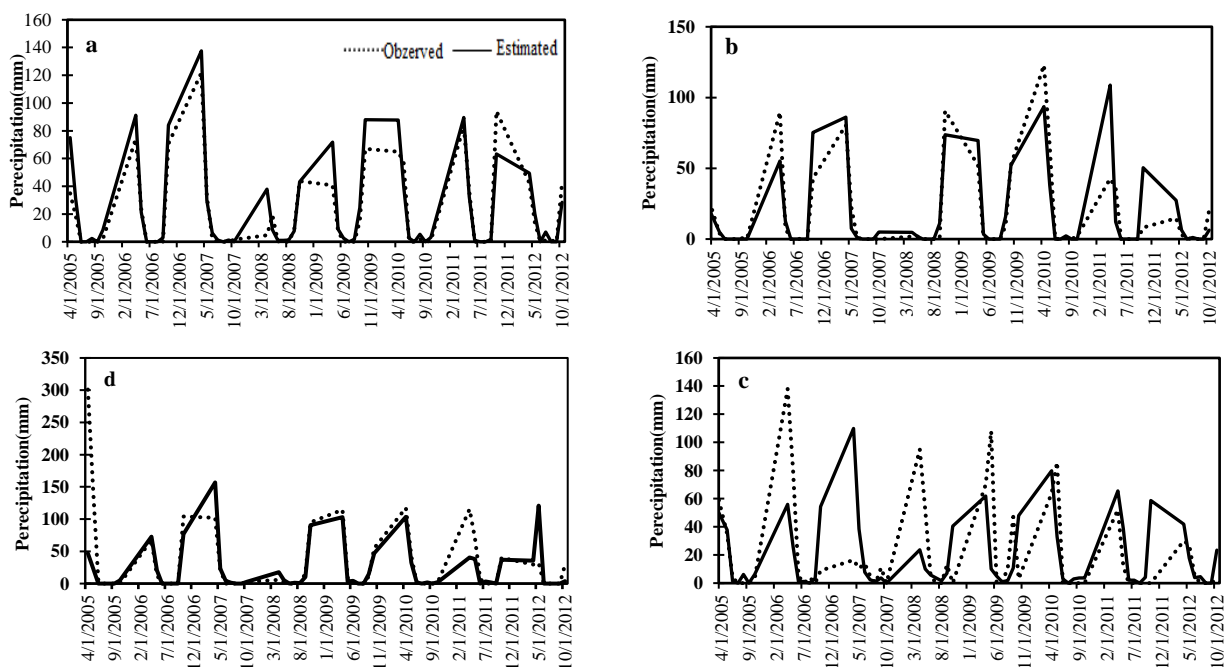
به‌عنوان نمونه، در چهار تراز ارتفاعی مختلف برای ایستگاه‌های سرپل ذهاب (ارتفاع ۵۴۸ متر)، سرارود (ارتفاع ۱۳۶۲ متر)، جوانرود (ارتفاع ۱۶۵۰ متر) و خسروآباد سنقر (ارتفاع ۲۱۰۰ متر) رسم گردید (شکل ۶). نتایج نشان داد در هر چهار تراز ارتفاعی مذکور، همبستگی بین داده‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده که بیشترین همبستگی مربوط به ایستگاه سرپل ذهاب (۰/۷۶) و سرارود (۰/۹۰) است. مقدار همبستگی در ایستگاه جوانرود، که در سلولی با تغییرات ارتفاعی شدید قرار گرفته است (۰/۶۱) کاهش یافته است.

نتایج نشان داد میانگین خطای اریبی تغییراتی بین ۹/۳- تا ۹/۹ میلی‌متر دارد. مقادیر منفی این سنجه عمدتاً منطبق بر مناطق مرتفع (گوشه شمال‌شرقی و بخش‌هایی از شمال و گوشه شمال‌غربی با تغییرات ارتفاعی شدید) هستند، که در واقع، بیان‌گر این است که در این مناطق، مجموع بارش دوره رشد (آوریل-اکتبر) TRMM بیشتر از مقادیر ایستگاهی برآورد شده است. حالت کم‌برآورد (اریبی مثبت) بارش ماهواره در یک‌سوم غربی استان و در سایر بخش‌هایی که تغییرات ارتفاعی شدید نیست، مشاهده می‌شود. همچنین، نمودار پراکنش داده‌های بارش ایستگاهی در مقابل بارش TRMM



شکل ۵- توزیع مکانی خطای اریبی مجموع بارش دوره رشد ماهواره TRMM (قبل از تصحیح) در مقایسه با بارش ایستگاهی

Figure 5 - Spatial distribution of Bias error of total precipitation of TRMM satellite growth period (before correction) compared to station precipitation



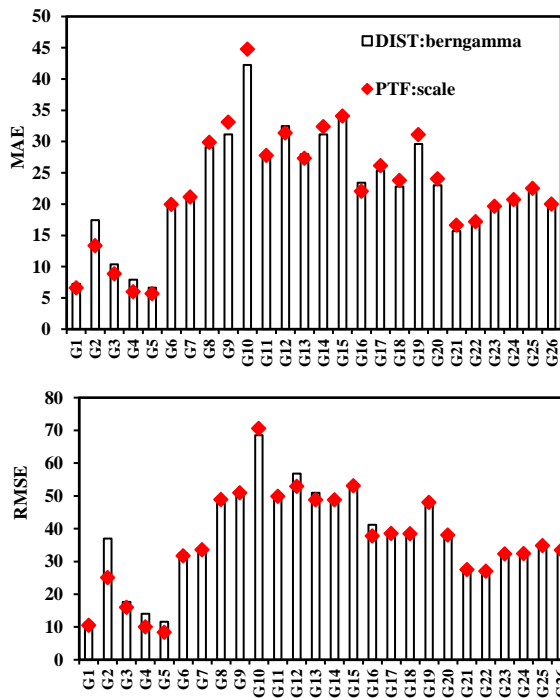
شکل ۶- نمودار سری زمانی بارش ماهانه مشاهده‌ای و تخمینی TRMM در ایستگاه سرارود (a)، سرپل ذهاب (b)، خسروآباد سنقر (c) و جوانرود (d) طی دوره رشد (آوریل-اکتبر)

Figure 6- Observation and estimated monthly rainfall time series chart of TRMM in Sararud (a), Sarpol-e-Zahab (b), Khosroabad Songhor (c), and Javanrood (d) stations during growth period (April-October)

به‌علاوه، ایستگاه خسروآباد سنقر در ارتفاعی بیش از ۲۰۰۰ متر قرار گرفته و میزان همبستگی بین داده‌ها در ایستگاه مذکور نیز کم است (۰/۴۸). این نتایج با گزارش‌های (Nastos et al., 2016; Shirvani and Fakhari Zade Shirazi, 2014; Mahdiha et al., 2013; Zulkafli et al., 2018; Hirpa et al., 2017; Darand et al., 2010) که در تحقیقاتشان نتیجه گرفتند ماهواره TRMM مقدار بارندگی را در ماه‌های پرباران بیشتر و در مناطق کم ارتفاع کمتر برآورد می‌کند و همچنین ارتفاع بر بارش ثبت شده توسط این ماهواره تاثیر دارد، مطابقت دارد. به‌علاوه، ایستگاه خسروآباد سنقر در ارتفاعی

به‌علاوه، ایستگاه خسروآباد سنقر در ارتفاعی بیش از ۲۰۰۰ متر قرار گرفته و میزان همبستگی بین داده‌ها در ایستگاه مذکور نیز کم است (۰/۴۸). این نتایج با گزارش‌های (Nastos et al., 2016; Shirvani and Fakhari Zade Shirazi, 2014; Mahdiha et al., 2013; Zulkafli et al., 2018; Hirpa et al., 2017; Darand et al., 2010) که در تحقیقاتشان نتیجه گرفتند ماهواره TRMM مقدار بارندگی را در ماه‌های پرباران بیشتر و در مناطق کم ارتفاع کمتر برآورد می‌کند و همچنین ارتفاع بر بارش ثبت شده توسط این ماهواره تاثیر دارد، مطابقت دارد. به‌علاوه، ایستگاه خسروآباد سنقر در ارتفاعی

نشان‌دهنده این است که روش پارامتری تبدیل مقیاس با دارا بودن کمترین مقدار سنجه‌های خطا در ۲۶ گرید انتخابی دارای عملکرد بهتری نسبت به روش DIST:berngamma در اصلاح داده‌های بارش TRMM می‌باشد (شکل ۸). پس از اینکه مشخص شد روش PTF:Scale بهترین روش برای تصحیح داده‌های بارش TRMM است، مقدار ضریب تصحیح داده‌ها (b) در روش PTF:Scale برای ۲۶ گرید انتخابی در محیط برنامه RStudio محاسبه و استخراج شد.



شکل ۸- مقادیر شاخص‌های خطای MAE و RMSE در سلول‌های

واجد ایستگاه هواشناسی بر مبنای دو روش نگاشت برتر

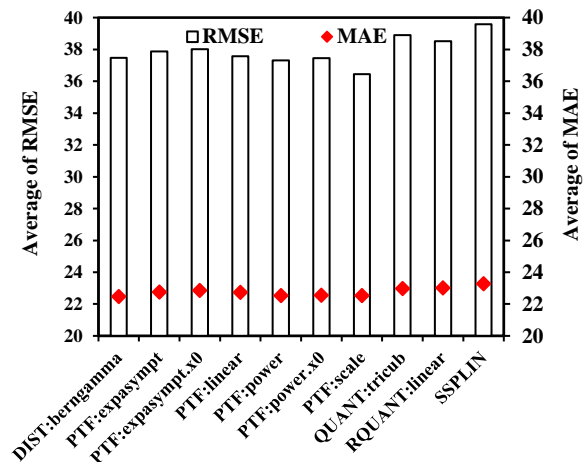
Figure 8- Values of MAE and RMSE error indices in Cells with meteorological station based on two Quantile mapping methods

سپس، در محیط نرم‌افزار Arcmap مقدار این ضرایب در سطح استان با استفاده از روش وزنی عکس فاصله درون‌یابی شد (شکل ۹). مطابق شکل ۹، مقدار ضریب تصحیح b در سطح استان بین ۰/۷ تا ۱/۴۴ تغییر می‌کند. حد بالای این ضریب تقریباً منطبق بر مناطق مرتفع و حد پایین آن منطبق بر نواحی کم‌ارتفاع است، که در واقع، حاکی از تاثیرپذیری ضریب تصحیح از تغییرات ارتفاعی در منطقه مطالعاتی است. مقدار ضریب تصحیح (b) برای همه‌ی گریدها در سطح استان

بیش از ۲۰۰۰ متر قرار گرفته و میزان همبستگی بین داده‌ها در ایستگاه مذکور نیز کم است (۰/۴۸). این نتایج با گزارش‌های Nastos et al., (2016), Shirvani and Fakhari Zade Shirazi (2014), Mahdiha et al., (2013), Zulkafli et al., (2018), Hirpa et al., (2010), Darand et al., (2017) که در تحقیقاتشان نتیجه گرفتند ماهواره TRMM مقدار بارندگی را در ماه‌های پرباران بیشتر و در مناطق کم ارتفاع کمتر برآورد می‌کند و همچنین ارتفاع بر بارش ثبت شده توسط این ماهواره تاثیر دارد، مطابقت دارد.

مقایسه روش‌های تصحیح اریبی و انتخاب بهترین روش

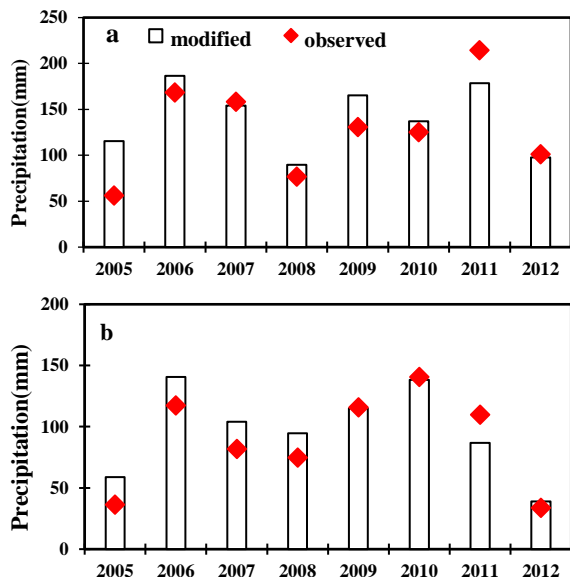
برای تصحیح خطای داده‌ها از روش‌های مختلف نگاشت چندکی (طبق جدول ۲) استفاده شد. دقت روش‌های مختلف نگاشت چندکی با استفاده از شاخص‌های خطای MAE و RMSE سنجیده شد. نتایج سنجه‌های خطا بر اساس هر یک از روش‌های نگاشت چندکی در شکل‌های (۷ و ۸) نشان داده شده است.



شکل ۷- مقادیر متوسط سنجه‌های خطای تصحیح بارش ماهواره با روش‌های مختلف نگاشت چندکی در سرجمع گریدهای انتخابی

Figure 7- Mean values of satellite precipitation correction error measurements with different Quantile mapping methods selected grades

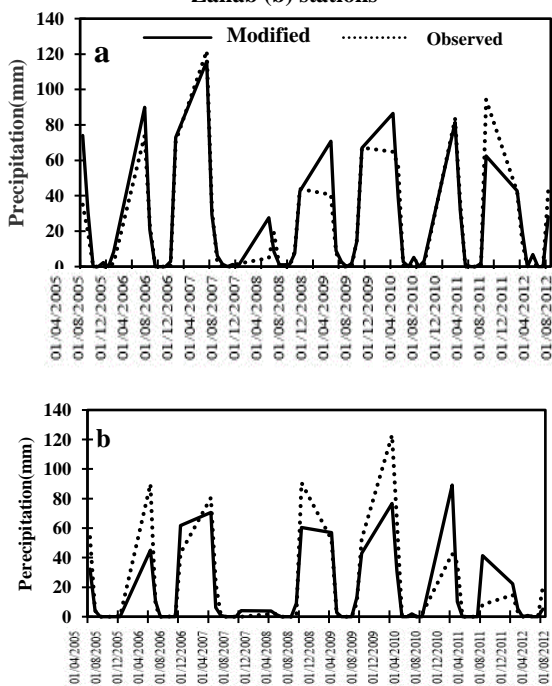
مطابق شکل ۷، روش پارامتری تبدیل مقیاس (PTF: Scale) به‌طور متوسط با (۳۶/۴) RMSE و (۲۲/۵) MAE و همچنین روش DIST:berngamma به‌طور متوسط با (۳۷/۵) RMSE و (۲۲/۵) MAE دو روش واجد کمترین خطا برای اصلاح داده‌های بارش TRMM می‌باشد. همچنین مقایسه مقدار سنجه‌های خطای این دو روش در ۲۶ گرید انتخابی



شکل ۱۰- نمودار سری زمانی بارش سالانه مشاهده‌ای و اصلاح شده

TRMM در ایستگاه سرارود (a) و سرپل ذهاب (b)

Figure 10- Observed and modified annual rainfall time series chart of TRMM at Sararud (a) and Sarpol-e-Zahab (b) stations



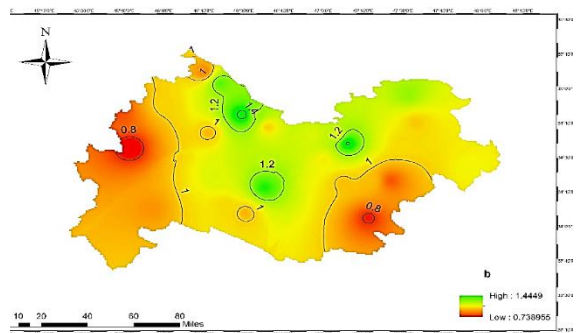
شکل ۱۱- نمودار سری زمانی بارش ماهانه مشاهده‌ای و اصلاح شده

TRMM در ایستگاه سرپل ذهاب (b) و سرارود (a)

طی دوره رشد (آوریل - اکتبر)

Figure 11 - Monthly observed and modified TRMM time series at Sararud (a) and Sarpol-e-Zahab (b) stations during the growing season (April-October)

استخراج شد و داده‌های بارش ماهواره‌ی TRMM به روش PTF: Scale تصحیح شد.



شکل ۹- توزیع مکانی ضریب تصحیح داده‌های بارش

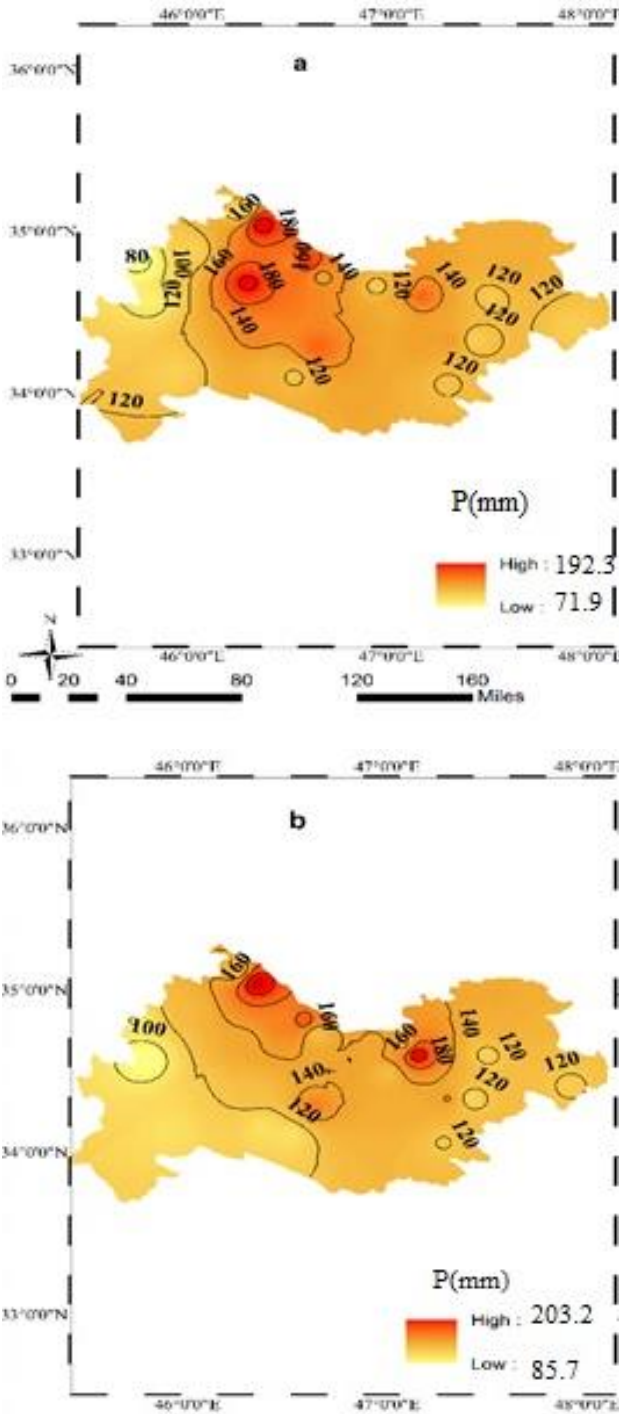
TRMM

Figure 9 - Spatial distribution of TRMM precipitation data correction coefficient

مقایسه داده‌های بارش ایستگاهی و ماهواره TRMM

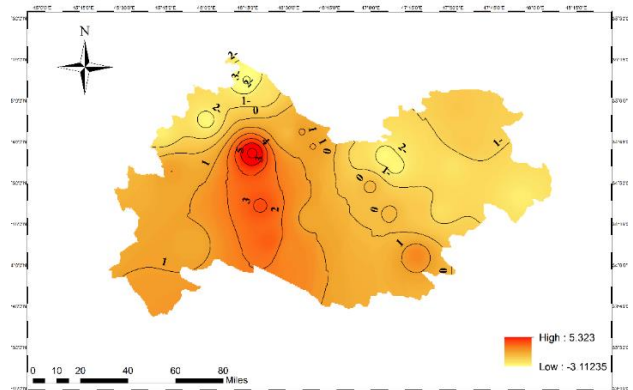
پس از تصحیح اریبی

برای نشان دادن میزان تطابق داده‌های ماهواره‌ای (پس از تصحیح) با داده‌های مشاهده‌ای بارش، نمودارهای سری زمانی بارش مشاهده‌ای و ماهواره‌ای در مقیاس کل دوره رشد و ماهانه در دو ایستگاه همدیدی سرپل ذهاب و سرارود (به‌عنوان نمونه) ترسیم شد (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). به‌علاوه، نقشه توزیع مکانی مجموع بارش ماهواره‌ای بعد از تصحیح و مجموع بارش ایستگاهی، و همچنین توزیع مکانی میانگین خطای اریبی داده‌های بارش ماهواره بعد از تصحیح در طی شش ماهه آوریل تا اکتبر نشان داده شده است (شکل ۱۲ و ۱۳). همانطور که در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ مشاهده می‌شود روند تغییرات بارش سالانه ایستگاهی و ماهواره‌ای مشابه می‌باشد، به طوری که در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۱ که بارش ایستگاهی به بیشینه مقدار خود می‌رسد، بارش ماهواره‌ای نیز به بیشینه مقدار خود می‌رسد. همچنین شکل ۱۱ نشان‌دهنده تغییرات بارش دو ایستگاه همدیدی سرارود و سرپل ذهاب در مقایسه با بارش‌های ماهواره‌ای متناظر هر یک از این دو ایستگاه در طی فصل رشد (ماه آوریل تا اکتبر) را نشان می‌دهند. مطابق این نمودارها بیشینه بارش در کل دوره‌ی آماری در ماه آوریل اتفاق افتاده است که این تغییرات در هر دوسری داده‌های مشاهده‌ای و تخمینی به‌وسیله ماهواره قابل مشاهده است.



شکل ۱۳- توزیع مکانی مجموع بارش (میلی‌متر) دوره رشد بر مبنای داده‌های ایستگاهی (a) و ماهواره TRMM بعد از تصحیح (b)
 Figure 13- Spatial distribution of total precipitation (mm) growth period based on station data (a) and TRMM satellite after correction (b)

با توجه به شکل‌های ۱۰ و ۱۱ می‌توان گفت که رفتار هر دو سری زمانی در مقیاس‌های سالانه و ماهانه بسیار نزدیک می‌باشد و با افزایش و کاهش بارش ایستگاهی، بارش ماهواره‌ای نیز کاهش و یا افزایش می‌یابد. همچنین مشاهده می‌شود که در برخی از سال‌ها ماهواره مقدار بارش را بیشتر از مقدار مشاهده‌شده و در برخی سال‌ها کمتر از مقدار مشاهده‌شده تخمین می‌زند که در ماه‌های با بارش بیشتر (ماه آوریل) ماهواره مقدار بارش را بیشتر از مقدار مشاهده‌شده نشان می‌دهد. مطابق شکل ۱۲ که نشان‌دهنده توزیع مکانی بارش ایستگاهی و بارش ماهواره‌ای بعد از تصحیح است همانطور که مشاهده می‌شود در قسمت‌های شمال غربی و شرق که منطقه دارای تغییرات ارتفاع است بر بارش ماهواره‌ای تاثیر گذاشته است. مقدار ضریب همبستگی پیرسون بین بارش ماهواره‌ای پس از تصحیح و بارش اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های زمینی محاسبه شد (جدول ۴). طبق جدول ۴، مقدار ضریب همبستگی در مقیاس ماهانه بین ۰/۵ تا ۰/۹۲ تغییر می‌کند. مقدار این ضریب در ایستگاه‌های همدیدی بین ۰/۷۳ تا ۰/۹۲ و در ایستگاه‌های وزارت نیرو بین ۰/۸۴ تا ۰/۹۲ تغییر می‌کند که همگی در سطح پنج درصد معنی‌دار هستند. بنابراین، همبستگی بین بارش ماهواره TRMM و ایستگاه‌های همدیدی بیشتر از ایستگاه‌های وزارت نیرو است.



شکل ۱۲- توزیع مکانی میانگین خطای اریبی مجموع بارش دوره رشد ماهواره TRMM (بعد از تصحیح) در مقایسه با ایستگاه‌ها
 Figure 12- Spatial distribution of mean Bias error of total precipitation of TRMM satellite growth period (after correction) in comparison with stations

مشاهده شده در ایستگاه‌های زمینی برآورد می‌کند. بررسی سوابق مطالعات انجام شده داخلی نشان می‌دهد که از روش‌های چندکی برای تصحیح اریبی داده‌های بارش TRMM استفاده چندانی نشده است و کارائی این روش‌ها در پس پردازش بارش TRMM مورد بررسی قرار نگرفته است. برای تصحیح خطای داده‌های بارش TRMM از روش‌های مختلف نگاهت چندکی استفاده شد. با مقایسه کارائی روش‌های مختلف نگاهت چندکی مشخص شد که روش پارامتری تبدیل مقیاس (PTF: Scale) دارای کم‌ترین خطا برای تصحیح داده‌ها است. پس از تصحیح داده‌ها، دقت داده‌های بارش ماهواره‌ی TRMM در سطح استان مجدداً مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش مذکور توانسته است دقت داده‌های بارش TRMM را بهبود دهد. به‌علاوه، ضریب همبستگی بین داده‌های زمینی و ماهواره‌ای بارش در محدوده ۰/۷۳ تا ۰/۹۴ (معنی‌دار در تراز ۵ درصد) تغییر نمود، که بالاترین همبستگی‌ها در رابطه بارش TRMM و بارش ایستگاه‌های همدیدی به‌دست آمد.

منابع

- Badescu, V. 2008. Modeling solar radiation at the earth surface. Verlag Berlin Heidelberg. Springer.
- Darand, M., Amanollahi, J., Zandkarimi, S. 2017, Evaluation of the performance of TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) estimation over Iran. Atmospheric Research, 190, 121-127.
- Erfanian, M., Kazempour, S., Heidari, S. 2016. Calibration of TRMM Satellite 3B42 and 3B43 Rainfall Data in Iran's Climate Zones, Natural Geography Research, 48(2), 287-303. (In Farsi)
- Ghafourian, H., Sanai nejad, S.H., Davari, K. 2013. Evaluation of TRMM Satellite Data in Drought Monitoring of Khorasan Razavi Province, Second International Conference on Environmental Hazards. (In Farsi)
- Ghajarnia, N. Liaghat, A., Arasteh, P. D. 2015. Comparison and evaluation of precipitation estimation products in Urmia Basin-Iran, Atmospheric Research, 158(32), 50-65. (In Farsi)
- Ha, K.-Ja, Jeon, E.-H., Oh, H.-Mi. 2007. Spatial and temporal characteristics of precipitation using an extensive network of ground gauge in the Korean Peninsula Atmosphere Research, 86, 330-339.
- Hirpa, F.A., Gebremichael, M., Hopson, T. 2010. Evaluation of high-resolution satellite precipitation products over very complex terrain in

جدول ۴- ضریب همبستگی پیروسون بین داده‌های بارش زمینی و ماهواره‌ای (پس از تصحیح)

Table 4- Pearson correlation coefficient between ground and satellite precipitation data (after correction)

Station	correlation coefficient
Ghasr E Shirin	0.58
Naft Shahr	0.54
Koleghobe Khakholge	0.67
Aran E Gharb	0.65
Sahne	0.63
Pirsalman	0.58
Jaberi	0.74
Mirabad	0.73
Baskale Bariuom	0.5
Nagre	0.52
Sarzamele	0.68
Kile Sefid	0.62
Kamal Abad	0.59
Mivan	0.62
Cheragh Abad	0.73
Pave	0.63
Eslam Abad E Gharb*	0.73
Ravansar*	0.82
Sararud*	0.94
Sar Pol E Zahab*	0.86
Songhor	0.83
Ghasr E Shirin	0.76
Kermanshah*	0.76
Kangavar	0.83
Ghilan E Gharb*	0.81
Totshami	0.84
Bavisi	0.83
Tang E Hamam	0.78
Piran	0.68
Sar Pol E Zahab	0.74
CHeshme Toran	0.63
Dire Epolshah	0.68

نتیجه‌گیری

در این مطالعه از داده‌های بارش ایستگاه‌های همدیدی سازمان هواشناسی کشور و باران‌سنجی وزارت نیرو برای بررسی اعتبار داده‌های بارش ماهواره TRMM در مقیاس زمانی ماهانه (آوریل-اکتبر) در استان کرمانشاه استفاده شد. اعتبار داده‌های TRMM با استفاده از سنج‌های خطا و همبستگی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌های اولیه با استفاده از سنج‌های اریبی و همبستگی نشان داد که ماهواره مقدار بارش را در مناطق کم‌ارتفاع، کمتر و در مناطق مرتفع، بیشتر از مقادیر ایستگاهی برآورد می‌کند. همچنین، مشخص شد که در ماه‌های پرباران دوره رشد پوشش گیاهی (یعنی، آوریل و اکتبر)، ماهواره مقدار بارش را بیشتر از مقدار

- Conference on Water Crisis (climate change, water and the environment), 9-10 Sep, University of Shahrekord, Iran. (In Farsi)
- Nastos, P.T., Kapsomenakis, J., Philandras, K. M. 2016. Evaluation of the TRMM 3B43 gridded precipitation estimates over Greece. *Atmospheric Research*, 169, 497-514.
- Package qmap. 2016. Statistical Transformations for Post-Processing Climate Model output.
- Ringard, J., Becker, M., Seyler, F., Linguet, L. 2015. Temporal and spatial assessment of four satellite rainfall estimates over French Guiana and North Brazil. *Remote Sensing*, 7(12), 16441-16459.
- Sharifi, E., Steinacker, R., Saghafian, B. 2016. Assessment of GPM-IMERG and other precipitation product against gauge data under different topographic and climate conditions in Iran. *International Journal of Remote Sensing*, 8(2), 135, <https://doi.org/10.3390/rs8020135>
- Shirvani1, A., Fakhari Zade Shirazi, E. 2014. Comparison of ground-based observation of precipitation with TRMM satellite estimations in Fars Province. *Journal of Agricultural Meteorology*, 2(2), 1-15. (In Farsi)
- Turso, S., Paoletta, S., Gabella, M., Perona, G. 2013. MicroRadarNet: a network of weather micro radars for the identification of local high-resolution precipitation patterns, *Atmospheric Research*, 119, 81-96.
- Ward, E., Buytaert, W., Peaver, L., Wheeler, H. 2011. Evaluation of precipitation products over complex mountainous terrain: A water resources perspective. *Advances in Water Resources*, 34(10), 1222-1231.
- Zulkafli, Z., Mohd Zad, S. N., Muharram, F.M. 2018. Satellite Rainfall (TRMM 3B42-V7) Performance Assessment and Adjustment over Pahang River Basin, Malaysia. *Journal of Remote sensing*, 10(3), 38. <https://doi.org/10.3390/rs10030388>
- Ethiopia. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(5), 1044-1051.
- Javanmard, S., Yatagai, A., Nodzu, M.I., BodaghJamali, J., Kawamoto, H. 2010. Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM 3B42 over Iran. *Advances in Geosciences*, 25, 119-125. (In Farsi)
- Karaseva, M., Prakash, S., Gairola, R.M. 2012. Validation of High Resolution TRMM-3B43 Precipitation Product Using Rain Gauge Measurements over Kyrgyzstan, *Theoretical and Applied Climatology*, 108(1-2), 147-157.
- Katirai Borujerdi, P. S. 2013. Compare monthly rainfall, satellite and terrestrial data in network with high resolution on Iran, *Geophysical Journal of Iran*, 7(4), 149-160. (In Farsi)
- Khalighi-Sigaroodi, S., Ghaljaee, E., Moghaddam Nia, A., Malekian, A., Zhang, F. 2019. Evaluation of TRMM-3B42V7 and PERSIANN-CDR daily-precipitation products for the southern slopes of Alborz mountains, IRAN. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*. (In Farsi)
- Mahdiha, A., Ghibi, A.H., Kharazmi, S. and Rihani parvari, M. 2013. Case Study variable contrast TRMM satellite rainfall estimate cumulative daily Tehran radar and rain-gauge stations, 18-20th Fifteenth Conference of Fluid Dynamics (Fluid), Bandar Abbass, IRAN.
- Miri, M., Rahimi, M., Noroozo, A. 2019. Evaluation and comparison of GPM and TRMM daily precipitation with observed precipitation across Iran. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 11(4), 972-983. (In Farsi)
- Mohammadi, M., Vazifeh Doust, M. 2014. Investigate rainfall changes trend of the ground stations and TRMM satellite data throughout the province of Khorasan Razavi. *The second National*



Evaluation of quantile mapping methods in bias correction of the TRMM satellite's estimated precipitation data during vegetation growth period (Apr-Oct) in Kermanshah province

S. Kamali¹, J. Bazrafshan^{2*}, Z. Aghashariatmadari³

Received: 14/06/2021

Accepted: 25/12/2021

Abstract

Global space coverage of the TRMM satellite imagery has provided a good opportunity to use the precipitation data estimated by this satellite in the country. Various studies have been conducted in the country to evaluate the accuracy of the above data in comparison to the measured data at ground stations. However, few studies have examined the efficacy of postprocessing methods in correcting TRMM precipitation data. The purpose of this study was to evaluate the performance of quantile mapping methods in improving TRMM precipitation data compared to ground data. For this purpose, 10 quantile mapping methods were applied to the gridded TRMM precipitation data in Kermanshah province on a monthly time scale (Apr-Oct) from 2005 to 2012. The ground precipitation data for the same time periods were collected from 13 synoptic weather stations and 82 rain gauges. The results showed that non-corrected estimations of TRMM precipitation data in the elevated (lowland) areas higher (lower) than the ground data. In addition, it was found that the difference between satellite- and ground-based estimates of precipitation in high-precipitation months was much greater than low-precipitation ones. The Parametric transformation of scale method with the least error, among the others, was introduced as the most appropriate quantile correction method. The results of data post-processing showed that the mentioned method could improve the accuracy of TRMM precipitation data. In addition, the correlation coefficient between ground measurements and satellite precipitation data varied in the range of 0.73 to 0.94 (significant at the 5% level), with the highest correlations obtained compared to the precipitation of synoptic and TRMM stations.

Keywords: Precipitation, Quantile Mapping, TRMM, Bias Correction, Kermanshah



¹ Ph.D. Student of Agrometeorology, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran

² Associate Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran

(*Corresponding Author Email Address: jbazr@ut.ac.ir)

³ Assistant Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran

نحوه ارجاع مقاله:

کمالی، س.، بذرافشان، ج.، آفاشریعتمداری، ز. ۱۴۰۱. ارزیابی روش‌های نگاشت چندکی در تصحیح اریبی برآوردهای بارش ماهواره TRMM در دوره رشد پوشش گیاهی (آوریل تا اکتبر) در استان کرمانشاه. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۰(۲): ۴-۱۶. DOI: 10.22125/agmj.2022.289694.1117

Kamali, S., Bazrafshan, J., Aghashariatmadari, Z. 2023. Evaluation of quantile mapping methods in bias correction of the TRMM satellite's estimated precipitation data during vegetation growth period (Apr-Oct) in Kermanshah province. Journal of Agricultural Meteorology, 10(2): 4-16. DOI: 10.22125/agmj.2022.289694.1117