Journal of Range & Watershed Management
https://jrwm.ut.ac.ir/

Volume 77 (2)
Online ISSN: 2423-7795

Evaluation of Global Precipitation Databases with Observed Precipitation Values in Balkhlochay Basin

Shapur Karimi | **Babak Aminnejad*** | **Amirpouya Sarraf**

Civil Engineering Department, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran.
E-mail: babak1409@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 01 Sep. 2023
Revised: 31 Dec. 2023
Accepted: 23 Jan. 2023
Published online: 20 Sept. 2024

Keywords:
Precipitation,
Daily,
Monthly,
TRMM,
NCEP,
MERRA.

Abstract

Global databases provide complete source of required precipitation information for users. The aim of this study is to investigate the accuracy of the TRMM, NCEP and MERRA global precipitation databases in estimating the daily and monthly precipitation in the Balkhaluchai catchment area of Ardabil province. Precipitation data of Nir station the three mentioned databases were extracted from 2002 to 2018. Mann-Kendall, Mann-Whitney and standard normal tests were used to check the trend and homogeneity of precipitation data. For three global precipitation databases, amount of R^2, RMSE, NSE, RE and GMER were determined. The results of homogeneity test showed that all P-values were higher than 0.05 and the precipitation data were completely stochastic and homogeneous and no trends were observed in them. In both TRMM and NCEP databases, the R^2 coefficient is good and is above 0.6. The MERRA database has had a weaker performance in this case. For the monthly period and the two TRMM and NCEP databases, the NSE index was higher than 0.5, which indicates the reliability of the precipitation data produced in these two stations. At the daily and monthly level, for all three global databases the GMER parameter values were obtained smaller than unity, which indicates that all global databases have overestimates. The overestimation of precipitation for the MERRA global database is much more severe than other two databases. MERRA database has a much weaker performance than NCEP and TRMM databases. In general, the TRMM database has a better efficiency than other databases.

Cite this article: Karimi, S., Aminnejad, B., Sarraf, A.P. (2024). Evaluation of global precipitation databases with observed precipitation values in Balkhlochay basin. *Journal of Range & Watershed Management*, 77 (2), 121-135. DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2024.364522.1724

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

نشریه مرتع و آبخیزداری
دوره ۷۷ (۲)
شاپا الکترونیکی: ۷۷۹۵-۲۴۲۳

برآورد مولفه‌های بیلان آب با شبیه‌سازی جریان رودخانه با استفاده از مدل SWAT (مطالعه موردی: حوضه آبریز بالخلوچای)

شاپور کریمی | بابک امین‌نژاد ✉ | امیرپویا صراف

گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، رودهن، ایران.
رایانامه: babak1409@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۳۰

کلیدواژه‌ها:
بارش،
روزانه،
ماهانه،
TRMM،
NCEP،
MERRA.

چکیده

پایگاه‌های داده‌های جهانی، یک منبع کامل از اطلاعات مورد نیاز بارش را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. هدف از این تحقیق، بررسی دقت پایگاه‌های داده‌های جهانی بارش TRMM، NCEP و MERRA، در تخمین بارش روزانه و ماهانه حوزه آبریز بالخلوچای استان اردبیل می‌باشد. داده‌های بارش ایستگاه سینوپتیک نیر از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ از سازمان هواشناسی و سه پایگاه ذکر شده اخذ گردید. برای بررسی روند و همگنی داده‌های بارش، از آزمون‌های من-کندال، من-ویتنی و نرمال استاندارد استفاده شد. برای سه پایگاه داده جهانی بارش، شاخص‌های R^2، RMSE، NSE، RE و GMER تعیین شد. نتایج آزمون همگنی داده‌ها نشان داد که تمام P-Value های مورد نظر بالاتر از ۰/۰۵ بوده و داده‌های مربوط به بارش کاملا تصادفی و همگن می‌باشند. در دو پایگاه TRMM و NCEP ضریب R^2 در حد خوب بوده و بالای ۰/۶ به دست آمده است. پایگاه MERRA در این مورد عملکرد ضعیف‌تری داشته است. برای دوره ماهانه، در دو پایگاه داده TRMM و NCEP، شاخص NSE بالاتر از ۰/۵ به دست آمد که بیانگر قابل استناد بودن داده‌های تولید شده بارش در این دو ایستگاه می‌باشد. در سطح روزانه و ماهانه، برای هر سه پایگاه داده جهانی پارامتر GMER کوچکتر از واحد به دست آمد که نشان می‌دهد هر سه پایگاه دارای بیش برآوردی می‌باشند. بیش تخمینگری برای پایگاه داده جهانی MERRA بسیار شدیدتر از دو پایگاه دیگر بوده است. پایگاه داده MERRA نسبت به پایگاه داده‌های NCEP و TRMM عملکرد ضعیف‌تری داشته است. در کل پایگاه TRMM نسبت به پایگاه‌های دیگر کارایی بهتری نشان داده است.

استناد: کریمی، شاپور؛ امین‌نژاد، بابک؛ صراف، امیرپویا (۱۴۰۳). برآورد مولفه‌های بیلان آب با شبیه‌سازی جریان رودخانه با استفاده از مدل SWAT (مطالعه موردی: حوضه آبریز بالخلوچای). *نشریه مرتع و آبخیزداری*، ۷۷(۲)، ۱۳۵-۱۲۱.

DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2024.364522.1724

ناشر : انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

بارش از عناصر اصلی چرخه هیدرولوژیکی می‌باشد که نقش بسیار مهمی را در چرخه‌های جهانی انرژی و آب دارد (Tapiador et al ,2017). اطلاع از میزان بارش حوزه آبریز جهت ارزیابی و مدیریت آب مربوط به بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب اهمیت ویژه‌ای دارد (Schneider et al,2008). با این حال دسترسی به داده‌های هواشناسی به دلیل تراکم پایین ایستگاه‌های هواشناسی در نواحی کوهستانی و دشتی و همچنین محدودیت‌های جغرافیایی و اقتصادی بخصوص در کشورهای در حال توسعه با مشکلات متعددی همراه است (Gad and Manjunatha,2017). وجود داده‌های گم شده فراوان در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی نیز به مشکلات ناشی از در دسترس نبودن داده‌ها افزوده است. از اینرو در سال‌های اخیر استفاده از پایگاه داده‌های جهانی که دارای مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلفی می‌باشد، مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است.

پایگاه داده‌ها نیازمند ارزیابی‌های اولیه است که این ارزیابی‌ها به دو صورت غیرمستقیم و مستقیم صورت می‌گیرد. در ارزیابی بصورت غیرمستقیم از یک مدل بارش–رواناب استفاده شده و رواناب مشاهداتی با رواناب شبیه‌سازی شده مورد مقایسه قرار می‌گیرد (میرزایی و همکاران ۱۳۹۴، Wang et al,2015، Kim et al,2016، Bodian et al,2016). در روش ارزیابی مستقیم میزان بارش برآوردی پایگاه داده‌ها و میزان بارش مشاهداتی که مربوط به ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش است، با توجه به آزمون‌های آماری پارامتری و غیرپارامتری مقایسه می‌شود. از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به تحقیق Zhao and Yatagai در سال (۲۰۱۴) در چین اشاره کرد. آن‌ها در تحقیق خود به ارزیابی دقت داده‌های بارش TRMM با داده‌های مشاهداتی پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها حاکی از این بود که عملکرد پایگاه TRMM در فصول پربارش بهتر بوده و بین داده‌های مشاهداتی و داده‌های حاصل از TRMM تفاوتی در حدود ۱۰ درصد در شرق چین و برای مناطق غربی این تفاوت بین ۲۰ تا ۵۰ درصد بوده است. Blacutt و همکاران (۲۰۱۵) عملکرد پایگاه داده‌های TRMM، MERRA و CFSR را جهت تخمین بارش، در منطقه بولیوی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که پایگاه داده‌های فوق به درستی و با درصدی از خطا الگوی بارش را در منطقه بولیوی برآورد کردند. با این حال MERRA و CFSR بارش را در امتداد دامنه‌های روبه شرقی بیش از حد تخمین زدند، این در حالی بود که TRMM رفتاری مشابه مشاهدات ایستگاه‌های زمینی داشت.

پژوهش‌های متعددی نیز جهت ارزیابی دقت پایگاه داده‌های جهانی صورت گرفته است که از آن میان می‌توان به تحقیق Hu و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد. آن‌ها در تحقیق خود به ارزیابی دقت داده‌های پایگاه‌های جهانی در منطقه آسیای مرکزی پرداختند. بدین منظور از داده‌های پایگاه ERA،CFSR و MERRA استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که داده‌های پایگاه MERRA در برآورد بارش در منطقه مورد مطالعه دقت بیشتری را نسبت به پایگاه‌های دیگر داشته است. Nastos و همکاران در سال (۲۰۱۶) به ارزیابی بارش TRMM در یونان پرداختند. آن‌ها در تحقیق خود به منظور ارزیابی دقت پایگاه در برآورد بارش از آمار ۹۶ ایستگاه زمینی استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که محصولات ماهواره TRMM عملکرد ضعیفی در تخمین بارندگی ماهانه در یونان داشته است. تحقیق مشابهی نیز توسط Duan و همکاران (۲۰۱۶)، در حوضه Adgie واقع در ایتالیا صورت گرفت. آن‌ها در تحقیق خود از منابع بارش -TRMM 3B42V7، PGF، CHIRPS،PERSIANN-CDR و CMORPH در مقیاس‌های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که سه پایگاه CHIRPS، TRMM و CMORPH نسبت به سایر پایگاه‌ها از عملکرد بهتری برخوردار بوده است. جوان و عزیز زاده (۲۰۱۷) به بررسی دقت پایگاه داده جهانی TRMM-3B43 V7 در تولید داده های بارش ماهانه در شمال غرب ایران پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که بر اساس پارامتر ریشه میانگین مربعات خطا، تغییرات شدید مکانی در ماه‌های سپتامبر، اکتبر و ن.امبر در بسیاری از ایستگاه‌ها مشاهده شده است، که در بارندگی‌های کمتر از ۵۰ میلیمتر این تغییرات شدیدتر بوده است. همچنین کمترین تغییرات در ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست مشاهده گردیده است. شبیه‌سازی حوضه رودخانه مکونگ با استفاده از برآورد بارش پایگاه داده‌های TRMM و CHIRPS توسط Luo و همکاران در سال (۲۰۱۹) صورت گرفت. آن‌ها در تحقیق خود به منظور بررسی عملکرد پایگاه داده‌ها از دو ضریب نش و ضریب خطا استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که پایگاه TRMM در برآورد بارش حوضه

رودخانه مکونگ بهترین عملکرد را برای شبیه‌سازی حوضه مکونگ داشته است. Hafizi و Sorman (۲۰۲۰) عملکرد مجموعه داده‌های بارش پایگاه داده CHIRPSv2.0 و MERRA-2 را در محدوده ارتفاعی مختلف در منطقه ترکیه مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها در تحقیق خود پنج سال هیدرولوژیکی ۲۰۱۵–۲۰۱۹ را برای گام زمانی ماهانه مورد ارزیابی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که پایگاه داده MERRA در منطقه مورد مطالعه و در مقیاس زمانی ماهانه عملکرد بهتری داشته است. De Almeida و همکاران (۲۰۲۰) به تجزیه و تحلیل عملکرد ماهواره TRMM در برآورد بارش برای حوضه رودخانه ای در برزیل پرداختند. به منظور بررسی عملکرد این ماهواره در حوضه مورد مطالعه از داده‌های بارش ۲۰ ایستگاه زمینی برای دوره آماری ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۵ استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که ماهواره TRMM از عملکرد خوبی در منطقه مورد مطالعه برخوردار بوده است. Nacar و همکاران (۲۰۲۰) به منظور ریزمقیاس نمایی داده‌های هواشناسی در حوضه دریای سیاه شرقی در ترکیه از داده‌های ماهواره ERA، NCEP استفاده کردند. آن‌ها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که در حوضه مورد مطالعه داده‌های ERA هماهنگی بیشتری را با داده‌های مشاهداتی دارد. لذا داده‌های این پایگاه می‌توان جایگزین مناسبی برای ایستگاه‌های زمینی باشد. Zhang و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیق خود به مقایسه پایگاه NCEP و CMAD برای مدلسازی هیدرولوژیکی حوضه رودخانه مودا (muda) با استفاده از SWAT در مالزی پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که NCEP در برآورد جریان‌های کم عملکرد قابل قبولی از خود نشان نداده است و این جریان‌ها را بیش از حد تخمین زده است. این در حالی است که CMAD عملکرد قابل قبولی را در مدلسازی SWAT داشته است.

در ایران نیز مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است که از این بین می‌توان به پژوهش حسینی مغاری و همکاران (۱۳۹۶) اشاره کرد. آن‌ها در مطالعه خود به بررسی دقت پایگاه‌های جهانی CRU، PCDR،GPCC و DEL در حوضه دریاچه ارومیه پرداختند. بدین منظور از بارش مشاهداتی در شش ایستگاه حوضه دریاچه ارومیه استفاده کردند. ارزیابی‌ها بر اساس ضریب نش– ساتکلیف و ضریب همبستگی و همچنین جذر میانگین مربعات خطا صورت گرفت. نتایج در تمام مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه حاکی از عملکرد مناسب GPCC بوده است. علی بخشی و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی دقت داده‌های پایگاه MERRA و GPM در حوضه کشف رود پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که داده‌های MERRA در مقیاس زمانی ماهانه دقت بالاتری نسبت به داده GPM در حوضه کشف رود دارد. عرفانیان و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی دقت پایگاه داده جهانی روزانه 3B42-TRMM و ماهانه3B43 TRMM- در ۸۷ ایستگاه سینوپتیک واقع در ۶ زون اقلیمی کشور ایران پرداختند. نتایج آنها نشان داد که بیشترین مقدار ضریب همبستگی در دو مقیاس روزانه و ماهانه در زون نیمه کوهستانی و کمترین مقدار آنها در زون مرطوب ساحلی به دست آمد. رسولی و همکاران (۱۳۹۵) به ارزیابی تطبیقی مقادیر بارندگی برآورد شده TRMM و بارش ثبت شده ایستگاه‌های زمینی در حوضه دریاچه ارومیه پرداختند. آنها گزارش نمودند که کالیبراسیون (واسنجی) برآوردهای ماهواره TRMM با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های زمینی و رگرسیون خطی صورت گرفت و ضریب همبستگی آن ۰/۶۹ به دست آمد که نشان دهنده انطباق نسبی داده‌های بارش TRMM با مقادیر زمینی می‌باشد. محمدی و محمودی (۱۳۹۷) به ارزیابی قابلیت محصولات بارش ماهواره TRMM در پایش بارش در کشور پرداختند. آنها در تحقیق خود از داده‌های ماهانه ماهواره TRMM در برآورد بارش استفاده کردند و برای ارزیابی دقت و صحت داده‌های پایگاه مذکور از آمار بارش ماهانه ۴۵ ایستگاه زمینی استفاده کردند. نتایج ارزیابی دقت داده‌های TRMM در قیاس با ایستگاه‌های زمینی نشان داد که این داده‌ها جایگزین مناسبی برای ایستگاه‌های زمینی هستند. عینی و همکاران (۱۳۹۷) از داده‌های بازتحلیل شده پایگاه‌های اقلیمی جهانی CRU و NCEP به منظور شبیه‌سازی هیدرولوژیکی مدل SWAT در حوضه مهارلو استفاده کردند. بدین منظور آن‌ها در ابتدا به مقایسه شاخص‌های آماری این دو پایگاه با داده‌های مشاهداتی در طی ۳۴ سال (از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۳) با استفاده از شاخص کارایی نش– ساتکلیف و در مقیاس ماهانه پرداختند. نتایج مدلسازی آن‌ها نشان داد که هر دو پایگاه داده دقت بالایی در شبیه سازی دارند اما پایگاه CRU بهتر از پایگاه NCEP توانسته است رواناب سطحی را شبیه سازی کند. تحقیق مشابهی نیز توسط رستم زاده و همکاران (۱۳۹۸) انجام شد آن‌ها بارش به دست آمده از ماهواره‌های GPM،TRMM و رادار داپلر را با داده‌های ایستگاه‌های زمینی مقایسه کردند. بدین منظور آن‌ها از آمار هواشناسی ۱۰ ایستگاه در غرب کشور استفاده کردند و به این نتیجه

رسیدند که روابط معنی داری بین داده های ایستگاه TRMM و GPM با داده‌های ایستگاه زمینی وجود داشته است. مقدسی و همکاران (۱۴۰۲) به ارزیابی خصوصیات خشکسالی بر اساس ترکیب داده‌های بارش و رواناب پایگاه‌های جهانی بارش MRRRA2، ERA5، GRUN، GLDAS و TERRA در حوضه های آبریز درجه دو کشور پرداختند. آنها نتیجه گیری نمودند که ترکیب پایگاه داده‌های بارش منجر به افزایش دقت استفاده از پایگاه‌های جهانی می‌گردد. همچنین خشکسالی در اقلیم مرطوب از شدت، مدت و وسعت بیشتری در مقیاس کوتاه مدت نسبت به بلند مدت برخوردار می‌باشد.

حوزه آبریز بالخلوچای در استان اردبیل یکی از حوضه‌های کوهستانی است که اولا دارای اختلاف ارتفاع فراوان در داخل حوضه بوده و ثانیا دارای پراکنش کم ایستگاه‌های باران‌سنجی است. به همین دلیل، در پژوهش حاضر، اهداف زیر مد نظر قرار گرفتند:

۱- پایگاه‌های داده‌های جهانی مناسب برای منطقه مورد بررسی قرار گرفته و سه پایگاه داده جهانی بارش NCEP، MERRA و TRMM با قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالا انتخاب شدند.

۲- مقادیر مستخرج از سه پایگاه داده جهانی بارش NCEP، MERRA و TRMM با داده‌های مشاهداتی بارش روزانه و ماهانه ایستگاه هواشناسی نیر مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت ارزیابی داده‌های بارش مستخرج از پایگاه‌های داده جهانی از پارامترهای بیانگر راندمان داده‌ها و خطای داده‌ها استفاده شد تا در نهایت از بین این سه منبع بارش پایگاه داده جهانی، منبع بارشی با عملکرد مناسب انتخاب شود.

با توجه به اینکه بارش به عنوان یکی از ورودی‌ها در شبیه‌سازی‌های هیدرولوژیکی در نظر گرفته می‌شود، لذا این مطالعه می‌تواند از این جهت حائز اهمیت باشد.

۲. روش تحقیق

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه این پژوهش حوزه آبریز بالخلوچای یکی از سرشاخه‌های رودخانه قره سو در استان اردبیل است. از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین ۴۷ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. شکل ۱ نشان دهنده موقعیت حوزه آبریز بالخلوچای به همراه شبکه آبراهه‌های آن است. مساحت حوضه بالخلوچای ۵۶۷ کیلومترمربع و محیط آن ۱۷۴ کیلومتر است. تغییرات ارتفاعی حوضه بین ۱۵۵۷ تا ۴۳۸۳ متر است. همچنین ضریب گراویلیوس حوضه ۲/۰۵، شیب متوسط حوضه برابر ۱۵ درصد و شیب رودخانه اصلی حوضه برابر ۶/۱ درصد و طول کل آبراهه‌ها به ۴۱۹ کیلومتر و طول شاخه اصلی به ۴۴ کیلومتر می‌رسد (رئوف و همکاران، ۱۳۹۵). در این تحقیق خروجی حوزه آبریز بالخلوچای در ایستگاه هیدرومتری یامچی در نظر گرفته شد. پایین‌تر از ایستگاه هیدرومتری یامچی، سد یامچی، با ظرفیت ۸۰ میلیون مترمکعب، آب مورد نیاز را برای قسمت اعظم شرب شهر اردبیل و حومه آن و بخشی از اراضی کشاورزی پایین دست سد تامین می‌کند. داده‌های بارش ایستگاه هواشناسی نیر از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ (به مدت ۱۷ سال) از سازمان هواشناسی اخذ گردید. متوسط بارش و دما برای حوضه مورد مطالعه بر اساس ایستگاه هواشناسی نیر به ترتیب ۳۵۷/۵ میلیمتر و ۸/۱ درجه سانتیگراد می‌باشد.

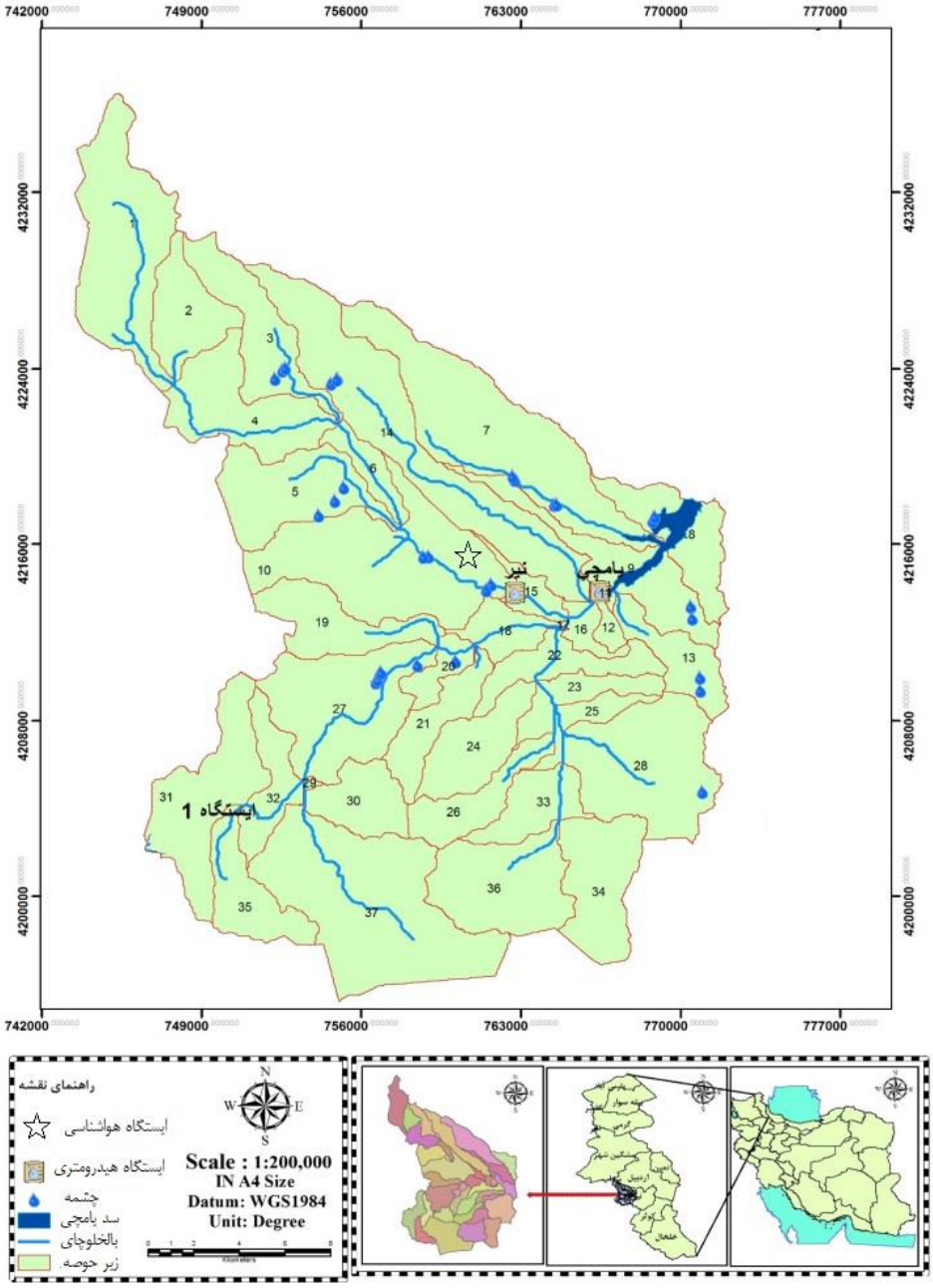
۲-۲. پایگاه داده‌های جهانی

۲-۲-۱. پایگاه داده TRMM[1]

این ماهواره پروژه فضایی مشترک ناسا و آژانس کاوش‌های هوافضای ژاپن است که به منظور پایش و مطالعه بارندگی طراحی شده است. این پایگاه داده دارای چندین فرآورده بارشی گوناگون است. در این پایگاه داده، تخمین بارش بر اساس سنجنده‌های فضایی و استفاده از

[1] Tropical Rainfall Measurement Mission Project

مجموعه‌ای از الگوریتم‌های بازیابی بارش صورت می‌گیرد. داده‌های بارش بر اساس الگوریتمی که تخمین‌های مایکروویو و مادون قرمز را با هم ترکیب می‌کند تخمین زده می‌شود. بارشی که توسط TRMM تخمین زده می‌شود به دو صورت است: TRMM-3B42RT محصول تخمین بارش در نزدیکترین زمان واقعی است و دومین حالت محصول TRMM-3B42V7 است که بارش را بعد از زمان واقعی که خطای آن تا حدودی تصحیح شده است نشان می‌دهد (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۶). دراین پژوهش نیز از داده‌های این محصول استفاده شد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه آبریز بالخلوچای

۲-۲-۲. پایگاه داده NCEP[2]

این پایگاه توسط یکی از زیرشاخه‌های ناسا توسعه یافته است. نسخه اولیه این پایگاه تحت عنوان NCEP-NCAR معرفی شد. این پایگاه اطلاعات مختلفی مانند بارش، دما، فشار، رطوبت نسبی و سرعت باد و.... را در خود دارد. داده‌های این پایگاه به دو صورت روزانه و ماهانه ارائه می‌شوند. دقت مکانی این پایگاه داده ۲/۵ در ۲/۵ درجه است (عینی و همکاران، ۱۳۹۷).

۲-۲-۳. پایگاه داده MERRA[3]

این پایگاه توسط مرکز مدلسازی و داده‌گواری سازمان فضایی و هوانوردی ملی آمریکا ارائه شده است. هدف از ایجاد این پایگاه بهبود در شناخت چرخه هیدرولوژی می‌باشد و اطلاعات اقلیمی مختلف به صورت شبکه‌بندی شده برای کل جهان در این پایگاه ارائه شده است. اطلاعات این پایگاه بصورت ساعتی، روزانه و ماهانه از سال ۱۹۷۹ تاکنون و با تفکیک مکانی ۰/۵ درجه در ۰/۶ درجه برای کل جهان در این پایگاه وجود دارد (حسینی مغاری و همکاران، ۱۳۹۷).

۲-۳. بررسی همگنی داده‌های بارش

برای بررسی دقت پارامتر بارش، سری اعداد مورد مطالعه باید همگن باشد. همگنی داده‌ها موجب می‌گردد که پس از محاسبه برخی پارامترهای آماری مانند میانگین، اندازه‌های سری مورد مطالعه آن پارامتر با مقدار پارامتری که از یک سری همگن فرضی به دست می‌آید، تفاوت معنی داری نداشته باشد. در این تحقیق، به منظور بررسی روند و همگنی داده‌های بارش، از آزمون‌های من-کندال، من-ویتنی و نرمال استاندار استفاده شد.

۲-۴. شاخص‌های ارزیابی داده‌های مشاهداتی و پایگاه داده‌های بارش

جهت ارزیابی پایگاه داده‌های بارش و داده‌های مشاهداتی از شاخص‌های ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، راندمان نش ساتکلیف (NSE)، خطای نسبی (RE) و نسبت خطای متوسط هندسی (GMER) استفاده شد. شاخص‌های R^2، RMSE، NSE، RE و GMER بر اساس مقایسه مقادیر داده‌های جهانی بارش (بارش برآوردی) با داده‌های بارش اندازه‌گیری شده در ایستگاه هواشناسی مورد نظر (ایستگاه سینوپتیک نیر) تعیین شد. در جدول (۱) شاخص‌های آماری استفاده شده در این پژوهش ارائه شده است. در این معادلات، $P_{obs.i}$ بارش مشاهده شده در روز یا ماه i ام، $\overline{P_{obs}}$ میانگین بارش مشاهداتی روزانه یا ماهانه، $P_{sim.i}$ بارش روزانه یا ماهانه استخراج شده از پایگاه داده‌های جهانی، $\overline{P_{sim}}$ میانگین بارش روزانه یا ماهانه استخراج شده از پایگاه داده‌های جهانی و n تعداد داده‌ها می باشد. تعداد داده‌ها در ارزیابی روزانه حدود ۳۰ برابر بیشتر از ماهانه می‌باشد. پارامتر GMER بیانگر بیش برآوردی یا کم بر آوردی مقادیر برآورد شده نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده است. GMER برابر با یک تطابق کامل بین مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده را نشان می‌دهد.

۳. نتایج

۳-۱. بررسی همگنی داده‌های بارش

به منظور بررسی همگنی و روند در سری داده های مینیمم دما، ماکزیمم دما و بارش، از آزمون همگنی نرمال استاندارد با alpha=۰/۰۵، آزمون ران تست با alpha=۰/۰۵ و آزمون Z من-کندال استفاده شد. جدول ۲ مقادیر P-Value برای alpha=۰/۰۵ را برای پارامتر بارش به دو روش نرمال استاندارد و ران تست نشان می‌دهد.

[2] National Center for Environmental Prediction
[3] Modern-Era Retrospective Analysis

بر اساس جدول ۲ تمام P-Value های مورد نظر بالاتر از ۰/۰۵ بوده و نشان دهنده آن است که داده‌های مربوط به بارش کاملا تصادفی و همگن بوده و هیچ گونه روندی در آن‌ها مشاهده نمی‌شود. با استفاده از نتایج مربوط به آزمون Z من–کندال، چنین استنباط می‌شود که، در سطح اطمینان ۹۵، برای تمام پارامترهای حداقل و حداکثر دما، میانگین دما و بارش، مقادیر Z در ماه‌های مختلف در محدوده ۲/۵۸<Z<+۲/۵۸ – قرار نداشته است، لذا داده‌ها، تصادفی محسوب شده و در کل دوره روند خاصی مشاهده نشد.

جدول ۱. شاخص‌های آماری مورد استفاده برای ارزیابی پایگاه داده‌های بارش مورد بررسی

ردیف	شاخص	معادله
۱	R^2	$\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_{obs.i}-\overline{P_{obs}})(P_{sim.i}-\overline{P_{sim}})}{[\sum_{i=1}^{n}(P_{obs.i}-\overline{P_{obs}})^2]^{0.5}[\sum_{i=1}^{n}(P_{sim.i}-\overline{P_{sim}})^2]^{0.5}}\right)^2$
۲	RMSE	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_{obs.i}-P_{sim.i})^2}{n}}$
۳	NSE	$1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_{obs.i}-P_{sim.i})^2}{\sum_{i=1}^{n}(P_{obs.i}-\overline{P_{obs}})^2}$
۴	RE	$\frac{\sum_{i=1}^{n}\lvert P_{obs.i}-P_{sim.i}\rvert}{\sum_{i=1}^{n}P_{obs.i}}\times 100$
۵	GMER	$GMER=exp\left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\ln\left(\frac{P_{obs.i}}{P_{sim.i}}\right)\right)$

GMER بیشتر از یک نشان می‌دهد که مقادیر برآورد شده به‌طور کلی کم برآورد و GMER کمتر از یک نشان می‌دهد مقادیر برآورد شده بیش‌برآورد شده است (رئوف و همکاران ۱۴۰۱).

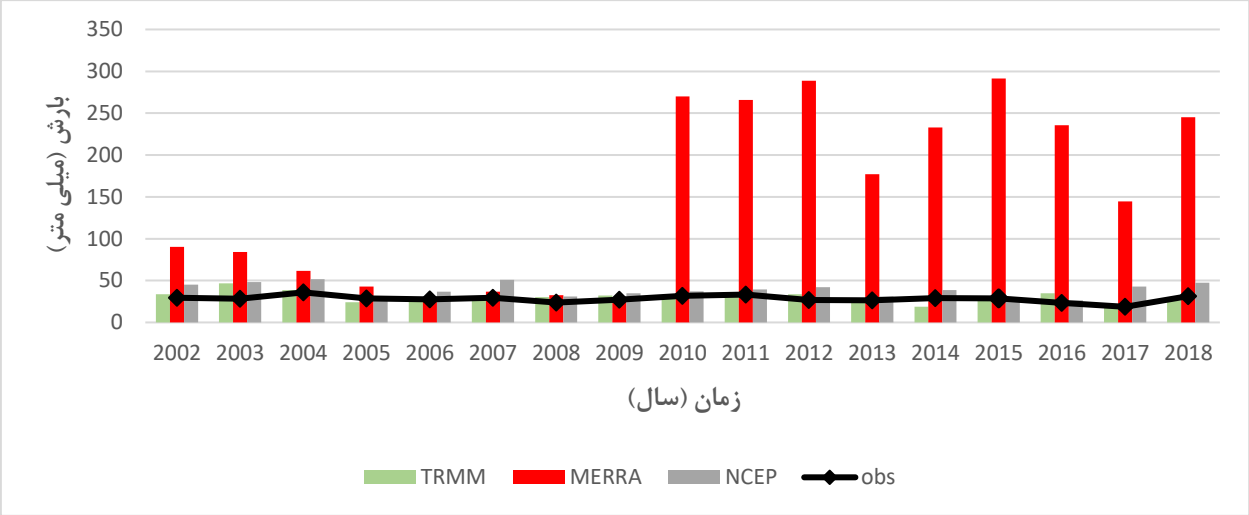
جدول۲. نتایج آزمون همگنی نرمال استاندارد و ران تست با alpha= ۰/۰۵

نام ایستگاه	نوع آزمون	بارش P-value
نیر	نرمال استاندارد	۰/۸۱
	ران تست	۰/۳۰۱

۳–۲. بررسی تغییرات سالانه و ماهانه داده‌های بارش

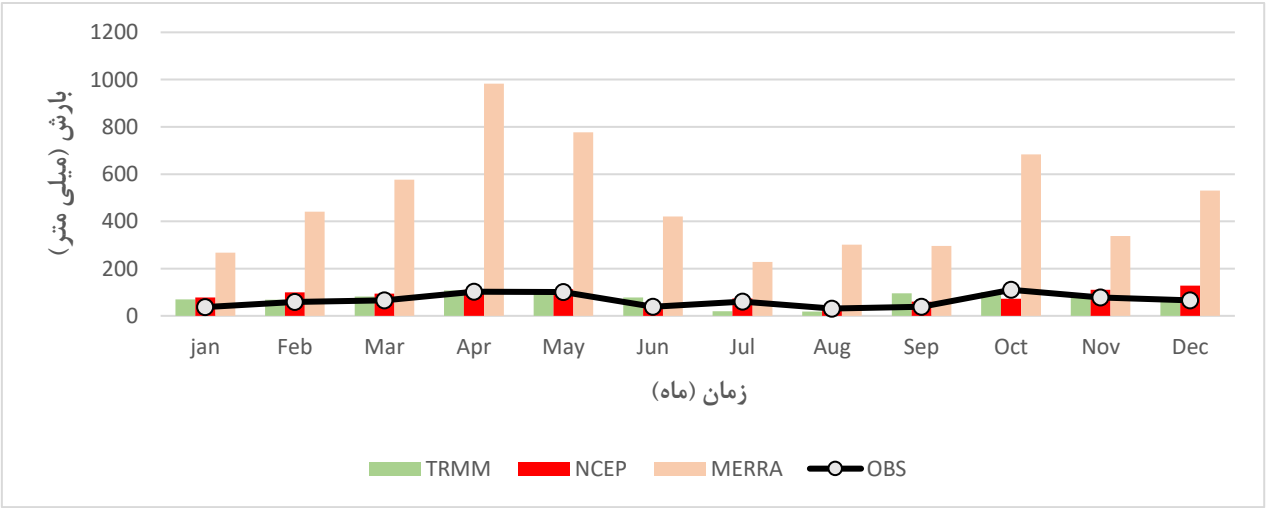
به منظور ارزیابی دقت بارش پایگاه داده‌های جهانی در ابتدا میانگین ماهانه بارش حوضه و میانگین بارش پایگاه‌های مورد نظر در مقیاس‌های زمانی مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۲ میانگین ماهانه مقادیر بارش اندازه‌گیری شده و استخراج شده از پایگاه داده‌های جهانی TRMM، NCEP و MERRA، برای سال‌های آماری ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ نشان داده شده است.

همان‌طور که از شکل (۲) مشاهده می‌شود در مقیاس زمانی سالانه عملکرد پایگاه TRMM و NCEP به مراتب بهتر است. همچنین پایگاه MERRA در برآورد بارش سالانه بدترین عملکرد را داشت. اگرچه پایگاه داده جهانی MERRA در کل دوره مورد بررسی مقادیر بارش را بیشتر از داده‌های مشاهداتی ارائه داده است، اما به نظر می‌رسد، تخمین بالای این پایگاه، از سال ۲۰۱۰ به بعد بسیار شدیدتر بوده و داده‌های این پایگاه از سال ۲۰۱۰ به بعد غیر قابل استناد می‌باشد. دلایل مختلفی ممکن است این پدیده را رقم زده باشد که محتمل‌ترین دلیل، کنار گذاشته شدن برخی از ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در پایگاه داده‌های جهانی MERRA بعد از سال ۲۰۱۰ می باشد. پیانی و همکاران (۲۰۱۰)، نیز عنوان کردند که در شبیه‌سازی چرخه هیدرولوژی حوزه آبریز با استفاده از برخی داده‌های پایگاه‌های جهانی، داده‌های پایگاه‌های جهانی دارای تغییرات بوده و همین تغییرات باعث می‌گردد که خطای شبیه‌سازی مدل هیدرولوژیکی بالاتر به دست آید.



شکل ۲. میانگین بارش سالانه حوضه برای داده‌های مشاهداتی و پایگاه‌های جهانی در طی دوره آماری ۲۰۱۸-۲۰۰۲

در ادامه بیشینه بارش ماهانه، مستخرج از پایگاه داده‌های جهانی TRMM، NCEP و MERRA و داده‌های مشاهداتی برای کل دوره مذکور مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت. شکل ۳ بیشینه بارش ماهانه اندازه‌گیری شده و مستخرج از پایگاه‌های داده‌های جهانی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان طور که از شکل (۳) مشخص است پایگاه داده MERRA در تمامی ماه‌ها بارش را بیشتر از سایر پایگاه‌ها برآورد کرده است. پایگاه داده NCEP و TRMM عملکرد به نسبت بهتری دارد. به نظر می‌رسد، عدم واقعی بودن داده‌های پایگاه MERRA در سال‌های بعد از ۲۰۱۰، باعث شده است که میانگین دراز مدت بیشینه بارش ماهانه، در این ایستگاه نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده و دو ایستگاه دیگر به مراتب بیشتر باشد.



شکل ۳. بیشینه بارش برای ماه‌های مختلف در طی دوره آماری ۲۰۱۸-۲۰۰۲

برای بررسی دقت پایگاه‌های داده‌های جهانی از ۵ پارامتر R^2، RMSE، NSE، RE و GMER استفاده شد. پارامتر R^2 بین صفر (ضعیف‌ترین) تا یک (بهترین)، پارامتر NSE بین منفی بی نهایت (ضعیف‌ترین) تا ۱، پارامتر RE بین صفر (ضعیف‌ترین) تا ۱۰۰ (بهترین)

و پارامتر GMER بالا یا پایین عدد واحد تغییر می‌یابند. همچنین شاخص دیگر مورد استفاده برای ارزیابی کارایی پایگاه داده‌های جهانی ضریب تبیین است. چنانچه ضریب NSE بالاتر از ۰/۵ به دست آید، داده‌های پایگاه جهانی دارای عملکرد خوبی بوده و قابل استناد می‌باشند. ضریب تبیین برای سنجش نیکویی برازش استفاده می‌شود. هر چه این ضریب به ۱ نزدیک تر باشد نشان دهنده برآورد بهتر پایگاه داده است. در جدول (۳) مقادیر محاسبه شده پارامترهای ارزیابی، برای پایگاه‌های مختلف مورد بررسی در تحقیق حاضر ارائه شده است.

جدول ۳. شاخص‌های ارزیابی عملکرد پایگاه داده‌های جهانی

نام پارامتر	دوره زمانی	نام پایگاه داده جهانی		
		MERRA	TRMM	NCEP
R^2	ماهانه	۰/۵۳۰۹	۰/۶۰۴۲	۰/۶۶۳۵
	روزانه	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۱۹
RMSE (mm)	ماهانه	۲۶۰/۵۵	۱۲/۶۲	۱۵/۳۲
	روزانه	۲۲/۹۰	۴/۳۱	۷/۳۴
NSE (-)	ماهانه	−۵۱/۱۶	۰/۶۶۷	۰/۵۷۳
	روزانه	−۵۲/۵۸	−۰/۲۸	−۰/۴۲
RE (%)	ماهانه	۷۶۵/۰۳	۴۱/۸۶	۴۵/۰۰
	روزانه	۲۴۱/۳۵	۱۹/۶۵	۲۳/۳۵
GMER (-)	ماهانه	۰/۰۹۶	۰/۹۹۴	۰/۷۳۱
	روزانه	۰/۰۶۵	۰/۸۸۳	۰/۶۵۸

بر اساس جدول ۳، تمامی پایگاه‌های داده‌های جهانی در مقیاس ماهانه بهتر از روزانه عمل نموده‌اند. ضریب تبیین (R^2) در تمام پایگاه‌ها در دوره ماهانه بالاتر از روزانه به دست آمده است. در دو پایگاه TRMM و NCEP ضریب تبیین در حد خوب بوده و بالای ۰/۶ به دست آمده است. پایگاه MERRA در این مورد عملکرد ضعیف‌تری داشته است. در هر سه پایگاه جهانی MERRA، TRMM و NCEP، اگرچه مقدار ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و خطای نسبی (RE) برای دوره ماهانه بیشتر از روزانه به دست آمده است، دلیل این امر آن است که مقادیر عددی داده‌های بارش روزانه به مراتب از مقادیر عددی داده‌های ماهانه کمتر می‌باشد. برای مشخص شدن میزان دقت و خطای پایگاه‌های داده‌های جهانی مورد بررسی، از شاخص بی بعد راندمان نش- ساتکلیف (NSE) می‌توان استفاده نمود. شاخص NSE نشان می‌دهد که در تمام پایگاه‌های داده‌های جهانی مورد بررسی، میزان این شاخص برای دوره ماهانه بیشتر از روزانه می‌باشد. حتی برای دوره ماهانه و دو پایگاه داده TRMM و NCEP، این مقدار بالاتر از ۰/۵ به دست آمده است که بیانگر قابل استناد بودن داده‌های تولید شده بارش در این دو ایستگاه می‌باشد. در سطح روزانه و ماهانه، برای هر سه پایگاه داده جهانی MERRA، TRMM و NCEP، مقادیر پارامتر GMER کوچکتر از واحد به دست آمد که نشان می‌دهد هر سه ایستگاه مورد مطالعه دارای بیش برآوردی می‌باشند و داده‌های بارش روزانه و ماهانه را بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده برآورد می‌نمایند. بیش تخمینگری پارامتر بارش برای پایگاه داده جهانی MERRA بسیار شدیدتر از دو پایگاه دیگر می‌باشد، زیرا مقدار GMER برای این پایگاه نزدیک به صفر استخراج گردید.

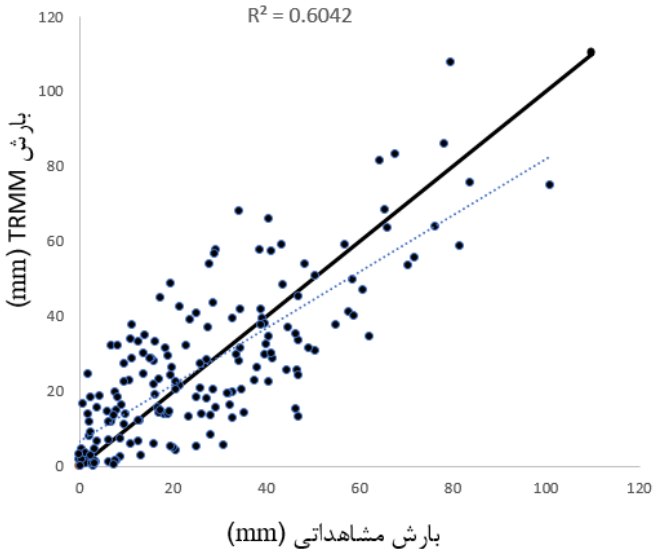
همان طور که از جدول ۲ مشخص است، پایگاه داده MERRA نسبت به پایگاه داده‌های NCEP و TRMM عملکرد بسیار ضعیف‌تری دارد. اما در بررسی کلی مشخص می‌شود که پایگاه TRMM نسبت به پایگاه‌های دیگر کارایی بهتری در حوزه آبریز مورد مطالعه دارد.

۳-۳. نمودار پراکنش داده مشاهداتی و اطلاعات پایگاه‌های جهانی

جهت بررسی و ارزیابی میزان تطابق منابع بارش پایگاه داده‌های جهانی با داده‌های مشاهداتی، نمودار پراکنش بارش، بصورت مجزا برای هر پایگاه در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ ترسیم شد. سپس ارزیابی پایگاه داده‌ها و داده‌های مشاهداتی با شاخص‌های جدول (۱) صورت پذیرفت.

الف) پایگاه داده TRMM

عملکرد بارش پایگاه داده TRMM با ترسیم نمودار پراکنش اطلاعات مربوط به بارش مشاهداتی و بارش حاصل از پایگاه مذکور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج عملکرد پایگاه داده TRMM، در شکل (۴) نشان داده شده است. نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های آماری در مقیاس روزانه و ماهانه مربوط به این منبع اطلاعاتی حاکی از عملکرد خوب مدل در برآورد بارش است. برای این پایگاه داده جهانی، پارامترهای R^2، RMSE، NSE، RE و GMER به ترتیب برابر ۰/۲۱، ۴/۳۱، ۰/۲۸-، ۱۹/۶۵ و ۰/۸۸۳ برای مقادیر بارش روزانه و ۰/۶۰۴۲، ۱۲/۶۲، ۰/۶۶۷، ۴۱/۸۶ و ۰/۹۹۴ برای مقادیر بارش ماهانه به دست آمده است. ضرایب R^2، RMSE و NSE در دوره ماهانه قابل قبول می‌باشند. شاخص RE مقداری بالا است. ضریب GMER ماهانه نشان می‌دهد که پایگاه داده جهانی TRMM دارای بیش برآوردی ضعیفی می‌باشد. این پایگاه داده جهانی، مقادیر بارش ماهانه را به صورت بسیار خوب تخمین می‌زند و داده‌های بارش ماهانه قابل استنادی را تولید می‌کند. علت تخمین خوب پایگاه TRMM در مقیاس ماهانه این است که این پایگاه داده جهانی، مقادیر بارش بالاتر را بهتر برآورد می نماید. در بارش‌های کمتر دریافتی ماهواره دچار خطا شده و مقادیر بارش را با خطای بالا ثبت و ارسال می‌کنند.



شکل ۴. عملکرد پایگاه داده TRMM در تخمین بارش

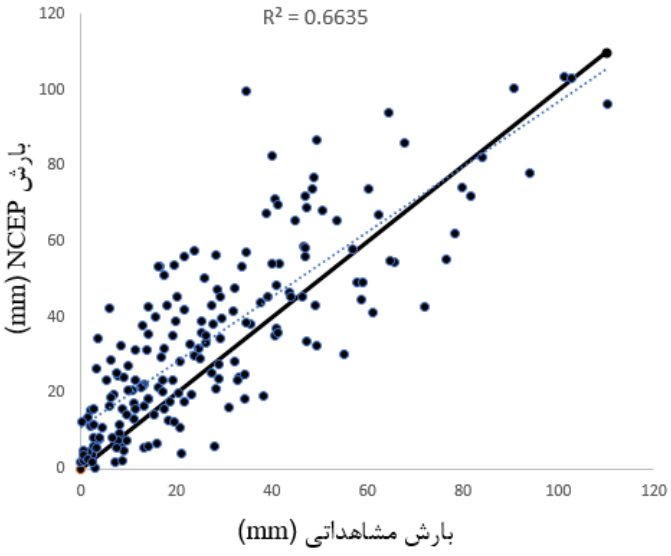
در سطح روزانه پارامترهای ارزیابی نشان می‌دهد که پایگاه داده جهانی TRMM قابل استناد نمی‌باشد. نتایج تحقیق محمدی و محمودی (۱۳۹۷) نیز حاکی از برتری تخمین بارش ماهانه نسبت به روزانه توسط پایگاه TRMM می‌باشد. عبداللهی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش نمودند که در حوزه آبریز گرگانرود، پایگاه داده‌های جهانی TRMM کم تخمینگر می‌باشند، در حالی که پایگاه داده‌های جهانی CMORPH دارای دقت بالایی در تخمین بارش ماهانه بوده است. عرفانیان و همکاران (۱۳۹۵)، در بررسی دقت پایگاه داده جهانی روزانه 3B42-TRMM و ماهانه TRMM 3B43- در ۸۷ ایستگاه سینوپتیک واقع در ۶ زون اقلیمی کشور بیشترین مقدار ضریب همبستگی را

در دو مقیاس روزانه و ماهانه در زون نیمه کوهستانی و کمترین مقدار آنها در زون مرطوب ساحلی به دست آوردند. رسولی و همکاران (۱۳۹۵) نیز در ارزیابی تطبیقی مقادیر بارندگی برآورد شده TRMM و بارش ثبت شده ایستگاه‌های زمینی در حوضه دریاچه ارومیه نتیجه گرفتند که انطباق نسبی داده‌های بارش TRMM با مقادیر زمینی وجود دارد. همچنین جوان و عزیز زاده (۲۰۱۷) در بررسی دقت پایگاه داده جهانی TRMM-3B43 V7 در تولید داده های بارش ماهانه در شمال غرب ایران نتیجه‌گیری کرده بودند که تغییرات شدید مکانی بارش در ماه‌های سپتامبر، اکتبر و نوامبر در بسیاری از ایستگاه‌ها مشاهده شده است، که در بارندگی‌های کمتر از ۵۰ میلیمتر این تغییرات شدیدتر بوده است. همچنین کمترین تغییرات در ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست مشاهده گردیده است.

ب) پایگاه داده NCEP

برای بررسی عملکرد بارش این پایگاه داده، نمودار پراکنش اطلاعات مربوط به بارش مشاهداتی و بارش پایگاه داده NCEP نسبت به یکدیگر ترسیم و شاخص‌های ارزیابی جدول(۱) برای پایگاه داده مذکور محاسبه گردید که نتایج آن در شکل (۵) ارائه شده است.

برای این پایگاه داده جهانی، پارامترهای R^2، RMSE، NSE، RE و GMER به ترتیب برابر ۰/۱۹، ۷/۳۴، ۰/۴۲-، ۲۳/۳۵ و ۰/۶۵۸ برای مقادیر بارش روزانه و ۰/۶۶۳۵، ۱۵/۳۲، ۰/۵۷۳، ۴۵/۰۰ و ۰/۷۳۱ برای مقادیر بارش ماهانه به دست آمده است. اگر چه در پایگاه NCEP مقدار R^2 بالاتر از پایگاه TRMM می‌باشد، اما مقادیر RMSE، NSE، RE و GMER همگی نشان از برتری پایگاه داده TRMM دارند. ضرایب R^2، RMSE و NSE در دوره ماهانه قابل قبول می‌باشند. مانند پایگاه TRMM، شاخص RE در پایگاه NCEP نیز بالا است. ضریب GMER ماهانه نشان می‌دهد که پایگاه داده جهانی NCEP دارای بیش برآوردی می‌باشد و این پدیده در پایگاه NCEP شدیدتر از پایگاه TRMM است. این پایگاه داده جهانی نیز مقادیر بارش ماهانه را به صورت بسیار خوب تخمین می‌زند و داده‌های بارش ماهانه قابل استنادی را تولید می‌کند. در سطح روزانه پارامترهای ارزیابی نشان می‌دهد که پایگاه داده جهانی TRMM قابل استناد نمی‌باشد. چنین نتیجه‌گیری می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد که از جمله آنها بارش‌های رگباری کوتاه مدت با شدت بالا، بارش‌های پراکنده و عدم قدرت تشخیص این بارش‌ها توسط برخی از ماهواره‌ها می تواند بیان گردد. عینی و همکاران (۱۳۹۷) نتیجه گیری نمودند که در حوزه آبریز مهارلو، پایگاه CRU در ماه‌های سرد سال، بارش را کمتر از مقادیر مشاهداتی برآورد کرده است و پایگاه CFSR NCEP همخوانی خوبی با داده‌های مشاهداتی داشته است.

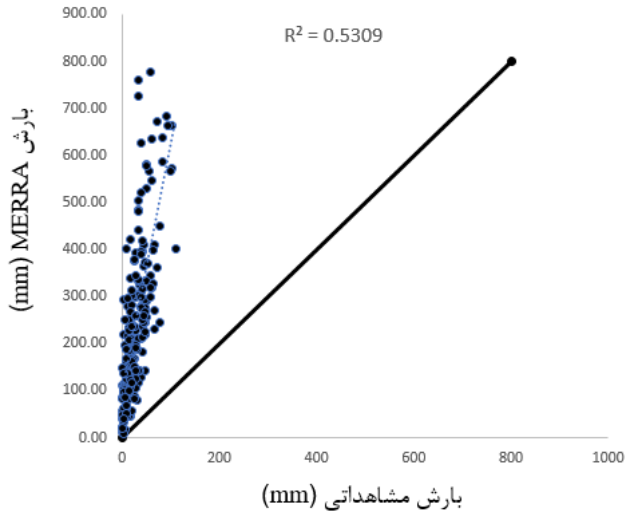


شکل ۵. عملکرد پایگاه داده NCEP در تخمین بارش

پ) پایگاه داده MERRA

این منبع بارش نیز یکی از پایگاه‌های مهم منابع بارش مبتنی بر سنجش از دور است که مطالعات زیادی در نقاط مختلف دنیا در مورد عملکرد آن صورت گرفته است. نمودار پراکنش این پایگاه داده در مقابل داده‌های مشاهداتی ترسیم شد. محاسبات آماری صورت گرفته در بررسی کارایی این پایگاه داده حاکی از عملکرد ضعیف این منبع بارش در تخمین بارش روزانه و ماهانه حوضه مورد مطالعه می‌باشد. شکل ۶ پراکنش داده‌های بارش اندازه‌گیری شده و مستخرج از پایگاه داده جهانی MERRA را نشان می‌دهد.

برای پایگاه داده جهانی MERRA، پارامترهای R^2، RMSE، NSE، RE و GMER به ترتیب برابر ۰/۳۳، ۲۲/۹۰، ۵۲/۵۸-، ۲۴۱/۳۵ و ۰/۰۶۵ برای مقادیر بارش روزانه و ۰/۵۳۰۹، ۲۶۰/۵۵، ۵۱/۱۶-، ۷۶۵/۰۳ و ۰/۰۹۶ برای مقادیر بارش ماهانه به دست آمده است. نکته بسیار قابل تامل در مورد پایگاه داده جهانی MERRA این است که اگر چه مقدار R^2 برای بارش روزانه بالاتر از هر دو پایگاه TRMM و NCEP می‌باشد، اما مقادیر RMSE، NSE، RE و GMER همگی نشان می‌دهند که پایگاه MERRA عملکرد بسیار ضعیفی نسبت به دو پایگاه قبلی دارد. تنها ضریب R^2، در دوره ماهانه قابل قبول می‌باشد. ضریب GMER برای این پایگاه نشان می‌دهد که مقادیر بارش روزانه و ماهانه توسط پایگاه داده MERRA بسیار بیش برآورد شده است. شاخص RE در این پایگاه به مراتب از پایگاه TRMM و NCEP بالاتر است. مهم‌ترین دلیل بیش برآوردی شدید پایگاه جهانی بارش MERRA، برآورد مقادیر بارش بسیار بالاتر از واقعیت، توسط این پایگاه بعد از سال ۲۰۱۰ می‌باشد. علت چنین برآوردی نمی‌تواند خطای پایگاه داده جهانی MERRA ذکر گردد زیرا در سال‌های قبل از ۲۰۱۰ برآورد این پایگاه از داده‌های بارش قابل قبول می‌باشد. در ایستگاه نیر (ایستگاه مورد مطالعه)، دلایل دیگری باعث شده است که از سال ۲۰۱۰ به بعد داده‌های بارش پایگاه جهانی MERRA دارای صحت کافی نباشد که باید تحقیق لازم در این زمینه انجام گیرد.



شکل ۶. عملکرد پایگاه داده MERRA در تخمین بارش

علی بخشی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای روی حوزه آبریز کشف رود در استان خراسان رضوی نتیجه گیری نمودند که داده‌های پایگاه MERRA در مقیاس زمانی ماهانه دقت بالاتری نسبت به پایگاه GPM داشته است در حالیکه در مقیاس روزانه این روند عکس بوده و پایگاه داده GPM دارای دقت بالاتری است.

۴. نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضـر کارایی پایگاه‌های MERRA، NCEP و TRMM مورد بررسـی قرار گرفت. نتایج حاکی از برتری کلی پایگاه TRMM نسبت به سایر پایگاه‌ها، در برآورد بارش میانگین حوزه آبریز بالخلوچای (ایستگاه هواشناسی نیر) بود. این بدان معناست که در صورت فقدان و یا محدودیت دسترسی به داده‌های زمینی اندازه‌گیری شده می‌توان از پایگاه داده TRMM به عنوان جایگزین مناسب برای باران سنج‌های زمینی استفاده کرد. همچنین در بین دو پایگاه MERRA و NCEP پایگاه دوم یعنی NCEP عملکرد بهتری داشته و مطابقت بیشتری با داده‌های زمینی دارد. مقادیر پارامترهای R^2، RMSE، NSE، RE و GMER برای بارش ماهانه، برای پایگاه TRMM، به ترتیب برابر ۰/۶۰۴۲، ۱۲/۶۲، ۰/۶۶۷، ۴۱/۸۶ و ۰/۹۹۴، برای پایگاه NCEP به ترتیب برابر ۰/۶۶۳۵، ۱۵/۳۲، ۰/۵۷۳، ۴۵/۰۰ و ۰/۷۳۱ و برای پایگاه MERRA به ترتیب برابر ۰/۵۳۰۹، ۲۶۰/۵۵، ۵۱/۱۶-، ۷۶۵/۰۳ و ۰/۰۹۶ به دست آمد. مقادیر نتایج حاصل از پژوهش حاضر در کارایی مناسب پایگاه داده TRMM با داده‌های مشاهداتی با نتایج پژوهشگرانی مانند شیروانی و فخاری‌زاده شیرازی (۱۳۹۲)، اکبری و کاظم زاده (۱۳۹۷) و نیازی و همکاران (۱۳۹۷) همخوانی دارد.

References

Abdolahi, B., Hosseini-Moghari, S. & Ebrahimi, K. (2017). Assessment of TRMM 3B42RT V7 and CMORPH Satellites Precipitation Data in order to Estimate Precipitation in Gorganrood Basin-Iran. Jwmseir, 11 (36):55-68. (In Persian)

Akbari chaharborj, J. & Kazemzadeh M. (2019). Accuracy evaluation of rainfall distribution of TRMM 43B3 satellite in the different climates of Iran. Jwmseir, 13 (44):73-82. (In Persian)

Alibakhshi, S. M., Hoseini, F., Davari, A., Alizadeh, K. Amin, A. & Henry, M. (2019). Assessment of Ground Station, GPM Satellite and MERRA Precipitation Products in Kashafrud Basin. JOURNAL OF WATERSHED MANAGEMENT RESEARCH, 9(18): 111-122. (In Persian)

Blacutt, L. A., Herdies, D. L., de Gonçalves, L. G. G., Vila, D. A., & Andrade, M. (2015). Precipitation comparison for the CFSR, MERRA, TRMM3B42 and Combined Scheme datasets in Bolivia. Atmospheric Research, 163, 117-131.

Bodian, A., Dezetter, A., Deme, A., & Diop, L. (2016). Hydrological evaluation of TRMM rainfall over the upper Senegal River basin. Hydrology, 3(2), 15.

Chen, S., Gan, T. Y., Tan, X., Shao, D., & Zhu, J. (2019). Assessment of CFSR, ERA-Interim, JRA-55, MERRA-2, NCEP-2 reanalysis data for drought analysis over China. Climate Dynamics, 53, 737-757.

De Almeida, K. N., dos Reis, J. A. T., Buarque, D. C., Mendonça, A. S. F., Rodrigues, M. B., & de Laia Nascimento Sá, G. (2020). Performance analysis of TRMM satellite in precipitation estimation for the Itapemirim River basin, Espirito Santo state, Brazil. Theoretical and Applied Climatology, 141, 791-802.

Duan, Z., Liu, J., Tuo, Y., Chiogna, G., & Disse, M. (2016). Evaluation of eight high spatial resolution gridded precipitation products in Adige Basin (Italy) at multiple temporal and spatial scales. Science of the Total Environment, 573, 1536-1553.

Eini, M., Javadi, S., & Delavar, M. (2018). Evaluating the performance of CRU and NCEP CFSR global reanalysis climate datasets, in hydrological simulation by SWAT model, Case Study: Maharlu basin. Iran-Water Resources Research, 14(1): 32-44. (In Persian)

Erfanian, M., Kazempour, S., & Heidari, H. (2016). Calibration of TRMM satellite 3B42 and 3B43 rainfall data in climatic zones of Iran. Physical Geography Research, 48(2): 287-303. (In Persian)

Gad, I., & Manjunatha, B. R. (2017). Performance evaluation of predictive models for missing data imputation in weather data. In 2017 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI) (pp. 1327-1334). IEEE.

Hafizi, H., & Sorman, A. A. (2022). Performance Assessment of CHIRPSv2. 0 and MERRA-2 Gridded Precipitation Datasets over Complex Topography of Turkey. Environmental Sciences Proceedings, 19(1), 21.

Hamal, K., Sharma, S., Khadka, N., Baniya, B., Ali, M., Shrestha, M. S., ... & Dawadi, B. (2020). Evaluation of MERRA-2 precipitation products using gauge observation in Nepal. Hydrology, 7(3), 40.

Hoseeni, Z. S., Moghaddasi, M. & Paimozd. Sh. (2022). Accuracy Assessment of ECMWF Datasets in Prediction of Climate Data and Drought Monitoring of Garechai Basin of Markazi Province. Iranian J. of Soil and Water Research, 53 (4): 715-732. (In Persian)

Hosseini-Moghari, S. M., Araghinejad, Sh. & Ibrahimi, K. (217). Evaluation of Global Gridded Precipitation Datasets Accuracy over Urmia Lake Basin, Iran. Iranian J. of Soil and Water Research, 48 (3): 587-598. (In Persian)

Hu, Z., Hu, Q., Zhang, C., Chen, X., & Li, Q. (2016). Evaluation of reanalysis, spatially interpolated and satellite remotely sensed precipitation data sets in central Asia. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 121(10), 5648-5663.

Javan, Kh., & Azizzadeh, M. R. (2017). Evaluation of the TRMM-3B43 V7 rainfall products on a monthly scale in the Northwest of Iran. Environmental Resources Research. 5 (2): 153-167.

Kim, J. P., Jung, I. W., Park, K. W., Yoon, S. K., & Lee, D. (2016). Hydrological utility and uncertainty of multi-satellite precipitation products in the mountainous region of South Korea. Remote Sensing, 8(7), 608.

Luo, X., Wu, W., He, D., Li, Y., & Ji, X. (2019). Hydrological simulation using TRMM and CHIRPS precipitation estimates in the lower Lancang-Mekong River basin. Chinese geographical science, 29, 13-25.

Mirzaei, S., Raoof, M., Rasoulzadeh, A. & Pour eskandar, S. (2015). Simulation Flood Hydrograph of Atashgah Basin River of Ardabil Provice using optimized Rainfall Pattern. Journal of Water and Soil Conservation, 22(5): 63-80. (In Persian)

Moghaddasi, F., Moghaddasi, M., & mohammadi, M. (2023). Evaluation of drought characteristics based on combined global precipitation and runoff products datasets across Iran's sub basins. Iranian Journal of Soil and Water Research, 54(9): 1301-1318. (In Persian)

Mohammadi, A. & Mohammadi, P. (2019). Evaluation of Precipitation Products of TRMM Satellite in Precipitation and Erosion Rate Monitoring across Iran. E.E.R, 8 (4): 65-81. (In Persian)

Nacar, S., Kankal, M., & Okkan, U. (2022). Evaluation of the suitability of NCEP/NCAR, ERA-Interim and, ERA5 reanalysis data sets for statistical downscaling in the Eastern Black Sea Basin, Turkey. Meteorology and Atmospheric Physics, 134(2), 39.

Nastos, P. T., Kapsomenakis, J., & Philandras, K. M. (2016). Evaluation of the TRMM 3B43 gridded precipitation estimates over Greece. Atmospheric Research, 169, 497-514.

Niazi, Y., Talebi, A., Mokhtari, M. H., & Vazifedoust, M. (2018). Spatio-Temporal Analysis of the Accuracy of TRMM Satellite Data to Estimate the Severity of a Drought Based on Precipitation in Central Iran. *Physical* Geography Research, *50*(1): 69-85. (In Persian)

Piani C, Weedon GP, Best M, Gomes SM, Viterbo P, & Hagemann S (2010) Statistical bias correction of global simulated daily precipitation and temperature for the application of hydrological models. Journal of Hydrology, 395(3):199-215

Raoof, M. Azizi, J. & Salahshoor, A. (2016). Estimating Hydrological and Hydrogeological Parameters of Watershed Using SWAT Model (Case study: Balukhlu-chay Basin). Water and Soil Science, 26 (2): 173-185. (In Persian)

Raoof, M., Akbari Baseri, Z., Rasoulzadeh, A., & Azizi Mobaser, J. (2022). Sensitivity analysis of Hydrus software to input data in simulating water movement and root uptake of grass as reference plant. Water and Soil Management and Modeling, 2(3): 94-107. (In Persian)

Rostamzadeh, H., Rasouli, A. A., Vazifeh Doost, M. & Maleki, N. (2020). Comparative comparisons of precipitation obtained from TRMM, GPM and Doppler radars with ground station data (Case Study of Surface Wave from October 26 to 28, 2015 in Western Iran). J. of Climate Research. 10 (38): 49-61. (In Persian)

Schneider, U., Fuchs, T., Meyer-Christoffer, A., & Rudolf, B. (2008). Global precipitation analysis products of the GPCC. Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), DWD, Internet Publikation, 112.

Shirvani, A. & Fakharizadeh, E. (2014). Comparison of ground-based observation of precipitation with TRMM satellite estimations in Fars Province. Journal of Agricultural Meteorology, 16 (54): 195-217. (In Persian)

Tapiador, F. J., Navarro, A., Levizzani, V., García-Ortega, E., Huffman, G. J., Kidd, C., & Turk, F. J. (2017). Global precipitation measurements for validating climate models. Atmospheric Research, 197, 1-20.

Wang, S., Liu, S., Mo, X., Peng, B., Qiu, J., Li, M., & Bauer-Gottwein, P. (2015). Evaluation of remotely sensed precipitation and its performance for streamflow simulations in basins of the southeast Tibetan Plateau. Journal of Hydrometeorology, 16(6), 2577-2594.

Wu, Y., Zhang, Z., Huang, Y., Jin, Q., Chen, X., & Chang, J. (2019). Evaluation of the GPM IMERG v5 and TRMM 3B42 v7 precipitation products in the Yangtze River basin, China. Water, 11(7), 1459.

Xu, X., Frey, S. K., & Ma, D. (2022). Hydrological performance of ERA5 and MERRA-2 precipitation products over the Great Lakes Basin. Journal of Hydrology: Regional Studies, 39, 100982.

Zhang, D., Tan, M. L., Dawood, S. R. S., Samat, N., Chang, C. K., Roy, R., ... & Mahamud, M. A. (2020). Comparison of NCEP-CFSR and CMADS for hydrological modelling using SWAT in the Muda River Basin, Malaysia. Water, 12(11), 3288.