

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

Shapur Karimi^{ID} | Babak Aminnejad^{*ID} | Amirpouya Sarraf^{ID}

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

ارزیابی پایگاه‌های داده‌های جهانی بارش با مقادیر بارش مشاهداتی در حوزه آبریز بالخلوچای

شاپور کریمی | بابک امین‌نژاد | امیرپویا صراف

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

اطلاعات مقاله

چکیده

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

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 کاملاً 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). ارزیابی پایگاه‌های داده‌های جهانی بارش با مقادیر بارش مشاهداتی در حوزه آبریز بالخلوچای. نشریه مرتع و آبخیزداری، ۷۷(۲)، ۱۲۵-۱۳۱.

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

© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

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

پایگاه داده ها نیازمند ارزیابی های اولیه است که این ارزیابی ها به دو صورت غیرمستقیم و مستقیم صورت می گیرد. در ارزیابی بصورت غیرمستقیم از یک مدل بارش-رواناب استفاده شده و رواناب مشاهداتی با رواناب شبیه سازی شده مورد مقایسه قرار می گیرد (میرزایی و همکاران ۱۳۹۴، Wang et al, 2015، Kim et al, 2016، Bodian et al, 2016). در روش ارزیابی مستقیم میزان بارش برآوردی پایگاه داده ها و میزان بارش مشاهداتی که مربوط به ایستگاه های اندازه گیری بارش است، با توجه به آزمون های آماری پارامتری و غیرپارامتری مقایسه می شود. از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه می توان به تحقیق Zhao and Yatagai در سال (۲۰۱۴) در چین اشاره کرد. آن ها در تحقیق خود به ارزیابی دقت داده های بارش TRMM با داده های مشاهداتی پرداختند. نتایج تحقیق آن ها حاکی از این بود که عملکرد پایگاه TRMM در فصول پربارش بهتر بوده و بین داده های مشاهداتی و داده های 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 داده های TRMM، MERRA و CFSR را جهت تخمین بارش، در منطقه بولیوی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق آن ها نشان داد که پایگاه داده های 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 دامنه های روبه شرقی بیش از حد تخمین زدند، این در حالی بود که TRMM رفتاری مشابه مشاهدات ایستگاه های زمینی داشت.

پژوهش های متعددی نیز جهت ارزیابی دقت پایگاه داده های جهانی صورت گرفته است که از آن میان می توان به تحقیق Hu و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد. آن ها در تحقیق خود به ارزیابی دقت داده های پایگاه های جهانی در منطقه آسیای مرکزی پرداختند. بدین منظور از داده های پایگاه ERA، CFSR و MERRA استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که داده های پایگاه MERRA در برآورد بارش در منطقه مورد مطالعه دقت بیشتری را نسبت به پایگاه های دیگر داشته است. Nastos و همکاران در سال (۲۰۱۶) به ارزیابی بارش TRMM در یونان پرداختند. آن ها 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. آن ها در تحقیق خود از منابع بارش -TRMM- 3B42V7، PERSIANN-CDR، CHIRPS و CMORPH در مقیاس های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه استفاده کردند. نتایج تحقیق آن ها نشان داد که سه پایگاه CHIRPS، TRMM و CMORPH نسبت به سایر پایگاه ها 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 ماه های سپتامبر، اکتبر و نوامبر در بسیاری از ایستگاه ها مشاهده شده است، که در بارندگی های کمتر از ۵۰ میلیمتر این تغییرات شدیدتر بوده است. همچنین کمترین تغییرات در ماه های ژوئن، جولای و آگوست مشاهده گردیده است. شبیه سازی حوضه رودخانه مکونگ با استفاده از برآورد بارش پایگاه داده های TRMM و CHIRPS توسط Luo و همکاران در سال (۲۰۱۹) صورت گرفت. آن ها در تحقیق خود به منظور بررسی عملکرد پایگاه داده ها از دو ضریب نش و ضریب خطا استفاده کردند. نتایج تحقیق آن ها نشان داد که پایگاه TRMM در برآورد بارش حوضه

رودخانه مکونگ بهترین عملکرد را برای شبیه‌سازی حوضه مکونگ داشته است. Sorman و Hafizi (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 ریزمقیاس‌نمایی 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 می‌تواند 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. علی‌بخشی 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 ماهانه 3B43-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 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 شبیه‌سازی دارند اما پایگاه CRU بهتر از پایگاه NCEP توانسته است رواناب سطحی را شبیه‌سازی 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 داده های ایستگاه زمینی وجود داشته است. مقدسی و همکاران (۱۴۰۲) به ارزیابی خصوصیات خشکسالی بر اساس ترکیب داده های بارش و رواناب پایگاه های جهانی بارش MRRRA2، ERA5، GRUN، TERRA و GLDAS در حوضه های آبریز درجه دو کشور پرداختند. آنها نتیجه گیری نمودند که ترکیب پایگاه داده های بارش منجر به افزایش دقت استفاده از پایگاه های جهانی می گردد. همچنین خشکسالی در اقلیم مرطوب از شدت، مدت و وسعت بیشتری در مقیاس کوتاه مدت نسبت به بلند مدت برخوردار می باشد.

حوزه آبریز بالخلوچای در استان اردبیل یکی از حوضه های کوهستانی است که اولاً دارای اختلاف ارتفاع فراوان در داخل حوضه بوده و ثانياً دارای پراکنش کم ایستگاه های باران سنجی است. به همین دلیل، در پژوهش حاضر، اهداف زیر مد نظر قرار گرفتند:

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

۲- مقادیر مستخرج از سه پایگاه داده جهانی بارش MERRA، NCEP و TRMM با داده های مشاهداتی بارش روزانه و ماهانه ایستگاه هواشناسی نیر مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت ارزیابی داده های بارش مستخرج از پایگاه های داده جهانی از پارامترهای بیانگر راندمان داده ها و خطای داده ها 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 ورودی ها در شبیه سازی های هیدرولوژیکی در نظر گرفته می شود، لذا این مطالعه می تواند از این جهت حائز اهمیت باشد.

۲. روش تحقیق

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه این پژوهش حوزه آبریز بالخلوچای یکی از سرشاخه های 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 آبراهه های آن است. مساحت حوضه بالخلوچای ۵۶۷ کیلومتر مربع 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 آبراهه ها به ۴۱۹ کیلومتر و طول شاخه اصلی به ۴۴ کیلومتر می رسد (رئوف و همکاران، ۱۳۹۵). در این تحقیق خروجی حوزه آبریز بالخلوچای در ایستگاه هیدرومتری یامچی در نظر گرفته شد. پایین تر 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 می کند. داده های 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 می باشد.

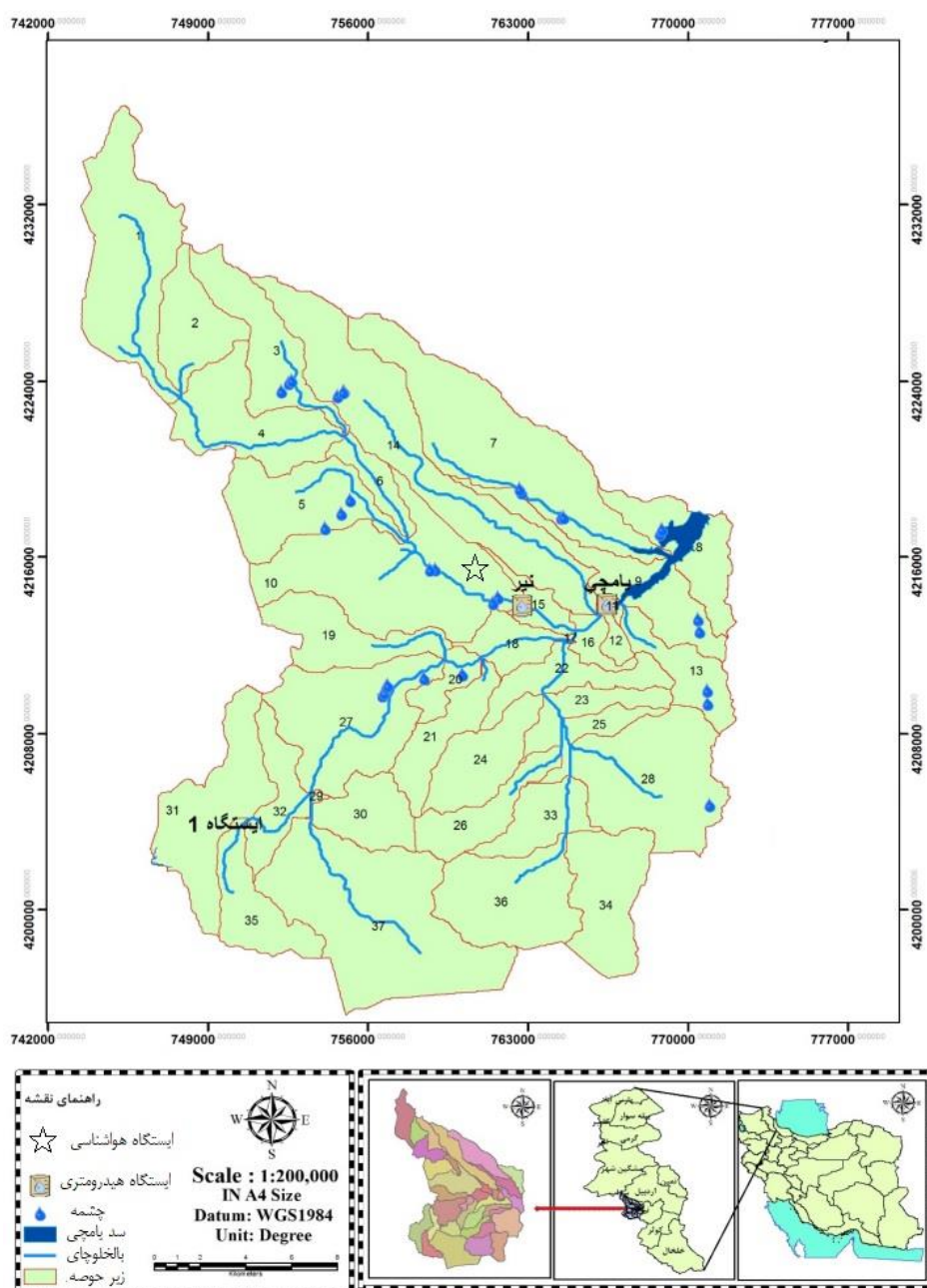
۲-۲. پایگاه داده های جهانی

۲-۲-۱. پایگاه داده TRMM^۱

این ماهواره پروژه فضایی مشترک ناسا و آژانس کاوش های 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 سنجنده های فضایی و استفاده از

^۱ Tropical Rainfall Measurement Mission Project

مجموعه‌ای از الگوریتم‌های بازتابی بارش صورت می‌گیرد. داده‌های بارش بر اساس الگوریتمی که تخمین‌های میکروویو 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). در این پژوهش نیز از داده‌های این محصول استفاده شد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه آبریز بالخلوچای

۲-۲-۲. پایگاه داده NCEP^۲

این پایگاه توسط یکی از زیرشاخه های 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. داده های این پایگاه به دو صورت روزانه و ماهانه ارائه می شوند. دقت مکانی این پایگاه داده ۲/۵ در ۲/۵ درجه است (عینی و همکاران، ۱۳۹۷).

۲-۲-۳. پایگاه داده MERRA^۳

این پایگاه توسط مرکز مدلسازی و داده گزاری سازمان فضایی و هوانوردی ملی آمریکا ارائه شده است. هدف از ایجاد این پایگاه بهبود در شناخت چرخه هیدرولوژی می باشد و اطلاعات اقلیمی مختلف به صورت شبکه بندی 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 داده های بارش

برای بررسی دقت پارامتر بارش، سری اعداد مورد مطالعه باید همگن باشد. همگنی داده ها موجب می گردد که پس از محاسبه برخی پارامترهای آماری مانند میانگین، اندازه های سری مورد مطالعه آن پارامتر با مقدار پارامتری که از یک سری همگن فرضی به دست می آید، تفاوت معنی داری نداشته باشد. در این تحقیق، به منظور بررسی روند و همگنی داده های بارش، از آزمون های من-کندال، من-وینتی و نرمال استاندارد استفاده شد.

۲-۴. شاخص های ارزیابی داده های مشاهداتی و پایگاه داده های بارش

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

۳. نتایج

۳-۱. بررسی همگنی داده های بارش

به منظور بررسی همگنی و روند در سری داده های مینیمم دما، ماکزیمم دما و بارش، از آزمون همگنی نرمال استاندارد با $\alpha=0.05$ ، آزمون ران تست با $\alpha=0.05$ و آزمون Z من-کندال استفاده شد. جدول ۲ مقادیر P-Value برای $\alpha=0.05$ را برای پارامتر بارش به دو روش نرمال استاندارد و ران تست نشان می دهد.

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 کاملاً 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 $-2/58 < Z < +2/58$ 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	$\left(\frac{\sum_{i=1}^n (P_{obs,i} - \bar{P}_{obs})(P_{sim,i} - \bar{P}_{sim})}{[\sum_{i=1}^n (P_{obs,i} - \bar{P}_{obs})^2]^{0.5} [\sum_{i=1}^n (P_{sim,i} - \bar{P}_{sim})^2]^{0.5}} \right)^2$
۲	RMSE	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{obs,i} - P_{sim,i})^2}{n}}$
۳	NSE	$1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_{obs,i} - P_{sim,i})^2}{\sum_{i=1}^n (P_{obs,i} - \bar{P}_{obs})^2}$
۴	RE	$\frac{\sum_{i=1}^n P_{obs,i} - P_{sim,i} }{\sum_{i=1}^n P_{obs,i}} \times 100$
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 (رفوف و همکاران ۱۴۰۱).

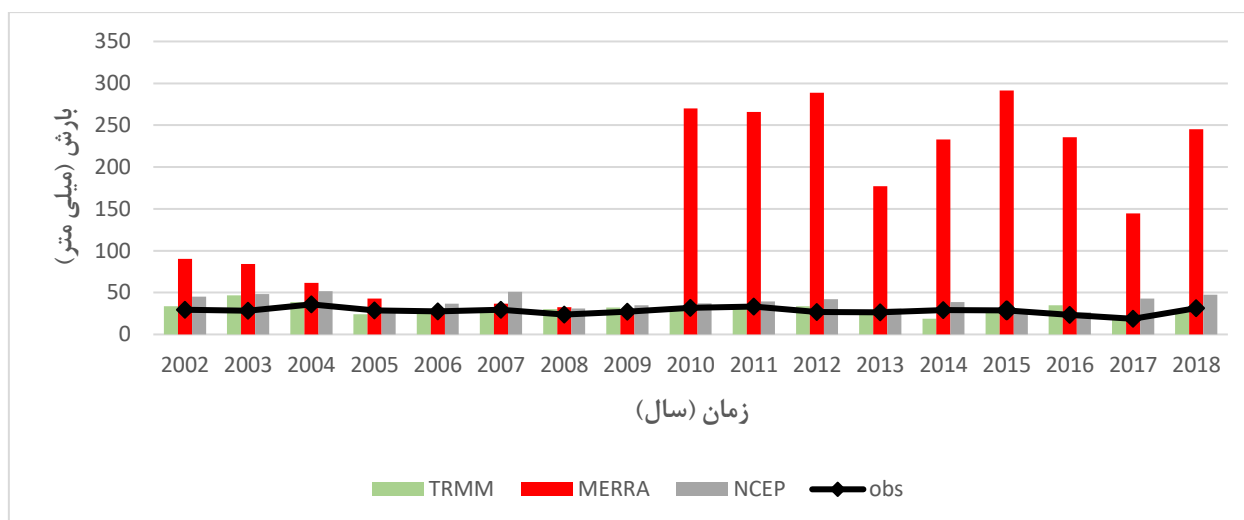
جدول ۲. نتایج آزمون همگنی نرمال استاندارد و ران تست با $\alpha = 0/05$

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

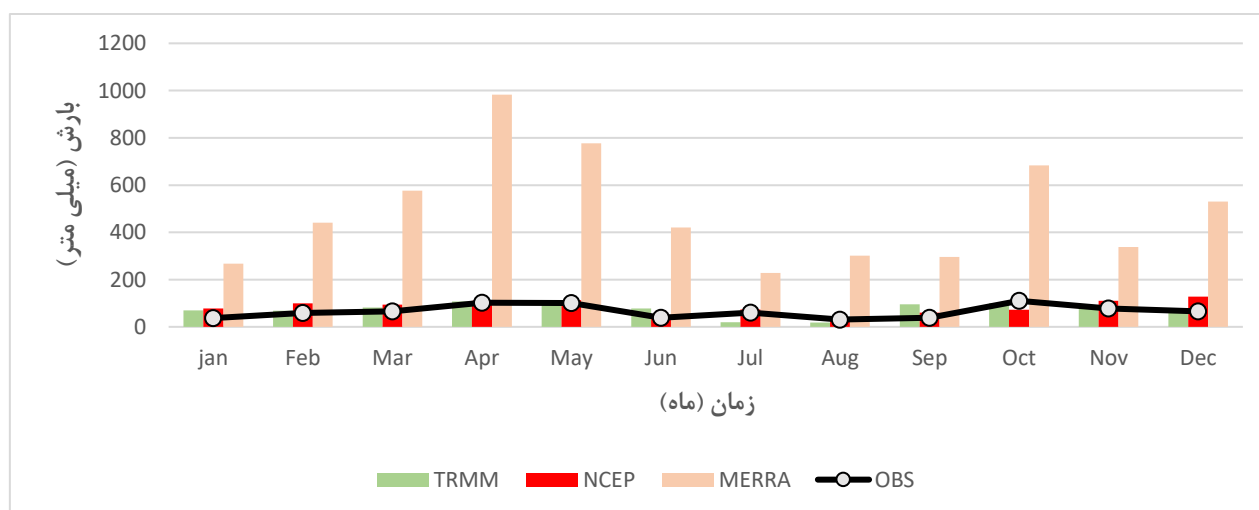
به منظور ارزیابی دقت بارش پایگاه داده‌های جهانی در ابتدا میانگین ماهانه بارش حوضه و میانگین بارش پایگاه‌های مورد نظر در مقیاس‌های زمانی مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۲ میانگین ماهانه مقادیر بارش اندازه‌گیری شده و استخراج شده از پایگاه داده‌های جهانی TRMM، NCEP و MERRA، برای سال‌های آماری ۲۰۰۲ تا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

در ادامه بیشینه بارش ماهانه، مستخرج از پایگاه داده های جهانی TRMM، NCEP و MERRA و داده های مشاهداتی برای کل دوره مذکور مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت. شکل ۳ بیشینه بارش ماهانه اندازه گیری شده و مستخرج از پایگاه های داده های جهانی مورد مطالعه را نشان می دهد. همان طور که از شکل (۳) مشخص است پایگاه داده MERRA در تمامی ماه ها بارش را بیشتر از سایر پایگاه ها برآورد کرده است. پایگاه داده NCEP و TRMM عملکرد به نسبت بهتری دارد. به نظر می رسد، عدم واقعی بودن داده های پایگاه MERRA در سال های بعد از ۲۰۱۰، باعث شده است که میانگین دراز مدت بیشینه بارش ماهانه، در این ایستگاه نسبت به مقادیر اندازه گیری شده و دو ایستگاه دیگر به مراتب بیشتر باشد.



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

برای بررسی دقت پایگاه های داده های جهانی از ۵ پارامتر R^2 ، RMSE، NSE، RE و GMER استفاده شد. پارامتر R^2 بین صفر (ضعیف ترین) تا یک (بهترین)، پارامتر NSE بین منفی بی نهایت (ضعیف ترین) تا ۱، پارامتر RE بین صفر (ضعیف ترین) 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 پایگاه داده جهانی			دوره زمانی	نام پارامتر
NCEP	TRMM	MERRA		
۰/۶۶۳۵	۰/۶۰۴۲	۰/۵۳۰۹	ماهانه	R ²
۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۳۳	روزانه	
۱۵/۳۲	۱۲/۶۲	۲۶۰/۵۵	ماهانه	RMSE (mm)
۷/۳۴	۴/۳۱	۲۲/۹۰	روزانه	
۰/۵۷۳	۰/۶۶۷	-۵۱/۱۶	ماهانه	NSE (-)
-۰/۴۲	-۰/۲۸	-۵۲/۵۸	روزانه	
۴۵/۰۰	۴۱/۸۶	۷۶۵/۰۳	ماهانه	RE (%)
۲۳/۳۵	۱۹/۶۵	۲۴۱/۳۵	روزانه	
۰/۷۳۱	۰/۹۹۴	۰/۰۹۶	ماهانه	GMER (-)
۰/۶۵۸	۰/۸۸۳	۰/۰۶۵	روزانه	

بر اساس جدول ۳، تمامی پایگاه‌های داده‌های جهانی در مقیاس ماهانه بهتر از روزانه عمل نموده‌اند. ضریب تبیین (R²) 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 TRMM، MERRA 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 TRMM، MERRA 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.

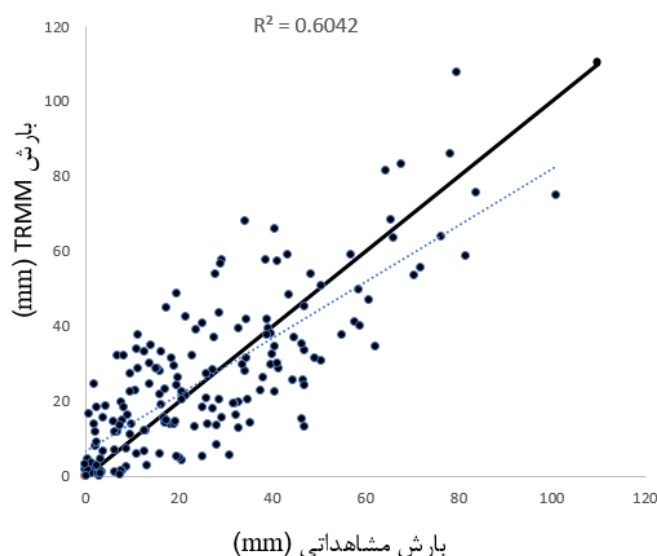
همان طور که از جدول ۲ مشخص است، پایگاه داده MERRA نسبت به پایگاه داده‌های TRMM و NCEP عملکرد بسیار ضعیف‌تری دارد. اما در بررسی کلی مشخص می‌شود که پایگاه TRMM نسبت به پایگاه‌های دیگر کارایی بهتری در حوزه آبریز مورد مطالعه دارد.

۳-۳. نمودار پراکنش داده مشاهداتی و اطلاعات پایگاه های جهانی

جهت بررسی و ارزیابی میزان تطابق منابع بارش پایگاه داده های جهانی با داده های مشاهداتی، نمودار پراکنش بارش، بصورت مجزا برای هر پایگاه در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ ترسیم شد. سپس ارزیابی پایگاه داده ها و داده های مشاهداتی با شاخص های 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 شاخص های 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 می باشند. شاخص RE مقداری بالا است. ضریب GMER ماهانه نشان می دهد که پایگاه داده جهانی TRMM دارای بیش برآوردی ضعیفی می باشد. این پایگاه داده جهانی، مقادیر بارش ماهانه را به صورت بسیار خوب تخمین می زند و داده های بارش ماهانه قابل استنادی را تولید می کند. علت تخمین خوب پایگاه TRMM در مقیاس ماهانه این است که این پایگاه داده جهانی، مقادیر بارش بالاتر را بهتر برآورد می نماید. در بارش های کمتر دریافتی ماهواره دچار خطا شده و مقادیر بارش را با خطای بالا ثبت و ارسال می کنند.



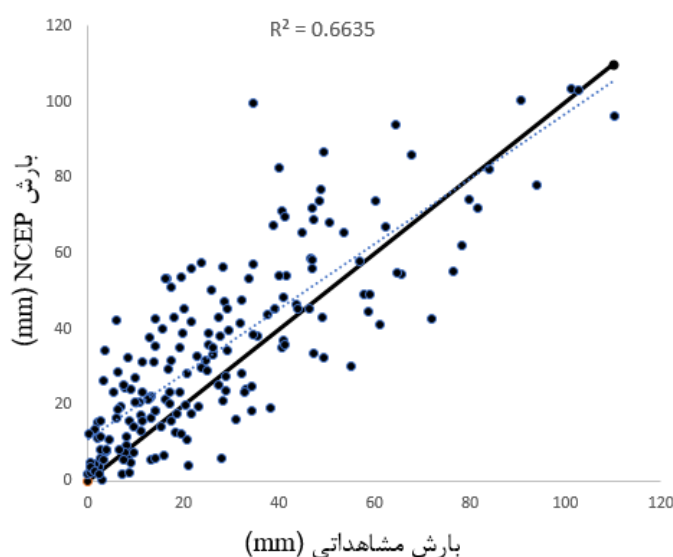
شکل ۴. عملکرد پایگاه داده TRMM در تخمین بارش

در سطح روزانه پارامترهای ارزیابی نشان می دهد که پایگاه داده جهانی TRMM قابل استناد نمی باشد. نتایج تحقیق محمدی و محمودی (۱۳۹۷) نیز حاکی از برتری تخمین بارش ماهانه نسبت به روزانه توسط پایگاه TRMM می باشد. عبداللهی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش نمودند که در حوزه آبریز گرگانرود، پایگاه داده های جهانی TRMM کم تخمینگر می باشند، در حالی که پایگاه داده های 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 3B43-TRMM 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 عزیززاده (۲۰۱۷) در بررسی دقت پایگاه داده جهانی TRMM-3B43 V7 در تولید داده‌های 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، ۰/۳۴، ۰/۴۲، ۰/۳۳ 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 می‌تواند بیان گردد. عینی و همکاران (۱۳۹۷) نتیجه‌گیری نمودند که در حوزه آبریز مهارلو، پایگاه CRU در ماه‌های سرد سال، بارش را کمتر از مقادیر مشاهداتی برآورد کرده است و پایگاه NCEP CFSR همخوانی خوبی با داده‌های مشاهداتی داشته است.

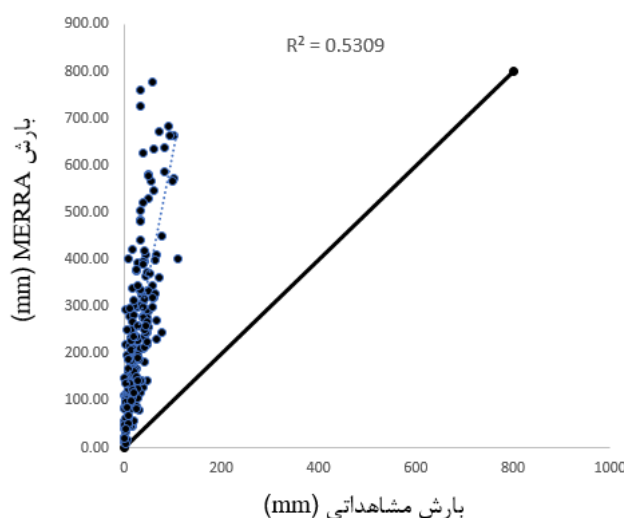


شکل ۵. عملکرد پایگاه داده NCEP در تخمین بارش

پ) پایگاه داده MERRA

این منبع بارش نیز یکی از پایگاه های 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 داده های 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 می باشد. شکل ۶ پراکنش داده های بارش اندازه گیری شده و مستخرج از پایگاه داده جهانی MERRA را نشان می دهد.

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 می باشد، اما مقادیر RMSE، NSE، RE و GMER همگی نشان می دهند که پایگاه MERRA عملکرد بسیار ضعیفی نسبت به دو پایگاه قبلی دارد. تنها ضریب R^2 در دوره ماهانه قابل قبول می باشد. ضریب GMER برای این پایگاه نشان می دهد 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. مهم ترین دلیل بیش برآوردی شدید پایگاه جهانی بارش MERRA، برآورد مقادیر بارش بسیار بالاتر از واقعیت، توسط این پایگاه بعد از سال ۲۰۱۰ می باشد. علت چنین برآوردی نمی تواند خطای پایگاه داده جهانی MERRA ذکر گردد زیرا در سال های قبل از ۲۰۱۰ برآورد این پایگاه از داده های بارش قابل قبول می باشد. در ایستگاه نیر (ایستگاه مورد مطالعه)، دلایل دیگری باعث شده است که از سال ۲۰۱۰ به بعد داده های 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 مطالعه ای روی حوزه آبریز کشف رود در استان خراسان رضوی نتیجه گیری نمودند که داده های 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. نتیجه گیری

در تحقیق حاضر کارایی پایگاه‌های MERRA، NCEP و TRMM مورد بررسی 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, Espírito 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., Garcia-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.