نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۲۰، خرداد - تیر ۱۴۰۵، ص. ۲۱۷-۲۰۸

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 20, Jun.-Jul. 2026, p. 208-217

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی کارایی پایگاه‌های داده بارش برای حوضه‌های آبریز کوچک (مطالعه موردی:حوضه آبریز کارده)

فائزه عظیمی[۱]، فرشته مدرسی[۲]*، حسین بانژاد[۳]، سید علیرضا عراقی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۰

چکیده

پایگاه‌های داده بارش یکی از منابع ارزشمند برای تامین داده در مناطقی هستند که دارای کمبود اطلاعات مشاهداتی می‌باشند. با این وجود، کارایی اطلاعات دریافتی از این پایگاه‌ها معمولا در مقیاس‌های بزرگ مورد ارزیابی قرار گرفته است. از این رو در مطالعه حاضر، عملکرد سه پایگاه داده بارش شامل GPCC، MSWEP و TerraClimate در تخمین بارندگی ماهانه در حوضه آبریز کارده مورد ارزیابی قرار گرفته است. بدین منظور، داده‌های بارش شش ایستگاه زمینی فعال در منطقه گردآوری و با داده‌های ماهانه این سه پایگاه طی یک دوره زمانی۳۰ ساله از ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ مقایسه شدند. برای تحلیل دقت این پایگاه داده‌ها از چهار شاخص آماری شامل ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب کارایی نش-ساتکلیف (NSE)، ضریب تعیین (R^2) و ضریب باقی مانده (CRM) استفاده شد. همچنین به منظور تبیین دقیق‌تر نتایج، از نمودارهای عنکبوتی برای بررسی همبستگی ماهانه، نمودارهای جعبه‌ای برای مقایسه توزیع شاخص‌ها و نمودار تیلور برای تحلیل ترکیبی خطا و انحراف معیار استفاده گردید. نتایج حاصل نشان داد که مقدار شاخص‌های ارزیابی پایگاه داده GPCC شامل RMSE، CRM، NSE و R^2 برای متوسط حوضه آبریز کارده به ترتیب ۷/۵۱، ۰/۰۷-، ۰/۷۱ و ۰/۷۴ می‌باشد که بالاترین همخوانی را با داده‌های مشاهداتی داشته و عملکرد بهتری نسبت به دو پایگاه دیگر ارائه داده است. پایگاه داده MSWEP عملکرد متوسط و قابل قبول داشت، در حالی که TerraClimate در بازنمایی ویژگی‌های آماری بارش منطقه از دقت کمتری برخوردار بود. براین اساس، استفاده از داده‌های پایگاه GPCC برای مطالعات بارش در مقیاس حوضه‌ای در حوضه آبریزکارده پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بارش، حوضه کارده، GPCC، MSWEP، TerraClimate

مقدمه

در کشورهای درحال توسعه، مانند ایران، یکی از محدودیت‌های اصلی پژوهش‌ها در زمینه هواشناسی و علوم آب نبود و یا کمبود اطلاعات پایه نظیر دما و بارش است. این کمبود شامل مواردی نظیر کوتاه بودن طول سری زمانی و یا زیاد بودن فاصله ایستگاه‌ها از نظر مکانی است. در سال‌های اخیر با پیشرفت تکنولوژی امکانات بسیاری اعم از توسعه داده‌های اقلیمی جهانی براساس داده‌های ایستگاهی یا مشاهداتی زمینی، اطلاعات سنجش از دور و مدل‌های عددی به وجود آمده است. اغلب داده‌های این پایگاه‌ها نسبت به داده‌های ایستگاهی از دقت کمتری برخوردارند اما مهم‌ترین برتری این داده‌ها، پوشش کامل مکانی و سری زمانی بدون خلأ آنها می‌باشد (حسینی‌موغاری و همکاران، ۱۳۹۵).

بارش یکی از مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی است که اندازه‌گیری دقیق این پارامتر نقش مهمی در مدیریت منابع آب، مدل سازی و مطالعه تغییرات اقلیمی دارد. در سال‌های اخیر تعدادی از مراکز تحقیقات جهانی داده بارندگی را برای کل جهان به صورت شبکه‌ای با وضوح نسبتا مناسب ارائه نموده‌اند(حسینی‌موغاری و همکاران، ۱۳۹۷). پایگاه‌های داده اقلیمی عموما از طریق ایستگاه‌های زمینی، اطلاعات ماهواره‌ای، مدل‌های عددی و یا ترکیبی از آن ها حاصل می‌شوند و با تفکیک مکانی منطقه‌ای یا جهانی و تفکیک زمانی چند ساعته تا ماهانه توسعه یافته‌اند. میزان دقت اطلاعات این پایگاه‌ها در

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول، ایمیل: fmodaresi@um.ac.ir Email:)
DOI: 10.22034/idj.2025.557274.2641

دست سنجش و بررسی است و تا به امروز پایگاه داده‌ای که بتواند اطلاعات بارش را با دقت قابل قبول برای کل زمین ارائه دهد، معرفی نشده است (حسینی‌موغاری و همکاران، ۱۳۹۷). بدین منظور در تحقیقات گسترده‌ای در سراسرجهان، دقت داده‌های این پایگاه‌ها مورد ارزیابی قرارگرفته است.

پایگاه داده GPCC به عنوان یکی از معتبرترین منابع داده‌های بارش مبتنی بر ایستگاه‌های زمینی، مورد توجه بسیاری از پژهشگران قرارگرفته است. در همین راستا، در ایران نخستین بررسی‌ها روی GPCCتوسط مسعودیان و همکاران انجام شد که دقت این پایگاه را در مقایسه با داده‌های مشاهداتی، به ویژه در ماه‌های پربارش، قابل قبول گزارش کردند (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳). در پژوهشی مشابه دقت داده‌های این پایگاه در مناطق کوهستانی کشور مورد تایید قرار گرفت (میری و همکاران، ۱۳۹۴). در همین زمینه، کتیرایی بروجردی و همکاران پایگاه داده GPCC را به عنوان منبعی معتبر برای تخمین بارش در ایران معرفی نمودند (Katiraie-Boroujerdy., 2016). در مطالعه دیگری، با هدف پایش خشکسالی، عملکرد این پایگاه را نسبت به پایگاه‌های دیگر مانند CRU و APHRODITE دقیق‌تر دانستند (حسینی‌موغاری و همکاران، ۱۳۹۵). در ادامه، احمدی و همکاران با تحلیل داده‌ها در پنج استان غربی کشور، به برتری این پایگاه نسبت به GPCP، CMAP و NCEP اشاره کردند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین، در مطالعه‌ای برای برآورد بارش ماهانه در ایران، GPCC به عنوان پایگاهی با دقت مناسب انتخاب شد (اربابی سبزواری، ۱۴۰۰). صادقیان آقکندی و همکاران و نویدی نساج و همکاران نیز در مقایسه‌ای میان هشت پایگاه داده بارش، به این نتیجه رسیدند که GPCC در برخی نواحی ایران، از دقت بالاتری نسبت به سایر منابع برخورداست (صادقیان‌آقکندی و همکاران، ۱۴۰۲ و Navidi Nasaj et al., 2022). در نهایت، با ارزیابی هفت پایگاه داده بارش، استفاده از پایگاه داده GPCC را برای مطالعات اقلیمی بلندمدت در ایران پیشنهاد شد (Najafi et al., 2025). در مطالعات بین‌المللی نیز، پایگاه داده GPCC به عنوان منبعی دقیق و قابل اعتماد در بازسازی الگوهای بارشی در اقلیم‌های گوناگون شناخته شده است؛ پژهش‌های انجام شده در چین نشان داده‌اند که این پایگاه داده در مقایسه با پایگاه‌هایی نظیر GPCP، CMAP و NCEP از همبستگی بالاتری با داده‌های مشاهداتی برخوردار است و کمترین خطا را داراست (Fu et al., 2016). همچنین در تحقیقی مشابه، بررسی داده‌های بارش در اقلیم خشک بلوچستان پاکستان نیز نشان داد که این پایگاه نسبت به سایر پایگاه‌ها عملکرد بهتر و تطابق بیشتری با بارش‌های محلی دارد (Ahmad et al.,2017). در پژوهشی دیگر نیز پایگاه‌های داده ERA5، ERA5-Land، CHIRPS، PERSIANN-CDR و GPCC برای استخراج روندهای بارندگی ایران با ۸۱۷ ایستگاه مورد ارزیابی قرار گرفتند و GPCC در تشخیص جهت و شدت روندها بهتر از سایرین بهتر عمل کرد (Nouri., 2025).

علاوه بر GPCC، عملکرد پایگاه‌های دیگری همچون MSWEP و TerraClimate نیز به منظور بررسی عملکردشان در شرایط اقلیمی مختلف، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند. علیجانی و همکاران در مقایسه‌ای میان چند پایگاه داده بارش، MSWEP را گزینه‌ای قابل‌قبول برای تخمین روزانه بارش معرفی کردند (Alijanian et al., 2017). پژوهش‌های دیگری نیز دقت این پایگاه را در تحلیل شاخص‌های آماری بارش در مناطق خشک کشور تایید کردند، هرچند در برخی نواحی تمایل به بیش‌برآوردی مشاهده شده‌است (زرین و همکاران، ۱۴۰۰). همچنین، یافته‌های حاصل از یک ارزیابی جامع در مقیاس‌های زمانی مختلف نشان داد که MSWEP، به ویژه در فصول سرد، از دقت بالاتری نسبت به پایگاه‌های دیگر نظیر IMERG-FRV6، 3B43V7 و PERSIANN-CDR برخوردار است (Nozarpour et al., 2023). در ادامه این روند، پایگاه داده TerraClimate نیز به منبعی دیگر، در مطالعات اخیر مورد توجه قرار گرفت؛ داده‌های بارش این پایگاه در بررسی‌هایی که در سطح ۴۰ ایستگاه سینوپتیک کشور انجام شده است، در فصول سرد و نواحی نیمه خشک عملکرد رضایت بخشی داشته‌اند، اما در تابستان و مناطق مرطوب، کاهش قابل توجهی در دقت آن گزارش شده‌است (مقدسی و همکاران، ۱۴۰۲). همچنین، تحلیل داده‌های این پایگاه در مناطق مختلف کشور نشان داد که اگرچه TerraClimate در متغیرهایی نظیر دما و تابش خورشید از دقت بالایی برخوردار است، اما در بازنمایی دقیق الگوی بارش، در مقایسه با منابع دیگر محدودیت‌هایی دارد (Araghi et al., 2023). در مطالعه دیگری، دو پایگاه داده PERSIANN-CDR و TerraClimate در مقایسه با ۶۹ ایستگاه زمینی در لهستان مقایسه و ارزیابی شد و نتایج نشان داد که پایگاه داده TerraClimate همبستگی بالاتری با داده‌های مشاهداتی داشته و گزینه قابل اعتمادی برای مناطقی با تعداد ایستگاه کم است؛ همچنین این پایگاه داده به بهبود مطالعات اقلیمی، مدیریت و رصد خشکسالی کمک می‌کند (Sarli et al., 2025).

با توجه به نقش سدکارده در تامین آب شرب و کشاورزی شهر مشهد، پیش‌بینی دقیق جریان ورودی به آن برای مدیریت بهینه منابع آب از اهمیت بالایی برخوردار است. از آن‌جا که بارش اصلی‌ترین عامل تاثیرگذار بر جریان‌های سطحی به شمار می‌رود، دقت داده‌های بارش نقش مهمی در بهبود پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت ایفا می‌کند. با توجه به کمبود دوره زمانی داده‌های بارش مشاهداتی موجود در این منطقه، لزوم استفاده از داده‌های بارش پایگاه‌های داده در این منطقه برای انجام مطالعات اقلیمی وجود دارد. با این وجود، مطالعات پیشین به بررسی کارایی پایگاه‌های داده در مقیاس‌های

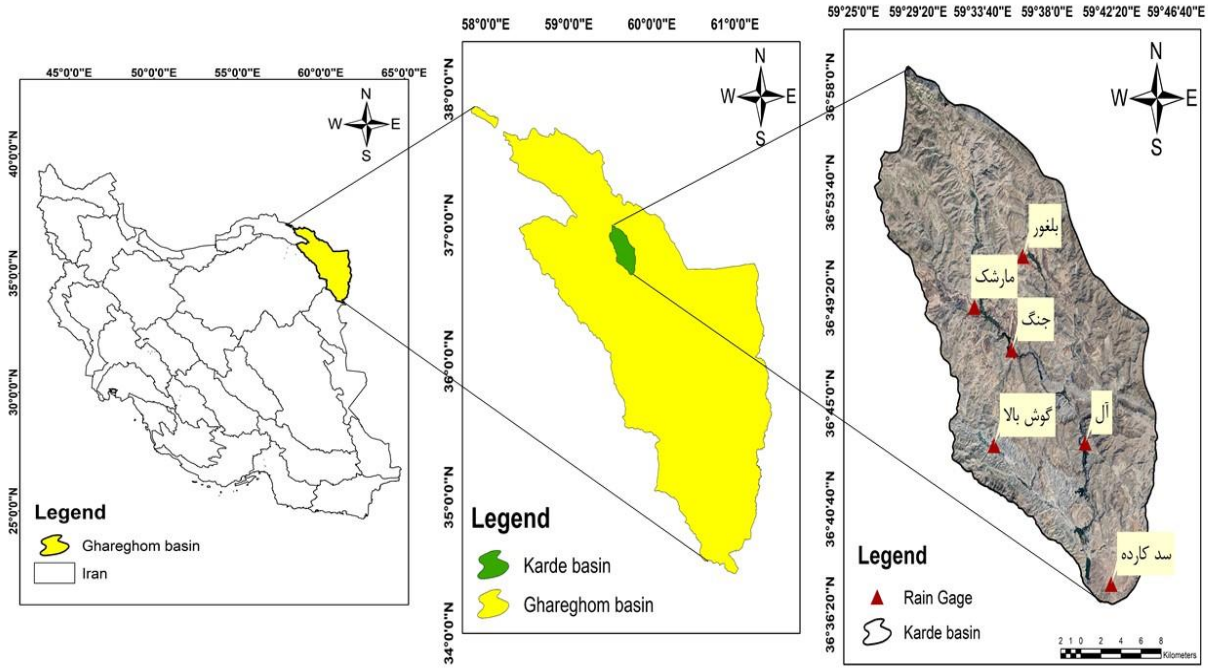
بزرگ اعم از حوضه‌ای، استانی و کشوری پرداخته‌اند. از این رو، در این پژوهش عملکرد سه پایگاه داده بارش GPCC، MSWEP و TerraClimate در بازسازی بارش ماهانه، در مقیاس یک حوضه آبریز کوچک (حوضه کارده) مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی

حوضه آبریز کارده با مساحتی حدود۶۸۰/۵ کیلومتر مربع در شمال شرق ایران و شمال استان خراسان رضوی و شمال شهرستان مشهد واقع شده است که این منطقه جزء نواحی کوهستانی و مرتفع شهر مشهد محسوب می‌شود. این حوضه از نظر موقعیت جغرافیایی، در محدوده '۲۶ °۵۹ تا '۴۴ °۵۹ طول شرقی و '۳۷ °۳۶ تا '۵۸ °۳۶ عرض شمالی قرار دارد و از زیرحوضه‌های اصلی حوضه آبریز کشف رود به شمار می‌رود. رودخانه کارده از تلاقی دو شاخه کوشک آباد و آل سرچشمه می‌گیرد سد مخزنی کارده به ظرفیت ۳۸ میلیون متر مکعب، در بخش انتهایی این حوضه و بر روی رودخانه کارده قرار دارد و تامین کننده آب آبیاری برای اراضی پایین دست حوضه و همچنین بخشی از آب شرب شهر مشهد است (شکل ۱) (دستورانی و همکاران، ۱۴۰۰).

در مطالعه حاضر داده‌های بارش شش ایستگاه باران‌سنجی در حوضه کارده (شکل ۱) با سه پایگاه داده GPCC، MSWEP و TerraClimate مورد ارزیابی قرار گرفته‌است. مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنج محدوده در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های هواشناسی آن

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مطالعاتی

نوع ایستگاه	نام ایستگاه	X-UTM	Y-UYM	متوسط بارندگی سالانه (mm)
باران‌سنجی	آل	۷۳۸۱۱۲	۴۰۶۶۸۳۰	۲۹۸/۸۹
باران‌سنجی	جنگ	۷۳۰۷۶۳	۴۰۷۳۹۰۷	۳۲۷/۲۷
باران‌سنجی	گوش بالا	۷۲۹۰۱۵	۴۰۶۶۶۴۰	۲۹۰/۴۴
باران‌سنجی	بلغور	۷۳۱۸۹۱	۴۰۸۱۰۲۲	۳۷۷/۰۶
باران‌سنجی	سد کارده	۷۴۰۶۹۰	۴۰۵۶۰۹۷	۲۴۷/۱۲
باران‌سنجی	مارشک	۷۲۷۰۶۳	۴۰۷۷۱۵۸	۳۰۶/۸۹

پایگاه GPCC

پایگاه داده GPCC درسال۱۹۸۹ به درخواست سازمان جهانی هواشناسی(WMO) ساخته شد و توسط سازمان هواشناسی آلمان اداره می‌شود. هدف اصلی این پایگاه برآوردن نیاز کاربران به داده‌های دقیق از بارش بر روی خشکی‌های جهان است. داده‌های تولید شده در GPCC براساس اندازه‌گیری‌های ایستگاهی جهان و با تفکیک‌های مکانی ۰/۲۵× ۰/۲۵، ۰/۵×۰/۵، ۱×۱ و ۲/۵×۲/۵ درجه به صورت ماهانه و قابل استفاده برای پژوهشگران است. اطلاعات بارش این پایگاه از درون‌یابی اطلاعات بارندگی ۶۷۲۰۰ ایستگاه زمینی ایجاد شده که قادر است رابطه سیستماتیک بین ارتفاع و مشاهدات ایستگاه‌ها را در نظر بگیرد و در نتیجه دقت تخمین‌ها را افزایش دهد. در حال حاضر بیش از ۸۵۰۰۰ باران سنج، برای تولید بارش جهانی شبکه‌بندی شده از داده‌های بارش GPCC استفاده می‌کنند که این آمار بالاترین میزان در میان تمام پایگاه‌های داده بارش در جهان است (مسعودیان و همکاران،۱۳۹۳و حسینی‌موغاری و همکاران،۱۳۹۵).

پایگاهMSWEP

پایگاه‌داده MSWEP در سال ۲۰۱۷ توسط Beck و همکاران معرفی شد. اطلاعات بارش این پایگاه با تفکیک‌های زمانی روزانه و ماهانه و تفکیک‌های مکانی۰/۱×۰/۱ و ۰/۵×۰/۵ درجه در وبگاه MSWEP۲۰۱۷ موجود است. برای برآورد قابل اطمینان‌تری از بارش، این پایگاه اطلاعات بارش را از ترکیب هفت پایگاه داده دیگر بدست می‌آورد. این پایگاه بارش به صورت گسترده در مطالعات هیدرولوژیکی مانند سیل و خشکسالی در مقیاس منطقه‌ای و جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (حسینی‌موغاری و همکاران،۱۳۹۷و Beck et al., 2017).

پایگاه TerraClimate

پایگاه داده TerraClimate، شامل مجموعه‌ای از داده‌های ماهانه آب و هوا و بیلان آب با تفکیک مکانی بالا (حدود ۴ کیلومتر) برای سطوح زمینی در سراسر جهان از سال ۱۹۵۸ تا ۲۰۲۴ است. این پایگاه از درونیابی، ترکیبی از نرمال‌های اقلیمی از مجموعه داده WorldClim با تفکیک مکانی بالا برای تولید مجموعه داده ماهانه بارش، حداکثر و حداقل دما، سرعت باد، فشار بخار و تابش خورشیدی استفاده می‌نماید. علاوه بر این، مجموعه داده‌های ماهانه تعادل آب سطحی را با استفاده از یک مدل بیلان آب تولید می‌کند که تبخیر و تعرق مرجع، بارش، دما و ظرفیت آب خاک قابل استخراج گیاه را در خود جای داده است (Abatzoglou et al., 2018 و مقدسی و همکاران، ۱۴۰۲).

جدول ۲- مشخصات پایگاه‌های داده بارش

نام پایگاه	تفکیک مکانی	سال داده‌های موجود	تفکیک زمانی
GPCC	۰/°۵×۰/°۵	۲۰۲۰-۱۹۵۰	ماهانه
MSWEP	۰/°۱×۰/°۱	۲۰۲۰-۱۹۷۹	ماهانه
Terraclimate	۰/°۰۴×۰/°۰۴	۲۰۲۴-۱۹۵۸	ماهانه

شاخص‌های اعتبارسنجی

از آنجا که هدف از این پژوهش ارزیابی و مقایسه بارش پایگاه‌های مورد نظر با مقادیر مشاهداتی حوضه کارده است، از چهار شاخص آماری زیر برای بررسی دقت پایگاه‌ها در مقایسه با داده‌های ایستگاهی حوضه کارده استفاده شد.

۱. ضریب کارایی نش-ساتکلیف (Nash-Sutcliffe Efficiency): این شاخص به صورت رابطه(۱) محاسبه می‌شود. دامنه تغییرات این شاخص از منفی بینهایت تا یک است و هرچه مقدار این ضریب به یک نزدیکتر باشد، مدل مورد نظر از دقت و کارایی بیشتری برخوردار است. در این رابطه O_i مقادیر اندازه‌گیری شده و P_i مقادیر برآورد شده و $\bar{O}_i$ میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده می‌باشد (عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۷).

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O}_i)^2} \quad (۱)$$

۲. ریشه میانگین مربعات خطا (Root Mean Square Error): این شاخص در واقع واریانس خطای مدل را در پیش‌بینی مقادیر واقعی نشان می‌دهد و از جنس داده‌های مورد بررسی است. مقدار این شاخص از صفر تا مثبت بی نهایت متغیر است و هرچه مقدار این شاخص ارزیابی به صفر نزدیکتر باشد نشان دهنده خطای کمتر مدل در پیش‌بینی مقادیر مشاهده‌ای است. ریشه میانگین مربعات خطا به شکل رابطه (۲) بیان می‌شود که در آن، n تعداد داده‌ها و O_i مقادیر اندازه‌گیری شده و P_i مقادیر برآورد شده هستند (میری و همکاران، ۱۳۹۴).

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

۳. ضریب باقی‌مانده (Coefficient of Residual Mass) : این شاخص که از رابطه (۳) نمایش داده می‌شود، نشان دهنده تمایل مدل برای بیش برآوردی یا کم برآوردی در مقایسه با اندازه گیری‌ها است. در این رابطه مقادیر O_i و P_i به ترتیب مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر برآورد شده هستند. در صورتی که جمع تمامی مقادیر اندازه گیری شده و پیش‌بینی شده باهم برابر شوند مقدار عددی این آماره برابر صفر خواهد بود، در حالی‌که اگر مجموع مقادیر محاسبه شده بیشتر از مشاهداتی باشد، مدل بیش برآورد بوده و شاخص CRM منفی است و اگر مجموع مقادیر محاسبه شده کمتر از مشاهداتی باشد، مدل کم برآورد بوده و شاخص CRM مثبت خواهد بود. (بافکار و همکاران، ۱۳۹۰).

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{n} O_i - \sum_{i=1}^{n} P_i}{\sum_{i=1}^{n} O_i} \quad (۳)$$

۴. ضریب تبیین(Coefficient of Determination): این شاخص که به صورت معادله(۴) محاسبه می‌شود، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی به شمار می‌رود که به صورت بی‌بعد است. هرچه مقدار این ضریب به یک نزدیکتر باشد رابطه بین دو متغیر P_i و O_i قوی تر خواهد بود. در این رابطه مقادیر O_i و P_i و $\bar{O}_i$ به ترتیب مقادیر اندازه‌گیری شده، مقادیر برآورد شده و میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده می‌باشند(امامی و همکاران، ۱۴۰۴).

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^{n}(P_i - \bar{P}_i)(O_i - \bar{O}_i)]^2}{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \bar{P}_i)^2 \sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O}_i)^2} \quad (۴)$$

یافته‌ها و بحث

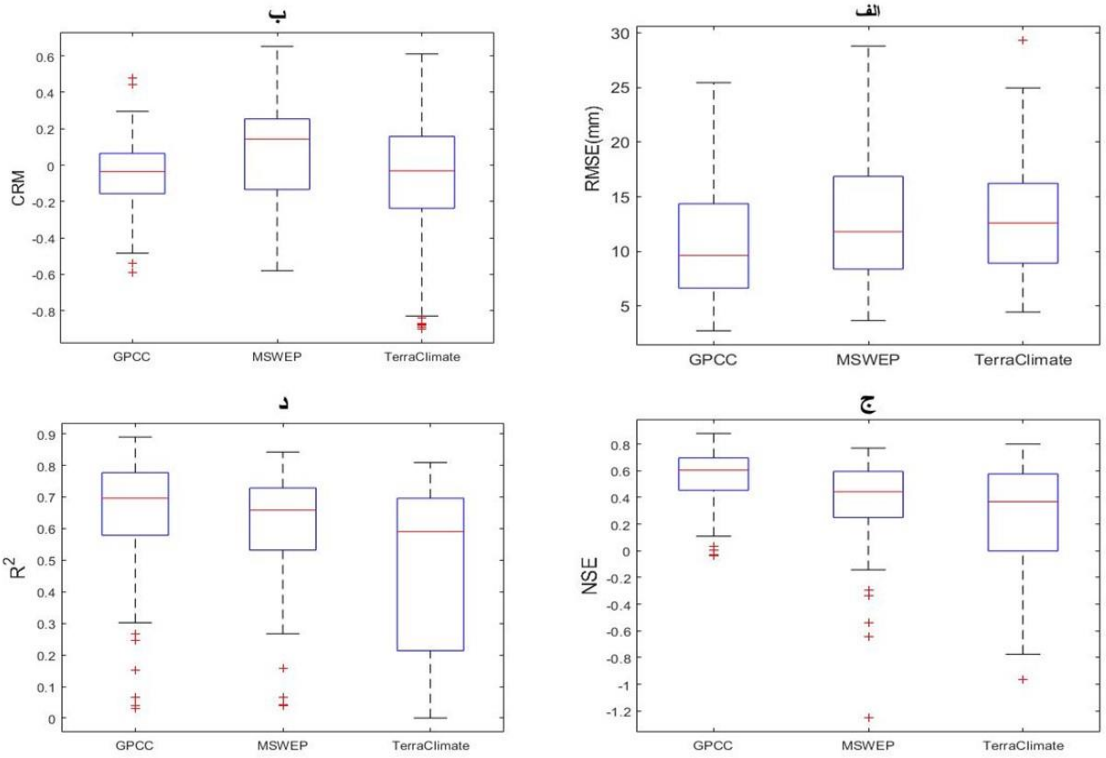
نتایج ارزیابی عملکرد پایگاه‌های داده بارش نسبت به داده‌های مشاهداتی بارش متوسط حوضه کارده بر اساس چهار شاخص خطای NSE، RMSE، CRM و R^2 (جدول ۳) نشان می‌دهد که پایگاه‌های داده GPCC و MSWEP در اغلب ماه‌ها، با مقادیر بالاتر NSE و R^2 و مقادیر کمتر RMSE، عملکرد بهتری در بازنمایی تغییرات بارش نسبت به TerraClimate داشته‌اند.

جدول ۳- شاخص‌های آماری سه پایگاه داده بارش در مقایسه با متوسط حوضه کارده به صورت ماهانه

Precipitation Database	Performance Metrics	Months											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
GPCC	NSE	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۸۶	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۲۹	۰/۶۸	۰/۷۰	۰/۸۸	۰/۷۶
	RMSE	۶/۹۸	۱۲/۲۰	۱۰/۴۷	۱۲	۱۰/۲۸	۷/۷۹	۵/۶۴	۴/۲۹	۳/۰۵	۶/۱۵	۵/۱۷	۶/۲۱
	CRM	۰/۰۲	۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۳	-۰/۰۸	-۰/۱۵	-۰/۳۹	-۰/۲۱	-۰/۱۰	۰/۰۸	۰	۰/۰۴
	R^2	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۸۸	۰/۷۹	۰/۸۲	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۳۰	۰/۶۹	۰/۸۱	۰/۸۹	۰/۷۹
MSWEP	NSE	۰/۳۵	۰/۶۶	۰/۷۲	۰/۴۸	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۵۸	۰/۳۲	۰/۵۴	۰/۴۵	۰/۶۱	۰/۲۸
	RMSE	۱۲	۱۴/۶۲	۱۴/۶۹	۱۷/۱۱	۱۱/۱۲	۶/۶۶	۵/۹۴	۴/۲۱	۳/۶۸	۸/۴۲	۹/۲۴	۱۰/۸۱
	CRM	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۱۹	-۰/۰۱	-۰/۲۱	-۰/۳۷	-۰/۳۷	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۳۷
	R^2	۰/۶۹	۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۶۲	۰/۷۱	۰/۸۰	۰/۷۴
TerraClimate	NSE	۰/۷۹	۰/۶۹	۰/۸۰	۰/۶۲	۰/۵۰	۰/۶۱	-۰/۲۹	-۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۳۲	۰/۴۸
	RMSE	۶/۸۲	۱۳/۹۷	۱۲/۵۱	۱۴/۶۶	۱۵/۹۵	۸/۶۴	۱۰/۳۶	۵/۵۷	۵/۲۳	۱۰/۷۱	۱۲/۱۳	۹/۲۰
	CRM	۰/۰۶	۰/۰۸	-۰/۰۴	-۰/۰۴	-۰/۰۵	-۰/۲۲	۰/۷۴	-۰/۸۷	-۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۱۵
	R^2	۰/۸۱	۰/۷۳	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۷۲	۰/۶۰	۰/۷۴

از نظر شاخص CRM، مقادیر مثبت در برخی ماه‌ها بیانگر بیش‌برآوردی و مقادیر منفی نشان‌دهنده کم‌برآوردی داده‌ها در مقایسه با متوسط حوضه مورد مطالعه است.در داده‌های پایگاه TerraClimate، مقادیر CRM در بیشتر ماه‌ها منفی بوده که نشان دهنده تمایل این پایگاه به کم‌برآوردی میزان بارش نسبت به متوسط حوضه کارده است. به طورکلی، نتایج نشان می‌دهد که هردو پایگاه داده GPCC و MSWEP توانایی بالایی در بازتولید الگوهای بارش منطقه‌ای دارند؛ با این حال، پایگاه داده GPCC به دلیل مقادیر بالاتر شاخص‌های NSE و R^2 و مقادیر کمتر RMSE در بیشتر ماه‌ها، عملکرد دقیق‌تر و پایدارتری نسبت به MSWEP ارائه داده است. همچنین از نمودارهای جعبه‌ای (شکل ۲) برای نمایش توزیع مقادیر شاخص‌های ارزیابی در ایستگاه‌های مطالعاتی حوضه کارده و تحلیل مقایسه‌ای دقت و پایداری پایگاه‌های داده مورد بررسی، استفاده شده است. با توجه به شکل۲ می‌توان گفت که پایگاه داده GPCC باکمترین مقدار خطا و بالاترین مقادیر ضریب نش_ساتکلیف و همبستگی و CRM بسیار نزدیک به صفر، نه تنها دقت بالایی در بازتولید الگوی بارش در مقیاس ایستگاهی دارد، بلکه پایداری عملکرد آن نیز قابل توجه است. پایگاه داده MSWEP در اکثر شاخص‌های

ارزیابی، عملکرد ضعیف‌تری نسبت بـه GPCC از خـود نشـان داده و دارای بیشترین خطا است و با بررسی مقدار شاخص CRM تمایل به بیش‌برآوردی بارش در آن مشـاهده مـی‌شـود. همچنـین پایگـاه داده TerraClimate علیرغم برخی مقادیر میانه قابل قبول، با پراکندگی و وجود مقادیر پرت، از همگنی و سازگاری کمتری در سطح ایستگاه‌هـا برخوردار بوده است.



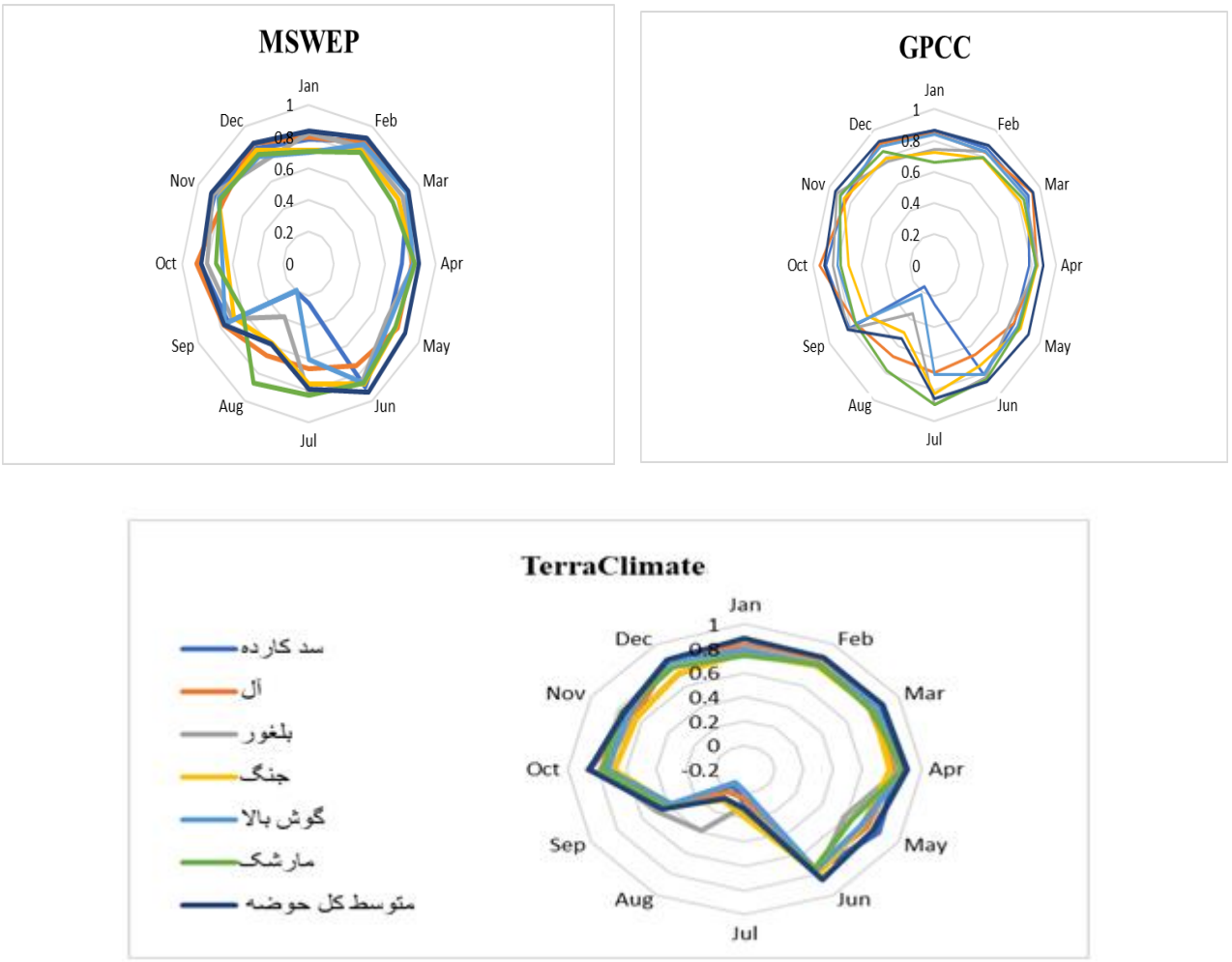
شکل ۲- نمودارهای جعبه‌ای شاخص‌های ارزیابی برای مقایسه عملکرد پایگاه‌های داده بارش الف) ریشه میانگین مربعات خطا ، ب) ضریب باقی مانده ج) نش-ساتکلیف، د) ضریب تبیین

علت عملکـرد ضـعیف‌تـر ایـن پایگـاه در مقایسـه بـا GPCC و MSWEP در این است که TerraClimate از داده‌های ایستگاه‌های زمینی اسـتفاده نمـی‌کنـد در حـالی‌کـه دو پایگـاه دیگـر از داده‌هـای ایستگاهی نیز بهره می‌برند. از این‌رو، به‌طور مشخص مشاهده می‌شود که در ماه‌های تابستان که تقریبا منطقه بدون بارش است دقت نتـایج براین اساس این پایگاه پایین و مدل بیش‌برآورد اسـت یعنـی مقـادیر بارش غیر از صفر را تخمین زده است. همچنین، با وجود آنکه پایگـاه MSWEP از داده‌های زمینی نیز بهره می‌برد، از آنجایی که خروجـی آن از ترکیب هفت پایگاه داده دیگر بدسـت مـی‌آیـد، خطـای بـرآورد تمامی پایگاه‌ها در نتایج آن اثرگذار خواهد بود و دقت نتایج را کـاهش مـی‌دهـد. از ایـن‌رو، پایگـاه داده GPCC کـه تنهـا بـر اسـاس آمـار پایگاه‌های زمینی و میانیابی آنها داده بارش تولیـد مـی‌کنـد، از دقـت مناسب‌تری نسبت به دو پایگاه دیگر برخوردار اسـت و مناسـب‌تـرین منبع داده برای تخمین بارش ماهانه در این حوضه می‌باشد.

با مقایسه نمودارهای عنکبوتی ارائه شده در شکل۳ که به تفکیک برای هر ایستگاه مطالعاتی ترسیم شده است، مشخص مـی‌شـود کـه پایگاه داده GPCC در بیشتر ماه‌ها به ویژه فصـل زمستان(دسـامبر و فوریه)، همبستگی بالاتری با داده‌های مشاهداتی حوضـه کـارده دارد؛ اما در فصل تابستان (به ویـژه مـاه‌هـای ژوئیـه و اکتبـر)، همبسـتگی کاهش قابل توجهی یافته و این کاهش می‌تواند به دلیل بـارش‌هـای محلـی و بـا مقیـاس کوچـک در فصـل گـرم سـال باشـد. پایگـاه دادهMSWEP نیز در نیمه اول سال عملکرد مناسـبی از خـود نشـان داده اما در ماه‌های تابستان مجدد همبستگی کاهش پیدا مـی‌کنـد. در مقابل TerraClimate همبستگی یکنواخت‌تری درطول سال دارد، اما در بیشتر ماه‌ها مقدار آن از دو پایگاه داده دیگر کمتر اسـت. ایـن امـر نشان می‌دهد که پایگاه داده بارش GPCC در بازسازی الگوی بارش ماهانه حوضه کارده از دقت بیشتری برخوردار است.

به منظور ارزیابی دقت داده‌های بارش ماهانه سه پایگاه داده مورد نظر در مقایسه با متوسط کل حوضه آبریز، از نمودار تیلور نیز اسـتفاده شد (شکل۴). این نمودار امکان بررسی هم‌زمان سـه شـاخص آمـاری

شامل ضریب همبستگی(Correlation)، انحراف معیار (Standard Deviation) و ریشه میانگین مربعات خطا(RMSE) را فراهم می‌سازد. مطابق با نتایج ارائه شده در نمودار، داده‌های پایگاه GPCC نزدیکترین موقعیت را به داده‌های مشاهداتی دارد؛ این امر نشان‌دهنده بیشترین تطابق آماری با داده‌های واقعی و در نتیجه عملکرد بهتر GPCC در بازسازی الگوی بارش حوضه است. پایگاه داده MSWEP نیز با قرارگیری در موقعیتی نسبتا نزدیک، از دقت قابل قبولی برخوردار بوده، اما نسبت به پایگاه GPCC در بازتولید دامنه نوسانات بارش، عملکرد ضعیف‌تری دارد. در مقابل، پایگاه داده TerraClimate در فاصله دورتری از داده‌های مشاهداتی قرار گرفته و با وجود همبستگی نسبتا بالا، به دلیل انحراف معیار کمتر و RMSE بالاتر، توانایی محدودتری در بازنمایی دقیق بارش منطقه مورد مطالعه از خود نشان داده است.

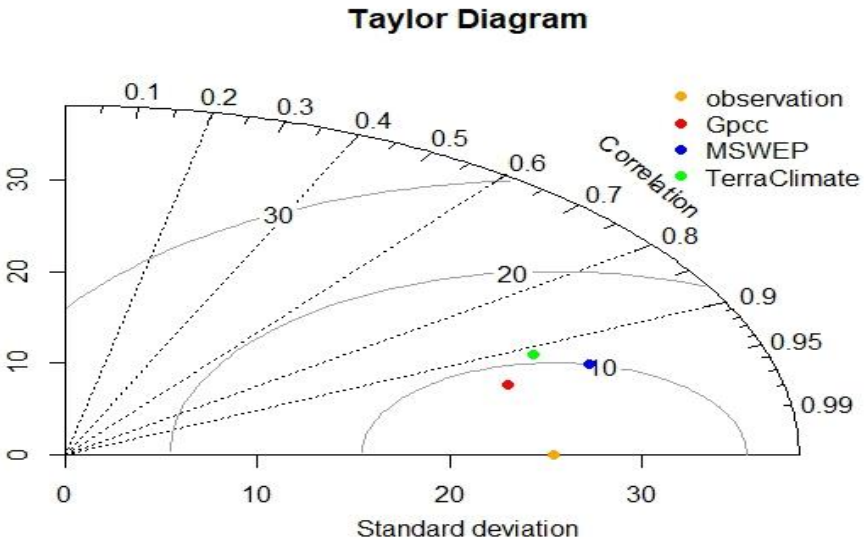


شکل ۳- نمودارهای عنکبوتی همبستگی ایستگاه‌های حوضه کارده با سه پایگاه داده

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف سنجش دقت و کارایی سه پایگاه داده بارش با نام‌های GPCC، MSWEP و TerraClimate در تخمین بارندگی ماهانه در حوضه آبریز کارده انجام گرفت. برای این منظور، داده‌های شش ایستگاه باران‌سنجی موجود در منطقه به عنوان مبنای مقایسه قرار گرفت و با استفاده از شاخص‌های آماری RMSE، CRM، NSE و R^2، عملکرد هریک از پایگاه‌ها ارزیابی شد. نتایج حاصل از نمودارها نشان داد که پایگاه GPCC در اغلب ایستگاه‌ها و در بیشتر شاخص‌های ارزیابی، بیشترین تطابق را با داده‌های مشاهداتی داراست. این پایگاه نه تنها از نظر آماری دارای کمترین میزان خطا (RMSE) و بیشترین میزان ضریب تعیین(R^2) بود، بلکه در نمودار تیلور نیز موقعیت نزدیک‌تری به نقطه مرجع (داده‌های مشاهداتی) داشت. پایگاه داده MSWEP عملکردی نسبتا مناسب ولی متغیر از خود نشان داد، در برخی ایستگاه‌ها نزدیک به GPCC عمل کرده اما

در سایر موارد دارای خطای بالاتری بـود. در مقابـل، TerraClimate به دلیل ناتوانی در بازنمایی دقیق نوسانات بارش و بروز خطا، عملکرد ضعیف تری نسبت به سایر پایگاه‌ها داشت. بـه صـورت کلـی، نتـایج حاصل از تحلیل‌هـا حـاکی از برتـری نسـبی پایگـاه داده GPCC در تخمین بارش ماهانه در مقایسه با سایر پایگاه‌های داده بوده و استفاده از آن برای مطالعات اقلیمـی در مقیـاس حوضـه‌ای در منطقـه کـارده توصیه می‌شود.



شکل ٤- نمودار تیلور داده مشاهداتی و سه پایگاه داده بارش در حوضه کارده

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از شـرکت آب منطقـه‌ای خراسـان‌رضـوی بـه دلیـل فراهم‌سازی داده‌های بارش حوضه آبریز کارده و نیز دانشگاه فردوسی مشهد که زمینه انجام این پژوهش را فراهم ساخت، صمیمانه قدردانی و تشکر می‌شود.

منابع

اربابی سبزواری، آ. ۱۴۰۰. پایش فصلی خشکسالی در کشور با استفاده از داده‌های شبکه‌ای CRU. فصلنامه جغرافیای طبیعـی، ۱۳(۵۲): ۴۵-۶۳.

احمدی، م.، کاویانی، ج.، کارآراسـته، پ. و فرجـی، ز. ۱۳۹۸. ارزیـابی آمـاری داده‌هـای بـارش CMAP، GPCP، GPCC و NCEP-NCAR با داده‌هـای مشـاهداتی در اسـتان‌هـای البـرز، قـزوین، زنجان، کردسـتان و همـدان. نشـریه آبیـاری و زهکشـی ایـران، ۱۳(۶): ۱۸۹۶-۱۸۷۹.

امامی، س.، دربنـدی، ص.، قربـانی، م. و صـمدیان فـرد، س. ۱۴۰۴. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر تـراز آب زیرزمینـی بـا اسـتفاده از مـدل بهینه‌سازی ازدحام اسپرم(مطالعه موردی: آبخوان دشـت شبسـتر). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۹(۱): ۱۵-۲۸.

بافکار، ع.، برومند نسب، س.، بهزاد، م. و فرهادی بانسوله، ب. ۱۳۹۰. پیش‌بینـی پتانسـیل تولیـد ذرات دانـه‌ای رقـم704C در منطقـه ماهیدشت کرمانشاه با استفاده از مدل شبیه‌سازی رشـد محصـول WOFOST. مجله علـوم گیاهـان زراعـی ایـران، ۴۲(۴): ۸۰۸-۷۹۹.

حسینی‌موغاری، م.، عراقی نژاد، ش. و ابراهیمـی، ک. ۱۳۹۵. ارزیـابی پایگاه‌هـای جهـانی داده‌هـای بـارش و کـاربرد آن‌هـا در پـایش خشکسالی(مطالعه موردی کرخه). نشـریه هواشناسـی کشـاورزی، ۴(۲): ۱۴-۲۶.

حسینی‌موغاری، م.، عراقی نژاد، ش. و ابراهیمـی، ک. ۱۳۹۷. معرفـی پایگاه‌های بارش شبکه بندی شده جهـانی. آب و توسـعه پایـدار، ۵(۲):۱۵۳-۱۶۲.

دستورانی، م.، حاجی‌بیگلـو، م. و شـجاعی، ح. ۱۴۰۱. شناسـایی نـوع تغییـرات کـاربری اراضـی موجـود در بسـتر سـیلاب رودخانـه و تاثیرگـذار بـرروی کیفیـت آب مخـزن سـد، مطالعـه مـوردی: سزشاخه‌های بالا دست سد مخزنی کارده. مجله جغرافیا و توسعه.

۲۰(۶۶): ۲۵۵-۲۸۲.

زرین، آ. و داداشی رودباری، ع. ۱۴۰۰. بررسی دوره بازگشت و احتمال رخداد بارش در ایران براساس پایگاه داده بارش همادی-وزنی چند منبع (MSWEP). جغرافیا و مخاطرات محیطی. (۴۰): ۲۲۷-۲۰۹.

صادقیان آقکندی، م.، رضایی، ح.، خلیلی، ک. و احمدی، ف. ۱۴۰۲. کاربرد داده‌های شبکه‌ای CRU و GPCC در تحلیل خشکسالی‌های بلند مدت حوضه آبخیز دریاچه ارومیه. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۳۰(۳): ۱۲۵-۱۰۷.

عبدالهی، خ.، بیاتی، س. و نصراصفهانی، م.ع. ۱۳۹۷. بررسی توزیع مکانی رواناب و تغذیه آب زیرزمینی در طبقه‌های اراضی و شیب حوزه آبخیز ونک. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۱(۴): ۸۷۸-۸۶۶.

مسعودیان، ا.، کیانی، ک. و رعیت پیشه، ف. ۱۳۹۳. معرفی و مقایسه پایگاه داده اسفزاری با پایگاه داده GPCC ، GPCP و CMAP. تحقیقات جغرافیایی، ۲۹(۱(پیاپی ۱۱۲)): ۷۳-۸۷.

مقدسی، ف.، مقدسی، م. و قلعه نی، م. ۱۴۰۲. ارزیابی زمانی و مکانی پایگاه های جهانی بارش (حوضه‌های آبریز درجه دو ایران). نشریه مدیریت آب و آبیاری، ۱۳(۴): ۹۰۸-۸۸۹.

میری، م.، رضیئی، ط. و رحیمی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی و مقایسه آماری داده‌های بارش TRMM و GPCC با داده‌های مشاهده‌ای در ایران. فیزیک زمین و فضا، ۴۲(۳): ۶۵۷-۶۷۲.

Abatzoglou, J. T., Dobrowski, S. Z., Parks, S. A. and Hegewisch, K. C. 2018. TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. Scientific data. 5(1): 1-12.

Ahmed, K., Shahida, S., Ali, R. O., Harun, S. B. and Wang, X. J. 2017. Evaluation of the performance of gridded precipitation products over Balochistan Province, Pakistan. Desalination and Water Treatment. 79: 73-86.

Araghi, A., Martinez, C.J. and Adamowski, J.F. 2023. Evaluation of TerraClimate gridded data across diverse climates in Iran. Earth Sci Inform. 16: 1347–1358.

Alijanian, M., Rakhshandehroo, G.R., Mishra, A.K. and Dehghani, M. 2017. Evaluation of satellite rainfall climatology using CMORPH, PERSIANN-CDR, PERSIANN, TRMM, MSWEP over Iran. Int. J. Climatol. 37: 4896-4914.

Beck, H. E., Van Dijk, A. I., Levizzani, V., Schellekens, J., Miralles, D. G., Martens, B. and De Roo, A. 2017. MSWEP: 3 hourly 0.25 global gridded precipitation (1979-2015) by merging gauge, satellite, and reanalysis data. Hydrology and Earth System Sciences. 21(1): 589-615.

Fu, Y., Xia, J., Yang, W., Xu, B., We, X., Chen, Y. and Zhang, H. 2016. Assessment of multiple precipitation products over major river basins of China, Theoretical and Applied Climatology. 123(3): 11-22.

Katiraie-Boroujerdy, P.S., Nasrollahi, N., Hsu, K.L. and Sorooshian, S. 2016. Quantifying the reliability of four global datasets for drought monitoring over semiarid region. Theor. Appl. Climatol. 123: 387-398.

Navidi Nassaj, B., Zohrabi, N., Nikbakht Shahbazi, A. and Fathian, H. 2022. Evaluating the performance of eight global gridded precipitation datasets across Iran. Dyn. Atmos. Oceans. 98: 101297.

Najafi, M.S., Alizadeh, O. and Sauter, T. 2025. Evaluation of gridded precipitation datasets over Iran. Journal of Hydrology: Regional Studies. 58: 102234.

Nozarpour, N., Mahjoobi, E. and Golian, S. 2023. Statistical assessment of IMERG-FRV6, MSWEP, TRMM-3B43V7, and PERSIANN-CDR satellite precipitation in monthly, seasonal, and annual time-scale over Iran. 10.21203/rs.3.rs-3067176/v1.

Nouri, M. 2025. Unveiling precipitation trend characteristics in changing poorly-gauged regions: Leveraging alternative raster sources. Water Resources Management. 39(3): 1129-1147.

Sarli, R., Nasiri, V., Hawryło, P. and Socha, J. 2025. Evaluating the accuracy of the global precipitation products: a time-series analysis in Poland. Climate Dynamics. 63(3): 1-19.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 20, Jun.-Jul. 2026, p. 208-217

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۲۰، خرداد - تیر ۱۴۰۵، ص. ۲۱۷-۲۰۸

Performance Assessment of Precipitation Databases for Small Watersheds (Case Study: Kardeh Watershed)

F. Azimi[1], F. Modaresi[2]*, H. Banejad[3], A. Araghi[2]
Recived: Nov.03, 2025 Accepted: Dec.31, 2025

Abstract

Rainfall databases are valuable sources of information for regions with limited observational records. However, the performance of these datasets has typically been assessed at large spatial scales. Therefore, the present study evaluated the performance of three rainfall databases GPCC, MSWEP and TerraClimate for estimating monthly precipitation in the Kardeh watershed. For this purpose, rainfall data from six active ground stations in the studied area were collected and compared with the monthly data of the three databases over the period 1990–2019. To assess their accuracy, four statistical indices including Root Mean of Square Error (RMSE), Nash–Sutcliffe efficiency (NSE), coefficient of determination (R^2), and Coefficient of Residual Mass (CRM) were applied. In addition, spider charts were used to examine monthly correlations, box plots to compare the distribution of indices, and a Taylor diagram to analyze the combined error and standard deviation. The results showed that the GPCC database exhibited the best agreement with the observational data, with RMSE, CRM, NSE, and R^2 values of 7.51, -0.07, 0.71 and 0.74, respectively, demonstrating superior performance compared with the other two datasets. MSWEP provided moderate and acceptable performance, whereas TerraClimate showed lower accuracy in representing the statistical characteristics of regional rainfall. Accordingly, the use of GPCC data is recommended for precipitation studies at the watershed scale in the Kardeh watershed.

Keywords: GPCC, MSWEP, Kardeh Basin, Precipitation, Terra Climate

1- M.Sc. Student of Water Resources, Department of Water Science and Engineering, Faclty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3- Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: Fmodaresi@um.ac.ir)