



ارزیابی داده‌های ماهواره‌ای TRMM، PERSIANN-CDR، GPM و CHIRPS جهت تخمین بارش در

محدوده مطالعاتی تالاب جازموریان

آیدا طیبیان^۱، فرزانه قادری نسب^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۰

چکیده

محاسبه اجزای بیلان آب در در حوضه‌های آبریز و تالاب‌ها یکی از چالش‌های اساسی پژوهشگران منابع آب می‌باشد. اندازه‌گیری دقیق بارش به عنوان مؤلفه‌ای مهم در محاسبات بیلان با توجه به تغییرپذیری زیاد مکانی و زمانی و محدودیت تعداد ایستگاه‌های باران‌سنجی در مقیاس‌های منطقه‌ای دشوار می‌باشد. منطقه مطالعاتی این پژوهش تالاب جازموریان علیرغم وسعت قابل ملاحظه، فاقد هر گونه ایستگاه هواشناسی و تبخیرسنجی می‌باشد. با پیشرفت فن‌آوری سنجش از دور و راداری، مجموعه متنوعی از داده‌های بارش جهت مدلسازی و برنامه‌ریزی در اختیار محققان است. در این مطالعه ۴ پایگاه داده بارندگی شامل GPM، CHIRPS، PERSIANN-CDR و TRMM جهت ارزیابی دقت برآورد بارش در حوضه آبریز جازموریان مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج داده‌های ماهواره‌ای در ۷۰ ایستگاه زمینی با استفاده از آماره‌های R^2 ، $NRMSE$ ، $RMSE$ ، MAE و MBE مقایسه شدند. نتایج ارزیابی داده‌های بارش ماهواره‌ای نشان داد در ایستگاه‌های مطالعاتی به طور متوسط ضریب Rp بین ۰/۷ تا ۰/۸۱، ضریب R^2 بین ۰/۵۱ تا ۰/۶۵، شاخص $NRMSE$ بین ۱۰/۵۶ تا ۱۲/۸۷، شاخص $RMSE$ بین ۱۸/۰۳ تا ۲۲/۹۸، شاخص MAE بین ۹/۳۱ تا ۱۱/۱۴ و شاخص MBE بین ۰/۱۸ - تا ۰/۶۴ متغیر می‌باشند. همچنین بر اساس آماره‌های Rp و R^2 داده‌های بارش GPM در ایستگاه‌های مورد مطالعه بهترین عملکرد را داشته و بعد از آن داده‌های TRMM در رتبه بعدی قرار دارد. همچنین نتایج مطالعه نشان داد داده‌های بارش CHIRPS و PERSIANN-CDR عملکرد قابل قبولی دارند. نتایج مقایسه مقادیر بارش‌های برآورد شده با استفاده از سنجش از دور و درون‌یابی ایستگاه‌ها در حوضه آبریز جازموریان نشانگر بیش‌برآوردی بارش در محدوده تالاب توسط تمام ماهواره‌های مورد بررسی نسبت به روش درون‌یابی ایستگاه‌های داخل حوضه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بارش، بیلان آب، سنجش از دور، TRMM، PERSIANN-CDR، GPM، CHIRPS

مقدمه

زیاد کمیت بارش در مکان و زمان، پایش آن در مقیاس‌های منطقه‌ای به وسیله ایستگاه‌های زمینی دشوار می‌باشد. از این‌رو استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با تفکیک مکانی بالا توصیه می‌شود (Du et al., 2024). اما لازم است قبل از استفاده از این داده‌ها، دقت زمانی و مکانی آنها ارزیابی شود (Li et al., 2019). پایش بارش در این مناطق بر دقت اندازه‌گیری بر روی این منابع عظیم چرخه هیدرولوژی تأثیرگذار است؛ بنابراین عدم پایش در فاصله‌های زمانی کوتاه و احیاناً عدم وجود

بارش یک پارامتر بسیار مهم در چرخه هیدرولوژی است که زندگی بدون آن امکان‌پذیر نیست (Fang et al., 2013). متغیر بارش نقش بسیار مهمی در مطالعات هیدرومتئورولوژی و کشاورزی دارد. بنابراین اندازه‌گیری و تخمین بارندگی در سطح منطقه‌ای در جهت درک صحیح از آب و چرخه انرژی مؤثر می‌باشد (Kim et al., 2017). با توجه به تغییرپذیری

*نویسنده مسئول: ghaderifarzane@gmail.com

^۱ استادیار، گروه عمران، موسسه آموزش عالی کرمان، کرمان، ایران
^۲ دکتری علوم و مهندسی آب، کارشناس منابع آب، شرکت آب منطقه ای کرمان

نحوه ارجاع مقاله:

طیبیان، آ.، قادری نسب، ف. ۱۴۰۵. ارزیابی داده‌های ماهواره‌ای TRMM، PERSIANN-CDR، GPM و CHIRPS جهت تخمین بارش در محدوده مطالعاتی تالاب جازموریان. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۴(۱): ۵۹-۵۰. DOI: 10.22125/agmj.2025.482175.1176
Tayebian, A., Qaderi Nasab, F. M. 2026. Evaluation of TRMM, PERSIANN-CDR, GPM and CHIRPS satellite data to estimate rainfall in the Jazmorian wetland region. Journal of Agricultural Meteorology, 14(1): 50-59. DOI: 10.22125/agmj.2025.482175.1176

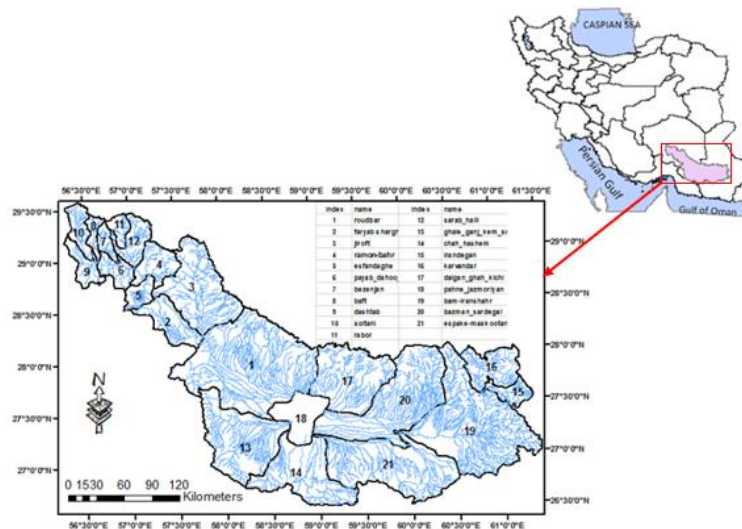
است بارش به عنوان مهم‌ترین مؤلفه بیلان از طریق ماهواره‌ها و داده‌های سنجنده‌های سنجش از دوری مورد ارزیابی قرار گیرد و در صورت عملکرد قابل قبول به عنوان داده‌های کمکی مورد استفاده قرار گیرد. در این مطالعه ۴ مجموعه داده پرکاربرد باران شامل GPM، CHIRPS، PERSIANN-CDR و TRMM جهت ارزیابی دقت برآورد بارش در حوضه آبریز جازموریان و تخمین بارش در تالاب جازموریان مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز جازموریان

حوضه آبریز هامون- جازموریان با مساحت ۶۹۳۷۴/۸ کیلومترمربع بخشی از حوضه مسدود میانی در جنوب شرق ایران واقع بوده و جزء حوضه‌های آبریز اصلی فلات مرکزی ایران به شمار می‌آید. این حوضه در مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی در بین استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان واقع شده است. شکل ۱ محدوده‌های مطالعاتی حوضه آبریز هامون جازموریان، موقعیت حوضه در استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان را نشان می‌دهد.

ایستگاه از مشکل‌های همیشگی کاربران داده‌های بارش است. به علاوه در صورت موجود بودن آمار، به دلایل مختلفی از جمله حساسیت دستگاه، اشتباه کاربر یا خرابی دستگاه آمارها از دقت خوبی برخوردار نیستند، بنابراین داده‌های راداری منابع مناسبی برای واسنجی داده‌های باران سنجی می‌باشد، اما آنها هم مشکلاتی از قبیل نیازمندی به تأسیسات گران‌قیمت، داشتن خطاهای معنی‌دار، ناهمگنی داده‌های جمع‌آوری شده و خطای بازتاب پذیری، به نرخ بارندگی و محدودیت پوشش مکانی دارند (Li et al., 2014). این در حالی است که ایستگاه‌های همدیدی (سینوپتیک) و باران‌سنجی موجود به خوبی در مناطق مختلف توزیع نشده‌اند و فاصله آن‌ها بر اساس قوانین خاصی نیست (Turk and Miller, 2005). در مقابل سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای با داشتن دیدی وسیع و متمرکز با جمع‌آوری، ذخیره و توزیع داده و همچنین داشتن قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالا به پایش مناطق عاری از باران سنج می‌پردازند (Kidd and Levizzani, 2011). لازم به ذکر است مشکل اساسی در محاسبه اجزای بیلان در پهنه‌های آبی و به ویژه در پهنه جازموریان عدم وجود داده‌ها و متغیرهای لازم می‌باشد. این در حالی است که محدوده مطالعاتی تالاب جازموریان با توجه به وسعت قابل ملاحظه فاقد هر گونه ایستگاه باران‌سنجی، هیدرومتری و تبخیرسنجی می‌باشد. در این مطالعه سعی شده



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز جازموریان و محدوده‌های مطالعاتی آن نسبت به کشور ایران

Figure 1- Location of Jazmuriyan watershed and its study areas in Iran Country

است. رابط برنامه‌نویسی به کاربران امکان ایجاد و اجرای الگوریتم‌ها را می‌دهد. تجزیه و تحلیل به صورت موازی بر روی سرورهای گوگل انجام می‌شود، بنابراین روند اجرایی بطور قابل توجهی سریع است (Xiong et al., 2017; Amani et al., 2020; Anderson et al., 2020). این امر باعث می‌شود که محاسبات در مقیاس جهانی با سهولت قابل توجهی نسبت به محاسبات بر روی رایانه شخصی انجام شود. تصاویر را می‌توان از GEE در قالب GeoTIFF یا TFRecord ذخیره کرد. GEE اجازه می‌دهد تا تصاویر خام یا پردازش شده، موزاییک‌های نقشه، جدول‌ها و فیلم‌ها از Earth Engine به حساب Google Drive کاربر، به Google Cloud Storage یا Asset در GEE ذخیره شوند. برای کار با سامانه ارث انجین نیاز به هیچ داده‌ای نیست. در حقیقت این سامانه تمامی داده‌های موردنیاز کاربران را بصورت پردازش شده در دسترس کاربران قرار داده است. برای هر کاربردی به راحتی می‌توان داده‌های موردنیاز را فراخوانی و با سرعت بالایی انواع پردازش‌ها را بر روی آن اجرا کرد (Firpi, 2016; Maure et al., 2022).

روش استخراج داده‌ها در گوگل ارث انجین

در این مطالعه استخراج داده‌های بارش ماهواره‌ای به صورت کدنویسی با زبان برنامه‌نویسی JavaScript در محیط گوگل ارث انجین انجام شده است. در کدنویسی باید محدوده زمانی مورد مطالعه، موقعیت مکانی مورد بررسی (نقطه یا محدوده پلیگونی)، فرمت داده (نقشه رستری، گراف، داده با فرمت txt و همچنین نوع ماهواره مورد بررسی در نظر گرفته شود. در این مطالعه جهت ارزیابی دقت داده‌های ماهواره‌ای کدنویسی به صورت کلی برای استخراج داده‌های روزانه صورت پذیرفته است. در گوگل ارث انجین داده‌های روزانه GPM با عبارت «NASA.GPM_L3.IMERG_V06»، داده‌های روزانه ماهواره TRMM با عبارت «RMM.3B42»، داده‌های ماهواره CHIRPS با عبارت «UCSB CHG.CHIRPS.DAILY»، داده‌های روزانه ماهواره NOAA.PERSIANN-CDR با عبارت «CDR» قابل فراخوانی می‌باشند. با توجه به اینکه در این

هامون جازموریان با توجه به حوضه آبریز رودخانه‌ها و مسیل‌ها، به ۲۱ محدوده مطالعاتی تقسیم شده است. از حیث مساحت در بین ۳۰ حوضه آبریز درجه دو کشور، رتبه چهارم را به خود اختصاص داده است. از نظر تقسیمات کشوری ۵۱ درصد آن در استان کرمان و ۴۹ درصد آن در استان سیستان و بلوچستان واقع گردیده است.

پایگاه‌های بارش ماهواره‌ای

در سال‌های اخیر، روش‌های مختلفی برای تخمین بارش با استفاده از مشاهدات ماهواره‌ای ارائه شده است. برآورد بارش به صورت ماهواره‌ای با ترکیب داده‌های به دست آمده از حسگرهای حساس به طیف‌های مادون قرمز، ماکروویو و غیره انجام می‌گیرد. در مطالعه حاضر از چهار محصول پرکاربرد در این حوضه شامل، بازیابی‌های یکپارچه چند ماهواره‌ای GPM (GPM-IMERG)، بارش فروسرخ گروه مخاطرات اقلیمی با داده ایستگاهی (CHIRPS)، تخمین بارش با اطلاعات سنجش از راه دور با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، داده ثبت شده اقلیمی (PERSIANN-CDR) و مأموریت اندازه‌گیری بارندگی حاره‌ای TRMM استفاده شد. در جدول ۱ اطلاعات کلی در مورد محصولات ارائه شده و در ادامه به بررسی هر یک از آنها پرداخته شده است.

جدول ۱- محصولات بارش داده‌های ماهواره‌ای

Table 1-Rainfall products of remote sensig

products	Available time scale	Time scale (hour)	Spatial accuracy (degree)
IMERG ¹	2000-Present	0.5	0.1×0.1
CHIRPS ²	1981-Present	24	0.05×0.05
PERSIANN CDR ³	1983-Present	24	0.25×0.25
TRMM ⁴	1998-2019	3	0.25×0.25

گوگل ارث انجین (GEE)

گوگل ارث انجین یک بستر مبتنی بر اینترنت است که تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های برداری ماهواره‌ای، سری زمانی، محاسبات مبتنی بر ابر و دسترسی به نرم‌افزار و الگوریتم‌های پردازش چنین داده‌هایی را ارائه می‌دهد. مجموعه داده‌ها در برگزیده بیش از ۴۰ سال تصاویر ماهواره‌ای برای کل جهان

^۲ <https://www/ncei/noaa/gov/data/precipitation-persiann/>

^۳ <https://disc.gsfc/nasa/gov/dataset/TRMM3B427/summary>

^۱ <https://GPM/nasa/gov/data/directory>

^۲ <https://data/chc/ucsb/edu/products/CHIRPS-2/0/>

تحقیق کد به صورت کلی نوشته شده است، به منظور بررسی داده‌های بارش هر ماهواره فقط نام داده بارشی در متن کد تغییر پیدا می‌کند و کد اجرا می‌شود. همچنین قابل ذکر است موقعیت مکانی مورد بررسی به صورت مختصات جغرافیایی ایستگاه زمینی در کد تدوین شده، لحاظ شد. با توجه به اینکه گوگل ارث انجین در هر بار اجرا کد حداکثر می‌تواند ۵۰۰۰ رکورد ارائه دهد و از طرفی با توجه به اینکه تعداد داده‌ها در سری زمانی مورد بررسی در این مطالعه (۱۹۹۸/۰۱/۰۱ تا ۲۰۱۹/۱۲/۳۱) بیشتر از ۵۰۰۰ رکورد می‌شد، کد تدوین شده در دو دوره اجرا شد. محدوده زمانی در نظر گرفته برای دوره اول (۱۹۹۸/۰۱/۰۱ تا ۲۰۱۰/۱۲/۳۱) و محدوده زمانی در نظر گرفته شده برای دوره دوم (۲۰۱۱/۰۱/۰۱ تا ۲۰۱۹/۱۲/۳۱) بود. در نهایت دو سری داده‌های استخراج شده پشت سر یکدیگر قرار گرفتند و بررسی داده‌ها صورت پذیرفت. بدیهی است جهت حصول نتایج دقیق عملکرد ماهواره بهتر است همبستگی داده‌های گره‌های مجاور با داده‌های ایستگاهی بررسی و سپس بهترین ماهواره انتخاب شود. در این مطالعه با توجه به اینکه در اقدامی مشابه توسط Shirvani and Fakhari Zade Shirazi (2014) جهت ارزیابی داده‌های TRMM نزدیکترین گره به محل ایستگاه مبنای مقایسه قرار داده گرفته بود، نزدیکترین گره به ایستگاه زمینی در نظر گرفته شد. قابل ذکر است می‌توان نتایج اجرای کد را در محیط گوگل ارث انجین به فرمت گراف و یا تصویر مشاهده نمود. همچنین جهت ذخیره سازی نتایج در سیستم کامپیوتر فرمت‌های CSV، SVG، PNG قابل انتخاب شدن می‌باشند. در این مطالعه فرمت CSV در نظر گرفته شده است. پس از دانلود داده‌ها با فرمت مورد نظر می‌توان آنها در محیط اکسل فراخوانی نمود و با استفاده از داده‌های زمینی در همان نقطه مورد ارزیابی قرار داد. با توجه به اینکه در تعدادی از مطالعات صورت گرفته، قدرت پیش‌بینی داده‌های بارش ماهواره‌ای در مقیاس روزانه ضعیف گزارش شده بود (Islam et al., 2010; Javanmard et al., 2010). در این مطالعه بررسی‌ها در مقیاس ماهانه انجام شد. قابل ذکر است در این مطالعه علاوه بر اینکه در کدنویسی، موقعیت مکانی مورد بررسی به صورت نقطه‌ای (بر اساس مختصات جغرافیایی محل مورد نظر) و سری زمانی مورد مطالعه به صورت گراف قابل تعریف بود، کدنویسی

دیگری نیز برای استخراج داده‌ها در محدوده مطالعاتی تالاب نیز صورت پذیرفت به گونه‌ای که موقعیت مکانی به صورت پلیگون و داده‌ها در سری زمانی با فرمت رستر قابل دریافت بود. در این حالت بارش به صورت سری زمانی و برای در هر کدام از پکیسل‌های پلیگون معرفی شده قابل دریافت و ذخیره‌سازی است که پس از بازگشایی فایل رستری در محیط QGIS یا نرم‌افزارهای مشابه می‌توان داده‌ها را بر حسب زمان تعریف شده به روزانه، ماهانه و همچنین سالانه دریافت کرد.

داده‌های زمینی بارش

در این مطالعه داده‌های ۱۷۰ ایستگاه هواشناسی داخل حوضه آبریز جازموریان و اطراف آن مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا تعدادی از ایستگاه‌ها به دلیل تعطیل شدن ایستگاه و یا کوتاه بودن تعداد سال‌های آماری آنها در تجزیه و تحلیل‌های بعدی دخالت داده نشده‌اند. در خصوص سایر ایستگاه‌ها بررسی و تجزیه و تحلیل آمار هواشناسی صورت پذیرفت و در نهایت مقایسه آمار ایستگاه‌ها با آمار سنجش از دور صورت پذیرفت.

بررسی و تجزیه و تحلیل آمار هواشناسی

آزمون کفایت داده‌ها

حداقل طول دوره مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل آماری، دوره‌ای است که رویدادهای حدی (نظیر خشک و تر) را شامل شود. کفایت آماری، بستگی به چگونگی و قابلیت به کارگیری نتایج در سطوح آماری مختلف دارد. جهت بررسی «کافی بودن تعداد داده» یا «حافظه سری آماری» از روش ضریب هریست استفاده شد. این ضریب آماره‌ای برای سنجش کفایت اطلاعات به لحاظ طول دوره آماری است (معادله ۱).

$$K = \frac{\log\left(\frac{R}{\sigma}\right)}{\log\frac{N}{2}} \quad (1)$$

که k برابر است با تفاوت بین مقادیر مثبت و منفی انحراف از میانگین سری‌های زمانی که به صورت تجمعی محاسبه شده باشد. برای محاسبه R ابتدا باید سری S تشکیل شود (معادله ۲ و ۳).

$$S_N = \sum_{K=1}^N (X_K - \bar{X}) \quad (2)$$

$$R = S_{\max} - S_{\min} \quad (3)$$

مقادیر با استفاده از دو برچسب L و U مشخص شود که آیا از میانه بزرگتر یا کوچکتر هستند. برای مثال اگر x_i بزرگتر از m باشد، برچسب آن را U در غیراینصورت L انتخاب شود به این ترتیب توالی از برچسب‌های U و L حاصل خواهد شد که نشان می‌دهد کدام یک از مقادیر از میانه بیشتر یا کمتر هستند.

ارزیابی داده‌های ماهواره‌ای

برای تعیین میزان انطباق بارندگی برآورد شده از ماهواره با مقادیر مشاهده‌ای در ایستگاه‌ها (باران‌سنجی، تبخیرسنجی و سینوپتیک) از معیارهای آماری ضریب تعیین R^2 ، ضریب همبستگی پیرسون (R_p)، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (NRMSE)، میانگین خطای اریبی (MBE) و شاخص خطای مطلق میانگین (MAE) استفاده شد (جدول ۲).

که σ انحراف معیار سری، $\bar{X}$ میانگین سری و N تعداد اطلاعات در سری زمانی می‌باشد. مقادیر ضریب هرست برابر با ۰/۵ برای سری زمانی نشان دهنده یک سری مستقل نرمال می‌باشد. هرچه این ضریب از ۰/۵ بیشتر باشد نشان دهنده این مطلب است که حافظه بلندمدت در سری زمانی بیشتر است (Faghih et al., 2018).

آزمون همگنی داده‌ها از لحاظ تصادفی بودن

در این مطالعه آزمون توالی داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS16 انجام شد. به اینصورت که اگر داده‌های مشاهداتی به صورت $x_1, x_2, \dots, x_n$ در اختیار باشد و میانه این داده‌ها برابر m باشد، بدیهی است که نصف مقادیر از میانه بزرگتر و بقیه از میانه کوچکتر هستند. اگر برای هر یک از

جدول ۲- شاخص‌های آماری مورد استفاده

Table 2- The formulae of the developed statistical models

Statistical Indicator	Formula	Values Range	Reference
R-squared correlation (R^2)	$\frac{[\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})]^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$	0 to 1	Sahour et al., 2020
Pearson correlation coefficient (R_p)	$\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}}$	-1 to 1	(2008) Lampthey
RMSE	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}}$	0 to ∞	Chicco et al., 2021
NRMSE	$\frac{RMSE}{\frac{Max - Min}{\sum (P_i - O_i)}}$	0 to ∞	Aghelpour et al., 2022
MBE	$\frac{\sum (P_i - O_i)}{n}$	-1 to 1	Yang et al., 2019
MAE	$\frac{\sum (P_i - O_i)}{n}$	0 to ∞	Kheimi & Gutub 2015

Saicharan and Helmi and Abdelhamed, (2022)، 2021، 2020، Ranganaswamy، همخوانی دارد. در مطالعه Tang et al., 2020، نتایج بهتر داده‌های بارش GPM، به افزایش تعداد نمونه‌های میکروویو غیرفعال نسبت داده شده است. همچنین نتایج مطالعه آنها نشان داد که داده‌های بارش مستخرج از GPM در مقایسه با TRMM عملکرد بهتری دارند که مشابه نتایج حاصل شده در مطالعه فعلی است. لازم به ذکر است در نتیجه مطالعه Nwachukwu et al., (2020) استفاده از GPM به جای TRMM جهت برآورد بارش تاکید شده است، که با نتایج مطالعه فعلی همخوانی دارد.

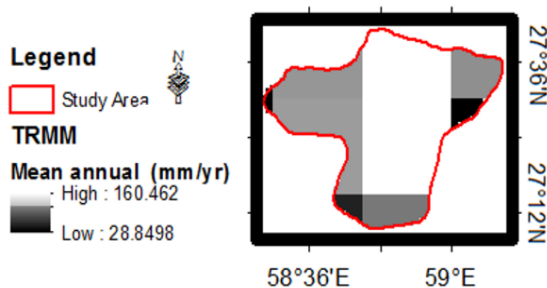
نتایج و بحث

در جدول ۳ نتایج کلی ارزیابی تخمین بارش بر اساس میانگین ایستگاه‌های مورد بررسی نشان داده شده است. به طور کلی بر اساس شاخص‌های مورد ارزیابی هر چهار ماهواره عملکرد قابل قبولی دارند. مطابق این جدول بر اساس ضریب همبستگی R^2 و همچنین ضریب همبستگی پیرسون (R_p) بهترین عملکرد به ترتیب مربوطه به داده‌های بارش GPM، TRMM، CHRIPS و در نهایت PERSIANN-CDR می‌باشد. عملکرد بهتر داده‌های بارش GPM مشاهده شده در این مطالعه با نتایج مطالعه محققانی از جمله Wei et al.,

بالاتری داشتند. مطابق جدول فوق و بر اساس شاخص‌های MAE، RMSE، NRMSE و MBE به ترتیب داده‌های بارش GPM و CHIRPS عملکرد بهتری دارند که این موضوع با نتایج مطالعات (Gao et al., (2018 و (Shalishe et al., (2024) هم‌خوانی دارد. مطابق جدول ۳ بر اساس ضریب همبستگی R^2 و همچنین ضریب همبستگی پیرسون (Rp) داده‌های بارش PERSIANN-CDR در مقایسه با سایر داده‌ها ضعیف‌ترین عملکرد بارش را داشته‌اند. که با مطالعات Beck et al., (2021)، Lockhoff et al., (2019)، et al., (2017) و (Varga et al., (2024) هم‌خوانی دارد.

استخراج بارش در سطح تالاب

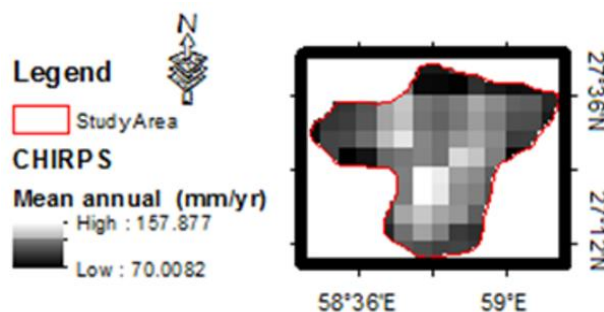
در شکل‌های ۲ تا ۵ میزان بارش در سطح تالاب جازموریان با استفاده از نتایج سنجنده‌های GPM، TRMM، CHIRPS و PERSIANN-CDR مصور گردیده است.



شکل ۳- برآورد بارش متوسط سالانه در محدوده مطالعاتی با

استفاده از TRMM

Figure 3- Estimation of mean annual rainfall in study area using TRMM



شکل ۵- برآورد بارش متوسط سالانه در محدوده مطالعاتی با

استفاده از CHIRPS

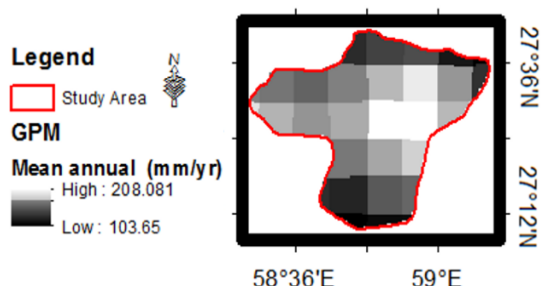
Figure 5- Estimation of mean annual rainfall in study area using CHIRPS

جدول ۳- نتایج ارزیابی عملکرد داده‌های بارش ماهواره‌ای در ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 3- Results of evaluation of Remote Sensing Rainfall Products in the studied stations

name	GPM	TRMM	CHIRPS	PERSIANN-CDR
MBE	-0.18	0.64	0.21	-0.15
MAE	9.31	10.93	9.6	11.14
Rp	0.81	0.76	0.75	0.7
RMSE	18.03	22.98	18.62	21.12
NRMSE	11.27	12.73	10.56	12.87
R^2	0.65	0.59	0.56	0.51

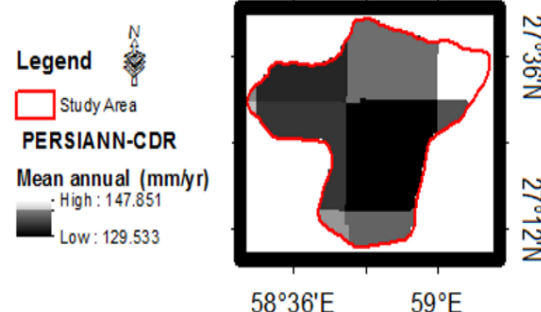
طبق جدول ۳ ضریب همبستگی R^2 و همچنین ضریب همبستگی پیرسون (Rp) برای ارزیابی TRMM در رتبه دوم قرار دارند که با نتایج مطالعات Et-Takaouy et al., 2024 هم‌خوانی دارند. در مطالعه آنها داده‌های بارش ماهواره‌ای GPM و TRMM در مقایسه با سایر داده‌های بارش دقت



شکل ۲- برآورد بارش متوسط سالانه در محدوده مطالعاتی با

استفاده از GPM

Figure 2- Estimation of mean annual rainfall in study area using GPM



شکل ۴- برآورد بارش متوسط سالانه در محدوده مطالعاتی با

استفاده از PERSIANN-CDR

Figure 4- Estimation of mean annual rainfall in study area using PERSIANN-CDR

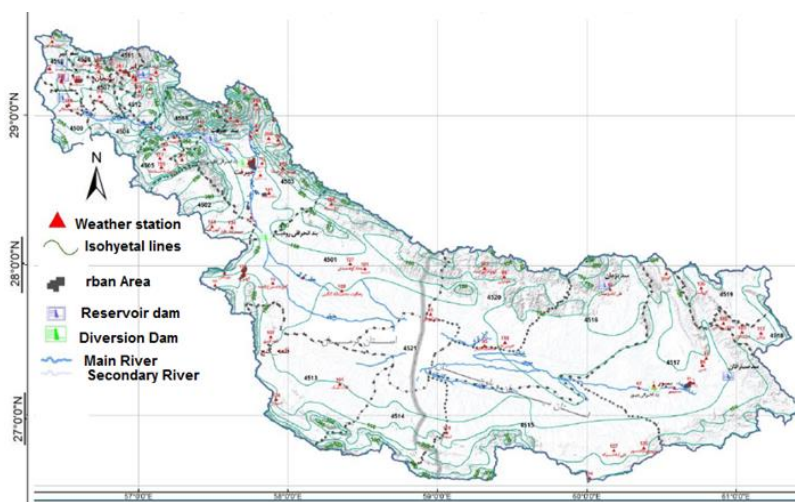
جدول ۴- برآورد بارش متوسط سالانه در محدوده مطالعاتی تالاب

جازموریان

Table 4- Estimation of Mean Annual Precipitation in the Jazmurian Wetland Study Area

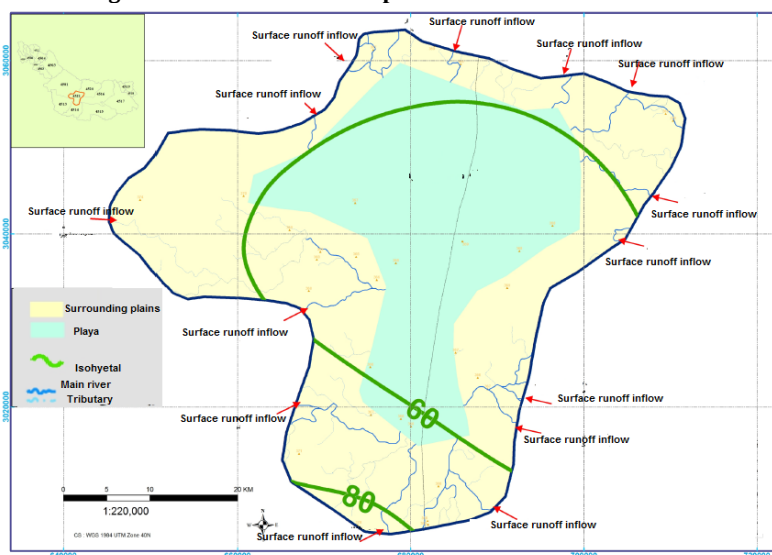
Satellite	Min	Max	Ave.	SD
GPM	103.65	208.08	154.54	25.43
TRMM	28.85	160.46	113.72	37.19
CHIRPS	70.00	157.88	116.25	18.52
PERSIANN-CDR	129.53	147.85	134.70	5.18

در جدول ۴ نتایج برآورد بارش سالانه در محدوده مطالعاتی تالاب جازموریان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای نشان داده شده است. همانطور که قبلاً گفته شده در محدوده مطالعاتی تالاب جازموریان و اطراف آن، ایستگاه باران‌سنجی و تبخیرسنجی وجود ندارد اما سعی شد با استفاده از درون‌یابی داده‌های بارش ایستگاه‌ها، میزان بارش در محدوده تالاب تخمین زده شود. در شکل ۶ خط هم پتانسیل بارش برای کل حوضه و در شکل ۷ برای محدوده مطالعاتی تالاب جازموریان نشان داده شده است.



شکل ۶- نقشه هم باران سالانه برای کل حوضه آبریز

Figure 6- Annual rainfall map for the entire catchment area



شکل ۷- نقشه هم باران سالانه برای محدوده مطالعاتی

Figure 7- Annual rainfall map for the case study

نتیجه‌گیری

مقایسه نتایج بارش حاصل از سنجش از دور با بارش محاسبه شده در محدوده تالاب جازموریان با روش درون‌یابی نشان داد که بارش سالانه با استفاده از سنجش از دور نسبت به روش‌های درون‌یابی به میزان قابل توجهی بیشتر می‌باشد. این موضوع قبلاً در مطالعات (Chen et al., 2018) مورد توجه قرار گرفته است. در مطالعه آنها محصولات بارندگی GPM و TRMM بارش ماهانه و سالانه را بیش از حد تخمین زدند در نتیجه بررسی آنها مشخص شد در روزهایی که بارندگی صفر بوده است محصولات ماهواره‌ای بارش پیش‌بینی کرده‌اند که در نهایت منجر به افزایش بارش سالانه شده است. همچنین در نتیجه مطالعه آنها مشخص شد که TRMM میزان بارش را بر روی پهنه‌های آبی به میزان قابل توجهی زیاد برآورد می‌کند. بنابراین یکی از دلایل برآورد بیش از حد بارش در محدوده تالاب این موضوع بوده که ماهواره آن را به عنوان پهنه آبی در نظر گرفته است. یکی دیگر از دلایل این تفاوت، توپوگرافی محدوده مطالعاتی تالاب جازموریان می‌باشد با توجه به اینکه تالاب در پست‌ترین محدوده حوضه قرار داشته و رواناب تمامی حوضه به سمت آن زهشکی شده و به عبارتی تراز ارتفاعی پایین‌تری نسبت به سایر زیرحوضه‌های و محدوده‌های مطالعاتی اطراف و در نتیجه موقعیت ایستگاه‌های بارانسنجی مورد بررسی در مطالعه دارد. لازم به ذکر است قبلاً در مطالعات Xu et al., 2017 عملکرد GPM و TRMM به شدت به توپوگرافی و شدت بارندگی نسبت داده شده است. همچنین در نتیجه مطالعه Partarini et al., 2024 یکی از محدودیت‌های بارش‌های ارائه شده GPM برآورد بیش از واقعیت قید شده است. لازم به ذکر است از آنجایی که دقت محصولات بارش ماهواره‌ای معمولاً تحت تأثیر نرخ بارندگی، عرض جغرافیایی و ارتفاع منطقه و همچنین تغییرات آب و هوا قرار می‌گیرد، ادغام محصولات بارش چند منبعی (ماهواره، رادار و داده‌های اندازه‌گیری شده) و اطلاعات جغرافیایی (زمین و موقعیت جغرافیایی) منجر به افزایش دقت مکانی و زمانی داده‌ها خواهد شد (Tang et al., 2020; Arshad et al., 2021; Du et al., 2024).

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی «محاسبه اجزای بیلان آب با استفاده از روش‌های نوین مطالعه موردی پهنه جازموریان» تحت قرارداد شماره ۱۱/۴۰۲ مورخ ۱۴۰۲/۴/۶ می‌باشد که با حمایت مادی و معنوی شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان صورت پذیرفته است. نگارندگان مقاله بدینوسیله مراتب قدردانی و سپاس را ابراز می‌دارند.

منابع

- Aghelpour, P., Varshavian, V., Khodamorad Pour, M., and Hamed, Z. 2022. Comparing three types of data-driven models for monthly evapotranspiration prediction under heterogeneous climatic conditions. *Scientific Reports*, 12(1), 17363.
- Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S.A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S.M., Moghaddam, S.H.A., Mahdavi, S., Ghahremanloo, M., Parsian, S. and Wu, Q. 2020. Google earth engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 5326-5350.
- Anderson, K., Fawcett, D., Cuguliere, A., Benford, S., Jones, D. and Leng, R. 2020. Vegetation expansion in the subnival Hindu Kush Himalaya. *Global Change Biology*, 26(3), 1608-1625.
- Arshad, M., Ma, X., Yin, J., Ullah, W., Ali, G., Ullah, S., and Ullah, I. 2021. Evaluation of GPM-IMERG and TRMM-3B42 precipitation products over Pakistan. *Atmospheric Research*, 249, 105341.
- Beck, H. E., Vergopolan, N., Pan, M., Levizzani, V., Van Dijk, A. I., Weedon, G. P., and Wood, E. F. 2017. Global-scale evaluation of 22 precipitation datasets using gauge observations and hydrological modeling. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(12), 6201-6217.
- Chen, C., Chen, Q., Duan, Z., Zhang, J., Mo, K., Li, Z. and Tang, G. 2018. Multiscale comparative evaluation of the GPM IMERG v5 and TRMM 3B42 v7 precipitation products from 2015 to 2017 over a climate transition area of China. *Remote Sensing*, 10(6), 944.
- Chicco, D., Warrens, M. J., and Jurman, G. 2021. The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *Peerj computer science*, 7, e623.
- Du, H., Tan, M. L., Zhang, F., Chun, K. P., Li, L., and Kabir, M. H. 2024. Evaluating the effectiveness of

- Lamprey, B. L. 2008. Comparison of gridded multisatellite rainfall estimates with gridded gauge rainfall over West Africa. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47(1), 185-205.
- Li, N., Wang, Z., Chen, X. and Austin, G. 2019. Studies of general precipitation features with TRMM PR data: An extensive overview. *Remote Sensing*, 11(1), 80.
- Li, X., Zhang, Q. and Xu, C.Y. 2014. Assessing the performance of satellite-based precipitation products and its dependence on topography over Poyang Lake basin. *Theoretical and applied climatology*, 115, 713-729.
- Lockhoff, M., Zolina, O., Simmer, C., and Schulz, J. 2019. Representation of precipitation characteristics and extremes in regional reanalyses and satellite-and gauge-based estimates over western and central Europe. *Journal of Hydrometeorology*, 20(6), 1123-1145.
- Maúre, E.D.R., Ilyushchenko, S. and Terauchi, G. 2022. A Simple Procedure to Preprocess and Ingest Level-2 Ocean Color Data into Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 14(19), 4906.
- Nwachukwu, P.N., Satge, F., Yacoubi, S.E., Pinel, S. and Bonnet, M.P. 2020. From trmm to gpm: how reliable are satellite-based precipitation data across Nigeria? *Remote Sensing*, 12(23), 3964.
- Partarini, N. M. C., Sujono, J., and Pratiwi, E. P. A. 2024. Correction and Validation of GPM-IMERG and CHIRPS Satellite Precipitation Data in the Lahor River Basin. *ARPHA Proceedings*, 7, 236-245.
- Prat, O. P., Nelson, B. R., Nickl, E., and Leeper, R. D. 2021. Global evaluation of gridded satellite precipitation products from the NOAA Climate Data Record program. *Journal of Hydrometeorology*, 22(9), 2291-2310.
- Sahour, H., Sultan, M., Vazifedan, M., Abdelmohsen, K., Karki, S., Yellich, J. A. and Elbayoumi, T. M. 2020. Statistical applications to downscale GRACE-derived terrestrial water storage data and to fill temporal gaps. *Remote Sensing*, 12(3), 533.
- Saicharan, V. and Rangaswamy, S.H. 2023. A comparison and ranking study of monthly average rainfall datasets with IMD gridded data in India. *Sustainability*, 15(7), 5758.
- Shalishe, A., Berihu, T., and Arba, Y. 2024. Performance evaluation of multi-satellite rainfall products for analyzing rainfall variability in Abaya-Chamo basin: Southern Ethiopia. *Journal of Earth System Science*, 133(3), 139.
- Shirvani, A. Fakhari Zade Shirazi, E. 2014. Comparison of ground based observation of precipitation with TRMM satellite estimations in CHIRPS data for hydroclimatic studies. *Theoretical and Applied Climatology*, 155(3), 1519-1539.
- Et-Takaouy, C., Aqnouy, M., Boukholla, A., and Stitou El Messari, J. E. 2024. Exploring the spatio-temporal variability of four satellite-based precipitation products (SPPs) in northern Morocco: a comparative study of complex climatic and topographic conditions. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 6(2), 123-144.
- Faghih H, Behmanesh J, Khalili K. 2018. Simulation of Spatiotemporal Annual Precipitation Using Stochastic Models. *Journal of Water and Soil Science*, 22(1), 367-386. (In Farsi)
- Fang, J., Du, J., Xu, W., Shi, P., Li, M. and Ming, X. 2013. Spatial downscaling of TRMM precipitation data based on the orographical effect and meteorological conditions in a mountainous area. *Advances in Water Resources*, 61, 42-50.
- Firpi, O.A.A., 2016. Satellite data for all? Review of Google Earth Engine for archaeological remote sensing. *Internet Archaeology*, (42). <https://doi.org/10.11141/ia.42.10>
- Gao, F., Zhang, Y., Chen, Q., Wang, P., Yang, H., Yao, Y. and Cai, W. 2018. Comparison of two long-term and high-resolution satellite precipitation datasets in Xinjiang, China. *Atmospheric Research*, 212, 150-157.
- Helmi, A.M., Abdelhamed, M.S. 2022. Evaluation of CMORPH, PERSIANN-CDR, CHIRPS V2. 0, TMPA 3B42 V7, and GPM IMERG V6 satellite precipitation datasets in Arabian arid regions. *Water*, 15(1), 92.
- Islam, M.N., Das, S. and Uyeda, H. 2010. Calibration of TRMM derived rainfall over Nepal during 1998-2007. *The Open Atmospheric Science Journal*, 4(1), 4(1), 12-23.
- Javanmard, S., Yatagai, A., Nodzu, M.I., BodaghJamali, J. and Kawamoto, H. 2010. Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM_3B42 over Iran. *Advances in Geosciences*, 25, 119-125.
- Kheimi, M.M., Gutub, S. 2015. Assessment of Remotely-Sensed Precipitation Products Across the Saudi Arabia Region. *Water Resources and Arid Environments*, 4(1), 76-88.
- Kidd C, Levizzani V. 2011. Status of satellite precipitation retrievals. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(4), 1109-1116.
- Kim, K., Park, J., Baik, J. and Choi, M. 2017. Evaluation of topographical and seasonal feature using GPM IMERG and TRMM 3B42 over Far-East Asia. *Atmospheric Research*, 187, 95-105.

- M.K., Teluguntla, P., Oliphant, A., Congalton, R.G., Yadav, K. and Gorelick, N. 2017. Nominal 30-m cropland extent map of continental Africa by integrating pixel-based and object-based algorithms using Sentinel-2 and Landsat-8 data on Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 9(10), 1065.
- Xu, R., Tian, F., Yang, L., Hu, H., Lu, H. and Hou, A. 2017. Ground validation of GPM IMERG and TRMM 3B42V7 rainfall products over southern Tibetan Plateau based on a high-density rain gauge network. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 122(2), 910-924.
- Yang, Q., Dai, Q., Han, D., Chen, Y., and Zhang, S. 2019. Sensitivity analysis of raindrop size distribution parameterizations in WRF rainfall simulation. *Atmospheric Research*, 228, 1-13.
- Zhang, Y., Li, X., Wang, K. 2023. A robust approach for multi-temporal remote sensing analysis using spectral indices in hydrological modeling. *Journal of Hydrology*, 625, 130115.
- Zhao, Y., Feng, D., Yu, L. 2022. Empirical approaches for bathymetry estimation from Sentinel-2 imagery in inland waters. *Remote Sensing of Environment*, 272, 112956.
- Fars Province. *Journal of Agricultural Meteorology*, 2(2), 1-15. (In Farsi)
- Tang, G., Clark, M.P., Papalexiou, S.M., Ma, Z. and Hong, Y. 2020. Have satellite precipitation products improved over last two decades? A comprehensive comparison of GPM IMERG with nine satellite and reanalysis datasets. *Remote sensing of environment*, 240, 111697.
- Turk, F.J. and Miller, S.D. 2005. Toward improved characterization of remotely sensed precipitation regimes with MODIS/AMSR-E blended data techniques. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43(5), 1059-1069.
- Varga, Á. J., and Breuer, H. 2024. Evaluation of multiple surface-, satellite-, reanalysis-, and WRF model-based gridded precipitation datasets over south-east Central Europe. *Atmospheric Research*, 298, 107138.
- Wei, L., Jiang, S., Ren, L., Wang, M., Zhang, L., Liu, Y., and Yang, X. 2021. Evaluation of seventeen satellite-, reanalysis-, and gauge-based precipitation products for drought monitoring across mainland China. *Atmospheric Research*, 263, 105813.
- Xiong, J., Thenkabail, P.S., Tilton, J.C., Gumma,



Evaluation of TRMM, PERSIANN-CDR, GPM and CHIRPS satellite data to estimate rainfall in the Jazmurian wetland region

A. Tayebiyani¹, F. Qaderi Nasab^{2*}

Received: 10/10/2024

Accepted: 30/11/2024

Abstract

The calculation of the water balance components in the catchment and wetlands area is one of the fundamental concerns of water resource researchers. Accurate measurement of precipitation, as a key element of water balance, is essential but difficult due to high tempo- spatial variability and lack of adequate ground stations in regional scale. The current study region, Jazmourian wetland located in Jazmuiran catchment, despite of large area, lacks meteorological stations. Advancements in remote sensing and radar technologies have brought numerous rainfall datasets that can be used to assess precipitation patterns in the region with in adequate observations. In this study, four widely used rainfall datasets, including GPM, CHIRPS, PERSIANN-CDR, and TRMM, were examined to evaluate the accuracy of precipitation estimates in the Jazmurian wetland. The results of the satellite data accuracy at 70 surrounding ground stations in Jazmurian catchment were evaluated using R-squared, NRMSE, RMSE, Rp, MAE and MBE statistics. The results of the comparison showed that in the studied stations, the average values of Rp coefficient varied between 0.7 and 0.81, the R-squared coefficient between 0.51 and 0.65, the NRMSE coefficient between 10.56 and 12.87, the RMSE coefficient between 18.03 and 22.98, the MAE coefficient between 9.31 and 11.14 and the MBE coefficient between -0.18 and 0.64. Also, based on the Rp and R-squared statistics, the GPM precipitation data showed the best performance, followed by the TRMM data. The study results revealed that the precipitation data from CHIRPS and PERSIANN-CD have acceptable accuracy. An overestimation by all RS datasets comparing to interpolated ground data of station within the Jazmurian catchment was observed.

Keywords: CHIRPS, GPM, PERSIANN-CDR, Rainfall, Remote sensing, TRMM, Water Balance



¹ Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Karman Institute of Higher Education, Kerman, Iran

² Ph.D. in Water Science and Engineering, Water Resources Expert, Kerman Regional Water Company, Kerman, Iran

(*Corresponding Author Email Address: ghaderifarzane@gmail.com)

نحوه ارجاع مقاله:

طیبیان، آ.، قادری نسب، ف. ۱۴۰۵. ارزیابی داده های ماهواره ای TRMM، PERSIANN-CDR، GPM و CHIRPS جهت تخمین بارش در محدوده مطالعاتی تالاب جازموریان. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۴(۱): ۵۹-۵۰. DOI: 10.22125/agmj.2025.482175.1176

Tayebiyani, A., Qaderi Nasab, F. M. 2026. Evaluation of TRMM, PERSIANN-CDR, GPM and CHIRPS satellite data to estimate rainfall in the Jazmurian wetland region. Journal of Agricultural Meteorology, 14(1): 50-59. DOI: 10.22125/agmj.2025.482175.1176