



Environment and Water Engineering

Homepage: www.jewe.ir



ISSN: 2476-3683

Research Paper

Assessment of Precipitation Obtained from Gridded Data Bases in Southern Baluchestan Basin

Mohsen Rezaei¹, Mehdi Azhdary Moghaddam^{2*}, Gholamreza Azizyan³ and Ali Akbar Shamsipur⁴

¹PhD Scholar, Department of Civil, Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

²Professor, Department of Civil, Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

³Assoc. Professor, Department of Civil, Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

⁴Assoc. Professor, Department of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

Paper information

Received: Febraury 13, 2022

Revised: April 09, 2022

Accepted: April 12, 2022

Keywords:

ERA5

PERSIANN

Precipitation

Southern Baluchestan

TRMM

*Corresponding author:
mazhdary@eng.usb.ac.ir



Abstract

Precipitation is an important variable in hydrological studies. The high spatial and temporal variability of precipitation makes it difficult to monitor it with observations. The use of satellite data and weather models is a suitable solution for this problem. But, before using these data, their spatial and temporal accuracy should be considered. The aim of this study was to evaluate the accuracy of monthly precipitation data TRMM_3B43_V7, PERSIANN, and ECMWF-ERA5 in comparison with the data of 13 observation stations in the South Baluchestan basin during the period 2000 to 2018. For statistical evaluation of the mentioned data, the coefficient of determination (R^2), N-S efficiency factor, the degree of bias (BIAS), index agreement (IA), and ratio root mean square error (RRMSE) were used. The results showed that the best performance was exhibited by TRMM ($R^2=0.624$) and ERA5 ($R^2=0.562$), respectively. PERSIANN data ($R^2=0.307$) did not provide an accurate estimate of precipitation. TRMM data are usually better estimated in areas far from the sea, which usually have higher elevations and receive more precipitation. The TRMM data is overestimated and the ERA5 data is underestimated. Data from both databases performed better in the winter months.

© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** journal. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Introduction

Temporal and spatial monitoring of precipitation is very important for managers and planners at the national and local levels and scientists in various fields. Due to the high temporal and

spatial variability of precipitation, limited density, and inadequate dispersion of the measurement stations, it is important to use satellite data and weather models, which can be used for points without stations or to compensate



for the data lack in years when data were not recorded. It is also used in software, such as SWAT, which requires network rainfall. This research evaluated data of Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) version 3B43_7, Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Network (PERSIANN), and European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) version ERA5 by observational data. This assessment was carried out in South Baluchistan, which suffers from a lack of high-precision data and suitable scattering. It is tried to solve data shortages in the cheapest and best possible way, and the data are used in other application projects such as flood and drought management. Features of this research is evaluation of three precipitation databases with completely different nature, high spatial resolution and updating with small time delay.

Material and Methods

The South Baluchistan basin with an area of about 48558 km² is located in southeastern Iran. Based on the available observational data, 13 stations (synoptic, climatology, and rain gauge) were selected, which had a suitable distribution in the region and their data were more reliable. Since the database data is a network, to obtain the data at the station location, bilinear interpolation was used. The accuracy of the databases was evaluated by the coefficient of determination (R²), Nash Sutcliffe efficiency factor (NSE), the degree of bias (BIAS), index agreement (IA), root mean squared error (RMSE), and ratio root mean square error (RRMSE), which are widely used in comparative analysis to compare model data with observation data. Monthly precipitation data of observational stations with data from the TRMM, PERSIANN, and ERA5 databases were arranged in matrices with dimensions 13×226, in which 13 represents the number of stations and 226 represents the number of months from March 2000 to the end of 2018. To calculate different statistics, the data of all observation stations and networked databases in the period were prepared in a matrix of 2938×4 in which 4 represents observation stations, TRMM, PERSIANN, and ERA5, and 2938 is the result of 226×13. For spatial assessment, the data of each observation station were prepared with the data of each of the databases in a matrix of 226×2, and different statistics were calculated for each station. Then, zoning maps were drawn showing each of the statistics at its location. For temporal assessment,

first, the statistics related to each month in all stations were calculated, and then monthly and seasonal data were analyzed.

Results

To see the amount of precipitation in the region, Fig. 1 shows the rainfall zoning map. Annual precipitation zonation indicates that in more southern latitudes, which are closer to the sea, rainfall is lower. As one gets far from the sea and the elevation increases, rainfall increases.

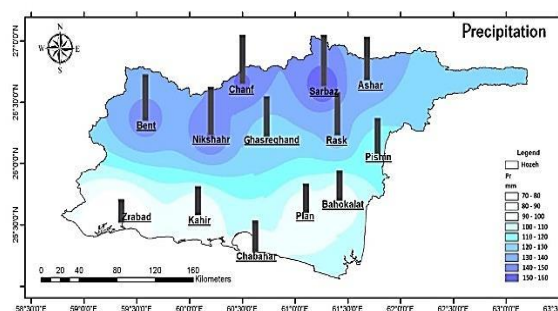


Fig. 1 Zoning of annual rainfall at observation stations during 2000 to 2018

The assessment of data, regardless of time and locality, between observation stations and each of the databases show the best performance for TRMM precipitation data, indicated by all calculated statistics. After the TRMM, the more efficient performance is for ERA5 precipitation data. According to BIAS, the TRMM data were overestimated and the PERSIANN and ERA5 data were underestimated. Table 1 presents the different statistics index.

Table 1 Different statistic values in several databases compared to observational data

Statistics Index	TRMM	PERSIANN	ERA5
R ²	0.624	0.307	0.562
NSE	0.609	0.261	0.554
BIAS	0.687	-2.457	-1.946
IA	0.883	0.706	0.833
RMSE	14.69	20.2	15.693
RRMSE	4.726	6.498	5.048

For spatial assessment, statistical inference zoning maps were drawn along with the value of statistics at its location. R² indicates that the best performance is related to TRMM and then ERA5. Also, IA, which evaluates the inerrant of the model estimations without considering the correlation indicates that most agreement is on TRMM data and then ERA5. PERSIANN has the lowest agreement at all stations. Analogously, NSE and RRMSE indicate that the best performance is related to TRMM followed by ERA5 and PERSIANN. For temporal

assessment, the data of all observation stations, regardless of their location, were compared with the data of each database in each month. The R^2 indicates that the highest correlation of TRMM and ERA5 data is in winter- in January, December, and February, respectively, and the lowest correlation of TRMM is in September and ERA5 is in October. According to IA, the highest agreement is equal to 0.939 for the TRMM data in January and the lowest agreement is equal to 0.349 for the ERA5 data in October. The seasonal assessment shows the best performance for TRMM in winter, spring, summer, and autumn, respectively. Due to the location of the South Baluchistan basin, which is located in the coastal areas north of the Sea of Oman and near the tropics. It has a sufficient temperature in all seasons of the year. Precipitation in this region is mostly due to the influence of western windfall systems from the end of autumn and the monsoon of India in summer. Winters, spring and summer are wet and TRMM performance is proper in wet seasons. According to BIAS, TRMM is overestimated for the summer season and underestimated for other seasons. In the annual assessment, according to all statistics, the best performance is related to TRMM, ERA5, and PERSIANN, respectively, and TRMM is overestimated, and ECMWF and PERSIANN are underestimated.

Conclusion

The assessments of the monthly precipitation data of different databases by observational data

in the South Baluchistan basin showed that: according to different statistics, the best performance is related to TRMM and ERA5, respectively. PERSIANN data did not provide an accurate estimate of precipitation. The TRMM monthly precipitation data provided a proper estimation in areas farther from the sea where altitudes and precipitation are higher. It also performed better in the winter months. The data of this database is usually overestimated. The ERA5 has the best estimates for the winter months. And the worst in spring, and its data are usually underestimated. Due to a more accurate estimation of TRMM and ERA5 precipitation data in the South Baluchistan basin, it is recommended to use the data of one of these databases or a suitable combination of the data of these two databases for water resource management.

Data Availability

Preliminary data were obtained from the Meteorological Administrative and Regional Water Sistan & Baluchistan Company. Some of the data produced are provided in the paper. Those not provided in the paper can be sent by the corresponding author upon request.

Conflicts of interest

The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this paper.



ISSN: 2476-3683

محیط‌زیست و مهندسی آب

Homepage: www.jewe.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی پایگاه‌های داده شبکه‌ای بارش در حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی

محسن رضایی^۱، مهدی اژدری مقدم^{۲*}، غلامرضا عزیزیان^۳ و علی اکبر شمسی پور^۴

^۱ دانشجوی دکترا، گروه عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
^۲ استاد، گروه عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
^۳ دانشیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
^۴ دانشیار، گروه آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ دریافت: [۱۴۰۰/۱۰/۲۴]
 تاریخ بازنگری: [۱۴۰۱/۰۱/۲۰]
 تاریخ پذیرش: [۱۴۰۱/۰۱/۲۳]

واژه‌های کلیدی:

بارش
 بلوچستان جنوبی
 ERA5
 PERSIANN
 TRMM

*نویسنده مسئول:

mazhdary@eng.usb.ac.ir



بارش یکی از مهم‌ترین عوامل در مطالعات هیدرولوژی است. تغییرپذیری زیاد بارش در مکان و زمان، موجب دشواری و هزینه بالای پایش آن با برداشت‌های زمینی است. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و مدل‌های آب و هوایی، راه مناسبی برای حل این مشکل است. قبل از استفاده از این داده‌ها باید دقت زمانی و مکانی آن‌ها بررسی شود. این پژوهش با هدف ارزیابی دقت داده‌های بارش ماهانه TRMM_3B43_V7، PERSIANN و ECMWF-ERA5 در مقایسه با داده‌های ۱۳ ایستگاه مشاهده‌ای در حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ انجام شد. برای ارزیابی آماری داده‌های نام‌برده از آماره‌های ضریب تعیین (R^2) ضریب کارایی (NSE) آماره آریب (BIAS) نمایه توافق (IA) و مجذور میانگین مربعات خطای نسبی (RRMSE) استفاده شد. نتایج نمایانگر عملکرد بهتر TRMM ($R^2=0.624$) و ERA5 ($R^2=0.562$) است. داده‌های PERSIANN ($R^2=0.307$) برآورد دقیقی از بارش ارائه نداد. داده‌های TRMM معمولاً در مناطق با فاصله بیشتر از دریا که معمولاً ارتفاع بالاتری دارند و نزولات جوی بیشتری نیز دریافت می‌کنند برآورد بهتری داشته است. داده‌های TRMM بیش‌برآوردی و داده‌های ERA5 کم‌برآوردی داشت و داده‌های هر دو پایگاه در ماه‌های فصل زمستان عملکرد بهتری داشت.

۱- مقدمه

های ماهواره‌ای و مدل‌های آب و هوایی در پایگاه‌های داده مختلف، بسیار مهم است. از این داده‌ها می‌توان برای نقاط فاقد ایستگاه و یا جبران کمبود داده‌ها در سال‌هایی که داده ثبت نشده استفاده کرد. همچنین این داده‌ها در نرم‌افزارهایی که بارش پهنه‌ای را نیاز دارند مانند SWAT کاربرد دارد.

پایش دقیق بارش در زمان‌ها و مکان‌های مختلف برای مدیران و برنامه‌ریزان ملی و محلی و دانشمندان در حیطه‌های مختلف از جمله علوم جوی، هیدرولوژی، عمران، کشاورزی، محیط‌زیست، صنایع و غیره حائز اهمیت بسیار است. با توجه به تغییرپذیری زیاد بارش و تراکم محدود و پراکندگی نامناسب ایستگاه‌های اندازه‌گیری، استفاده از داده-



با داده‌های مشاهده‌ای در ایران پرداختند. نتایج نشان داد دقت داده‌های روزانه سنجنده GPM ($R^2=0.6$) نسبت به TRMM ($R^2=0.46$) در سطح ایران بیشتر است.

پایگاه داده PERSIANN^۲، با به‌کارگیری شبکه عصبی مصنوعی بر روی ترکیبی از داده‌های هفت ماهواره مدار قطبی ارتفاع پایین و پنج ماهواره زمین آهنگ، داده‌های بارش را تولید می‌کند (Sorooshian et al. 2008). این پایگاه توسط مرکز سنجش‌ازدور و آب و هواشناسی در دانشگاه کالیفرنیا تأسیس شده است. داده‌های بارش از ماه مارس سال ۲۰۰۰ تاکنون با تأخیر زمانی چندروزه به‌صورت ساعتی، روزانه، ماهانه و سالانه در آن موجود است. پوشش مکانی این پایگاه از 60° عرض جنوبی تا 60° عرض شمالی و طول جغرافیایی 0° تا 360° و با تفکیک مکانی $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ طول و عرض جغرافیایی است (Ashouri et al. 2015). Katirai Boroujerdy (2013) به مقایسه داده‌های بارش ماهانه پایگاه PERSIANN و داده‌های زمینی در شبکه‌ای با تفکیک زیاد پرداخت. او به این نتیجه رسید که این پایگاه داده، الگوی کلی تغییرات مکانی بارش سالانه در ایران را خوب شناسایی می‌کند ولی خطای زیادی دارد. ضریب همبستگی در سطح معنی‌داری 0.1 حدود 0.3 بود. همچنین این پایگاه مقدار بارش را در منطقه زاگرس کم، در کرانه دریای خزر به‌شدت کم و در منطقه خشک شرق زیاد برآورد می‌کند.

داده‌های باز تحلیل‌شده از ترکیب نتایج مدل‌های پیش‌بینی کوتاه‌مدت آب‌وهوا با داده‌های مشاهده‌ای به دست می‌آید. پیش‌بینی‌های مدل که حدس اولیه یا اطلاعات زمینه‌ای نامیده می‌شود؛ بر اساس داده‌های ورودی به مدل و رابطه ریاضی تعریف‌شده برای آن به دست می‌آید. نظر به اینکه همواره پیش‌بینی‌های مدل با خطا یا عدم قطعیت همراه است؛ برای تصحیح مدل و کم کردن خطا، نتایج مدل با داده‌های مشاهده‌ای موجود که از منابع مختلف به‌دست می‌آید؛ کنترل و مدل بهینه‌سازی می‌شود. لذا در این شیوه، خروجی‌های مدل پیوسته بهبود می‌یابد (Balsamo et al. 2015). یکی از مراکز تولید داده‌های بازتحلیل، مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپایی ECMWF^۳ است. آخرین

ماهواره TRMM^۱ محصول مشترک ایالات‌متحده آمریکا و ژاپن، برای کسب برآوردی دقیق‌تر از بارش در مناطق جنب حاره است. داده‌های نسخه 3B43 برای تخمین بارش از اطلاعات ماکروویو و مادون‌قرمز اخذشده از چندین ماهواره خورشید آهنگ و زمین آهنگ برآورد شده است. سپس برای کاهش خطا با داده‌های ایستگاهی حاصل از پروژه اقلیم‌شناسی بارش جهانی (GPCP) تصحیح شده است. برآوردهای این روش، بسیار دقیق‌تر از دیگر تخمین‌های ماهواره‌ای است (Nicholson 2005). محصولات نسخه 3B43 از عرض جغرافیایی 50° جنوبی تا 50° شمالی با تفکیک مکانی $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ طول و عرض جغرافیایی ارائه می‌شود. همچنین تفکیک زمانی آن ماهانه است. مقایسه داده‌های ماهواره در خشکی و آب‌ها نشان‌دهنده دقت بیشتر داده‌ها در خشکی‌ها است (Tian and Peters-Lidard 2007). مقایسه داده‌ها در مقیاس‌های زمانی مختلف نشان‌دهنده دقت بیشتر در مقیاس‌های زمانی بزرگ‌تر مثل سالانه، فصلی و ماهانه نسبت به مقیاس زمانی کوچک‌تر مثل روزانه می‌باشد (Hughes et al. 2006). Almazroui (2011) به واسطه داده‌های بارش تخمینی توسط TRMM با ۲۹ ایستگاه زمینی در بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ در عربستان پرداخت. نتایج نشان داد روند داده‌های TRMM و داده‌های واقعی در فصل مرطوب نتایج نزدیک به هم داشته و ضریب همبستگی در سطح معنی‌داری 0.1 حدود 0.9 شده است. (Khosravi et al 2013) اقدام به مقایسه پهنه‌های بارشی استان سیستان و بلوچستان با استفاده از داده‌های ماهواره TRMM و ایستگاه‌های زمینی نمودند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که داده‌های حاصله از این سنجنده دارای خطای زیادی بوده اما بهترین عملکرد آن در نیمه جنوبی استان است. (Erfanian et al. 2013) به ارزیابی داده‌های بارش ماهواره TRMM در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران پرداختند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده این است که داده‌های این ماهواره در 80% ایستگاه‌های سینوپتیک مقدار بارش ماهانه را کمتر از مقدار مشاهده‌ای، برآورد نموده است. (Masoodian et al. 2014) به مقایسه پایگاه داده بارش و پایگاه داده بارش ملی اسفزاری در ایران پرداختند. نتایج نشان از هماهنگی خوب این دو پایگاه در اغلب مناطق ایران به‌جز در مناطق کوهستانی بوده است. (Miri et al. 2020) به ارزیابی داده‌های بارش روزانه TRMM و GPM

^۱Tropical Rainfall Measuring Mission

^۲Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Network

^۳European Centre for Medium-Range Weather Forecasts



زمینی در محدوده حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی است. ارزیابی سه پایگاه داده‌ای بارش با ماهیتی کاملاً متفاوت، شبکه‌بندی با قدرت تفکیک مکانی بالا و به‌روزرسانی با تأخیر زمانی اندک از ویژگی‌های این پژوهش است. انتخاب TRMM با توجه به موقعیت حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی و نزدیکی به جنب حاره مهم است. همچنین بر روی داده‌های ERA5 در مناطق مختلف ایران پژوهش‌های اندکی انجام شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی در منتهی‌الیه جنوب شرقی ایران واقع شده است و مجموع جریان رودخانه‌های آن به دریای عمان می‌ریزد. این منطقه در تقسیمات حوزه‌های آبخیز درجه ۲ (تقسیمات سی‌گانه) کشور ایران منطبق و بخشی از حوزه آبخیز اصلی خلیج فارس و دریای عمان (مکران) است. مساحت این حوضه در حدود 4858 km^2 است و در محدوده مختصات جغرافیایی $47^{\circ} 58'$ تا $12^{\circ} 58'$ عرض شمالی و $63^{\circ} 03'$ تا $25^{\circ} 03'$ طول شرقی قرار گرفته است. حوزه آبخیز بندرعباس- سدیج در غرب و حوزه آبخیز هامون جازموریان و ماشکیل در شمال آن واقع شده است. این حوضه در شرق با کشور پاکستان هم‌مرز است و در جنوب آن نیز سواحل دریای عمان واقع شده است. شکل (۱) نشان‌دهنده حوزه‌های آبخیز درجه دو در ایران است و موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی در آن مشخص شده است. همچنین، نقاط شبکه PERSIANN و ERA5 به همراه موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مشاهده‌ای بر روی نقشه ارتفاعی حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی ترسیم شده است.

۲-۲- جمع‌آوری داده‌ها

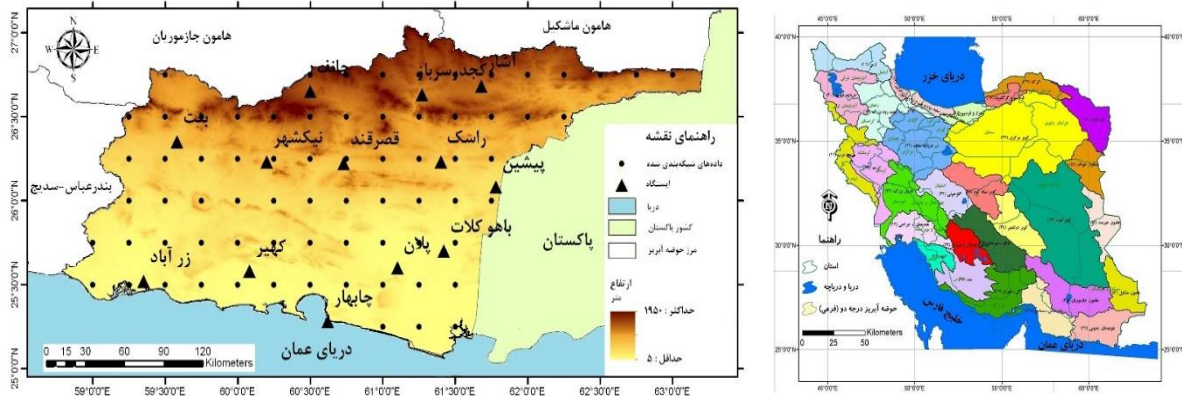
داده‌های زمینی بارش از اداره کل هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان دریافت شده است. کنترل کیفیت، صحت و همگنی داده‌های اخذشده به روش آزمون توالی بررسی شد (Faghih et al. 2018). تعداد ۱۳ ایستگاه که دارای پراکندگی مناسب در منطقه و آمار بیشتر و قابل‌اعتمادتر بوده، انتخاب شد. آمار مفقودی در ایستگاه‌ها به روش مدل درختی M5 بازسازی شد (Sattari et al. 2016). در جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های مشاهده‌ای

نسخه این مرکز ERA5 است که بعد از نسخه-ERA Interim ارائه شده است. در این پایگاه، داده‌های شبکه بندی شده مختلف سطحی و سطوح فشاری مختلف شامل متغیرهای دما، فشار، باد، تابش، بارش، خاک، تبخیر و تعرق، رواناب، ابر و غیره با پوشش کل سطح زمین و تفکیک‌های مکانی مختلف از 3×3 تا 0.125×0.125 درجه طول و عرض جغرافیایی و تفکیک‌های زمانی ساعتی، روزانه و ماهانه در نسخه‌های مختلف وجود دارد. (DeLeeuw et al. 2015). دقت داده‌های پایگاه ECMWF نسخه ERA-Interim را در انگلستان و ولز بررسی نمودند. نتایج نشان داد؛ داده‌های این پایگاه با داده‌های مشاهده‌ای بیش از ۹۱٪ همبستگی و ۲۲٪ کم برآوردی دارد. مقایسه داده‌های بارش نسخه ERA-Interim در ایران با داده‌های مشاهده‌ای یا سایر پایگاه‌های داده مثل اسفزاری، حاکی از دقت خوب این داده‌ها است (Raziei and Sotoudeh 2017; Darand and Zand 2015). در پژوهشی که در حوضه رودخانه آسینی- بواين در مرز کانادا و ایالات متحده انجام شد؛ دقت داده‌های بارش ERA5 نسبت به ERA-Interim مطلوب‌تر بود (Xu et al. 2019). (et al. 2021). Azizi et al. به ارزیابی تخمین بارش روزانه و ماهانه ERA5 در استان اردبیل پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بعد از تصحیح اریبی می‌توان از این داده‌ها به‌عنوان جایگزین مناسبی برای نقاط فاقد ایستگاه اندازه‌گیری بارش استفاده نمود. Amjad et al. (2020) در ارزیابی داده‌های بارش ماهواره‌ای و داده‌های بازتحلیل با استفاده از ۲۵۶ ایستگاه مشاهده‌ای در کشور ترکیه به این نتیجه رسیدند که منابع بارش ماهواره‌ای نسبت به منابع بارش باز تحلیل عملکرد مناسب‌تری دارد.

با توجه به اهمیت اطلاعات بارش، تخمین دقیق آن، همواره به‌عنوان یک چالش در حوضه‌های فاقد آمار و مناطق با تراکم کم و پراکندگی نامناسب ایستگاه‌های مشاهده‌ای است. هرچند مجموعه داده‌های شبکه‌ای بارش در حال افزایش دقت و دسترسی است اما ارزیابی و اعتبارسنجی آن‌ها به‌منظور شناخت کارایی و محدودیت‌های آن‌ها در نواحی مختلف امری ضروری است. هدف از این پژوهش ارزیابی دقت داده‌های بارش ماهانه ماهواره‌ای TRMM نسخه 3B43_7 و برآورد بارش از اطلاعات سنجنش‌ازدور با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی PERSIANN و داده‌های واکاوی شده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوّی اروپایی ECMWF نسخه ERA5 با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه‌های



آمده است. لازم به ذکر است دوره آماری برای همه ایستگاه‌ها از ماه مارس سال ۲۰۰۰ تا پایان سال ۲۰۱۸ بوده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی
 Fig. 1 Location of the South Baluchestan basin in the country of Iran

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 1 Details of the studied stations

No.	Station	Type	Latitude (N)	Longitude (E)	Elevation (m)	Mean Annual Precipitation (mm)
1	Chabahar	Synoptic	25° 17'	60° 37'	8	97.1
2	Nikshahr	Synoptic	26° 14'	60° 12'	510	151.2
3	Rask	Synoptic	26° 14'	61° 24'	406	134.9
4	Bahokalat	Climatology	25° 42'	61° 25'	120	93
5	Sarbaz	Climatology	26° 38'	61° 16'	880	160.4
6	ghasreghand	Climatology	26° 13'	60° 44'	500	125.7
7	Kahir	Rain gauge	25° 35'	60° 05'	88	89.7
8	Chanf	Rain gauge	26° 39'	60° 30'	1200	152.2
9	Bent	Rain gauge	26° 21'	59° 35'	510	144.8
10	Polan	Rain gauge	25° 36'	61° 06'	30	90.5
11	Pishin	Rain gauge	26° 05'	61° 47'	700	111.1
12	Ashar	Rain gauge	26° 41'	61° 41'	1050	135.1
13	Zrabad	Rain gauge	25° 31'	59° 21'	16	71.9

برای مقایسه آماری بارش، داده‌های بارش ماهانه ERA5 گرفته شد. خلاصه مشخصات نسخه‌های ارزیابی شده TRMM_3B43_V7، PERSIANN و ECMWF نسخه در این پژوهش در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲- مشخصات نسخه‌های مورد مطالعه در پایگاه‌های داده (درجه وضوح: ۰/۲۵×۰/۲۵)

Table 2- Details of the studied versions (Resolution: 0.25×0.25°)

Institute production Data site	Delay update Data Type	Format	Period	Coverage	Version
National Aeronautics and Space Administration (NASA) Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) https://pmm.nasa.gov/TRMM	2 months precipitation	HDF4 HDF GDS NetCDF	January 1998 to present	50°S to 50°N	TRMM_3B43_V7
Center for Hydrometeorology and Remote Sensing (CHRS) University of California, Irvine http://chrsdata.eng.uci.edu	2 days precipitation	ArcGrid Tif NetCDF	March 2000 to present	60°S to 60°N	PERSIANN
European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) International https://cds.climate.copernicus.eu	1 day Precipitation, Temperature, Pressure, Radiation	GRIB NetCDF	January 1979 to present	Whole Ground	ECMWF-ERA5

۳-۲- روش‌های آنالیز آماری

با توجه به اینکه داده‌های پایگاه‌های TRMM، ERA5 و PERSIANN شبکه‌ای می‌باشد؛ برای به دست آوردن مقدار داده در محل ایستگاه مشاهده‌ای، از درون‌یابی دوخطی استفاده شد. برای درون‌یابی دوخطی ابتدا درون‌یابی در یک جهت انجام و سپس در جهت دیگر نیز به دست می‌آید. باوجوداینکه هر گام این روش خطی است اما پاسخ

نهایی به دست آمده دیگر خطی نیست (Tran Anh et al. 2019). در شکل (۲) روش محاسبه مقدار یک نقطه با استفاده از درون‌یابی دوخطی نشان داده شده است. نقطه سبز P، مکانی است که می‌خواهد مقدار آن تخمین زده شود. چهار نقطه قرمز Q نشان‌دهنده نزدیک‌ترین نقاط از داده‌های شبکه‌بندی شده و مقادیر آن مشخص است. مقدار نقطه P را می‌توان با استفاده از رابطه (۱) محاسبه نمود.

$$f(p) \approx \frac{1}{(x_2-x_1)(y_2-y_1)} [Q_{11}(x_2-x)(y_2-y) + Q_{21}(x-x_1)(y_2-y) + Q_{12}(x_2-x)(y-y_1) + Q_{22}(x-x_1)(y-y_1)] \quad (1)$$

است و مقدار آن بین مثبت یک تا منفی بی‌نهایت متغیر است. هر چه مقدار این ضریب به یک نزدیک‌تر باشد نشان از ارتباط قوی‌تر بین داده‌های مشاهده‌ای و مدل است. (Raziei and Pereira 2013).

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (3)$$

آماره آریب (BIAS) در رابطه (۴) نشان داده شده است. مقدار صفر این آماره نشان‌دهنده بهترین کارایی مدل است و مقادیر مثبت بیان‌کننده بیش برآورد کردن و مقادیر منفی نشان‌دهنده کم برآورد کردن مدل است (Cohen Liechti et al. 2012).

$$BIAS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i) \quad (4)$$

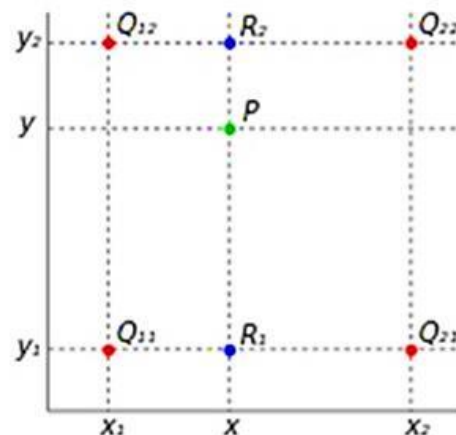
نمایه توافق (IA) نمایه‌ای بدون بعد است که از طریق رابطه (۵) محاسبه می‌شود و مقدار آن بین دو عدد صفر و یک است و اگر دو سری داده باهم توافق کامل داشته باشند، مقدار آن برابر با یک است (Amini et al. 2019).

$$IA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{P}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (5)$$

مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) در واقع واریانس خطای مدل در پیش‌بینی مقادیر مشاهده‌ای را نشان می‌دهد بنابراین هرچه مقدار این آماره به صفر نزدیک‌تر باشد؛ مدل، خطای کم‌تری در پیش‌بینی مقادیر مشاهده‌ای دارد. این آماره در رابطه (۶) نشان داده شده است (Amini et al. 2019).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2} \quad (6)$$

با توجه به اینکه مقدار آماره RMSE، به دامنه تغییرات داده‌ها وابسته است؛ نمی‌توان مقدار به دست آمده از دو مقایسه متفاوت را باهم قیاس کرد. همچنین نمی‌توان گفت



شکل ۲- درون‌یابی دوخطی

Fig. 2 bilinear interpolation

برای ارزیابی دقت هر یک از پایگاه‌ها، از آماره‌هایی مانند ضریب تعیین (R^2)، ضریب کارایی نش- ساتکلیف (NSE)، آماره آریب (BIAS)، نمایه توافق (IA)، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و مجذور میانگین مربعات خطای نسبی (RRMSE) استفاده شد. این آماره‌ها بیشترین کاربرد را در تحلیل‌های مقایسه‌ای دارند و از آن‌ها برای مقایسه پیش‌بینی‌های یک مدل در برابر داده‌های مشاهده‌ای استفاده می‌شود (Moriasi et al. 2007). مقدار R^2 بین دو سری داده (مشاهده‌ای و مدل) در رابطه (۲) نشان داده شده است. ضریب تعیین مجذور ضریب همبستگی است. باید دقت نمود که ضریب تعیین رابطه خطی بین داده‌های مشاهده‌ای و مدل را در نظر می‌گیرد (Amini et al. 2019).

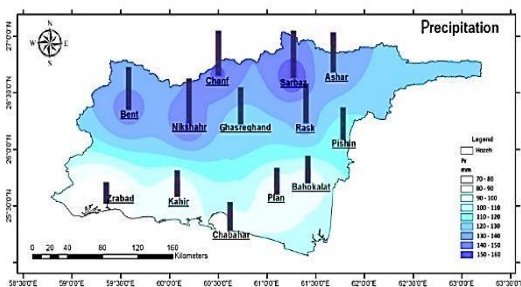
$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P}))^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \quad (2)$$

که، O_i مقدار بارش مشاهده‌ای، \bar{O} میانگین بارش مشاهده‌ای، P_i مقدار بارش مدل، \bar{P} میانگین بارش مدل و n تعداد داده‌ها در سری زمانی است. ضریب NSE در رابطه (۳) نشان داده شده است. این ضریب بدون بعد

محاسبه و سپس نسبت به تحلیل ماهانه و فصلی داده‌ها اقدام شد.

۳- یافته‌ها و بحث

پهنه‌بندی بارش سالانه در حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی نشان داد در عرض‌های جنوبی‌تر که به دریا نزدیک‌تر است؛ میزان بارندگی کمتر و با فاصله از دریا و افزایش ارتفاع بر میزان بارندگی افزوده شده است. نقشه پهنه‌بندی بارش در شکل (۳) ترسیم شده است.



شکل ۳- پهنه‌بندی بارش سالانه در ایستگاه‌های مشاهده‌ای (دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸)

Fig. 3 zoning of annual precipitation at observation stations (during 2000 to 2018)

مقایسه کلیه داده‌ها بدون در نظر گرفتن زمان و مکان ایستگاه، بین ایستگاه‌های مشاهده‌ای و هر یک از پایگاه‌های داده نشان می‌دهد؛ بهترین عملکرد در حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی مربوط به داده‌های بارش TRMM است. کلیه آماره‌های محاسبه شده بر این موضوع دلالت دارد. بعد از پایگاه داده TRMM عملکرد مناسب مربوط به پایگاه ERA5 است. مدل بارشی PERSIANN از عملکرد مناسبی برخوردار نیست. این موضوع با نتایج Katirae (2013) Boroujerdy که نشان داد این پایگاه داده، الگوی کلی تغییرات مکانی بارش سالانه در ایران را خوب شناسایی می‌کند ولی خطای زیادی دارد، مطابقت دارد. همچنین باید یادآور شد که با توجه به آماره BIAS داده‌های TRMM دارای بیش برآوردی و داده‌های PERSIANN و ERA5 دارای کم برآوردی بوده است. آماره‌های مختلف در جدول (۳) نشان داده شده است.

۳-۱- ارزیابی مکانی

برای بررسی عملکرد مکانی، داده‌های هر ایستگاه زمینی با داده‌های مربوط به هر یک از پایگاه‌های TRMM

که چه مقداری از این آماره نشان‌دهنده کفایت مدل است. این مسئله به این موضوع برمی‌گردد که مقدار این آماره متناسب با دامنه تغییرات سری‌های موردبررسی، از موضوعی به موضوع دیگر متفاوت خواهد بود. به‌عنوان مثال مقایسه مقادیر این آماره در دو ایستگاه که میزان بارش آن باهم فرق دارد صحیح نمی‌باشد. در این رابطه با تقسیم مقدار این آماره بر میانگین داده‌های مشاهده‌ای، آن را استاندارد و به‌صورت بی‌بعد نمایش می‌دهند تا مقدار به‌دست‌آمده در ایستگاه‌های متفاوت را بتوان با یکدیگر مقایسه نمود. و به آن RRMSE می‌گویند که در رابطه (۷) نشان داده شده است.

$$RRMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}}{\bar{O}} \quad (7)$$

در این پژوهش برای شناخت بهتر میزان بارش در منطقه، بارش سالانه ایستگاه‌های مختلف از روی آمار بارش ماهانه محاسبه شد و سپس نقشه پهنه‌بندی بارش ترسیم شد. پهنه‌بندی با استفاده از نرم‌افزار GIS و به روش کریجینگ انجام شد (Moradi 2020). برای ارزیابی بارش، ابتدا داده‌های بارش ماهانه ۱۳ ایستگاه زمینی با داده‌های درون‌یابی دوخطی شده هر یک از پایگاه‌های TRMM، PERSIANN و ERA5 در محل ایستگاه در ماتریس‌هایی به ابعاد ۱۳×۲۲۶ مرتب شد که در آن ۱۳، معرف تعداد ایستگاه‌ها و ۲۲۶، معرف تعداد ماه‌ها از مارس ۲۰۰۰ تا پایان سال ۲۰۱۸ میلادی می‌باشد. برای محاسبه آماره‌های مختلف به‌صورت کلی داده‌های کلیه ایستگاه‌های مشاهده‌ای و پایگاه‌های داده شبکه‌بندی شده در دوره آماری در یک ماتریس ۲۹۳۸×۴ تهیه شد. که در این ماتریس چهار نماینده ایستگاه‌های مشاهده‌ای، TRMM، PERSIANN و ERA5 است و ۲۹۳۸ حاصل ضرب ۱۳×۲۲۶ است. برای ارزیابی مکانی داده‌های هر ایستگاه مشاهده‌ای با داده‌های هر یک از پایگاه‌های داده در یک ماتریس ۲۲۶×۲ تهیه شد و آماره‌های مختلف در هر ایستگاه مشاهده‌ای برای هر پایگاه داده به دست آمد. سپس نقشه‌های پهنه‌بندی که نشان‌دهنده هر یک از آماره‌ها در موقعیت مکانی آن داده است رسم شد. برای بررسی زمانی عملکرد پایگاه‌های داده ابتدا آماره‌های داده‌های مربوط به هر ماه در کلیه ایستگاه‌ها

تجسم مکانی آماره در موقعیت آن، نقشه‌های پهنه‌بندی آماره در محل ایستگاه به‌دست‌آمده است؛ در یک ماتریس 226×2 تهیه شد. سپس هر آماره در محل آن به‌دست‌آمده و برای

جدول ۳ - مقادیر آماره‌های مختلف در پایگاه‌های داده بارش در مقایسه با داده‌های مشاهده‌ای

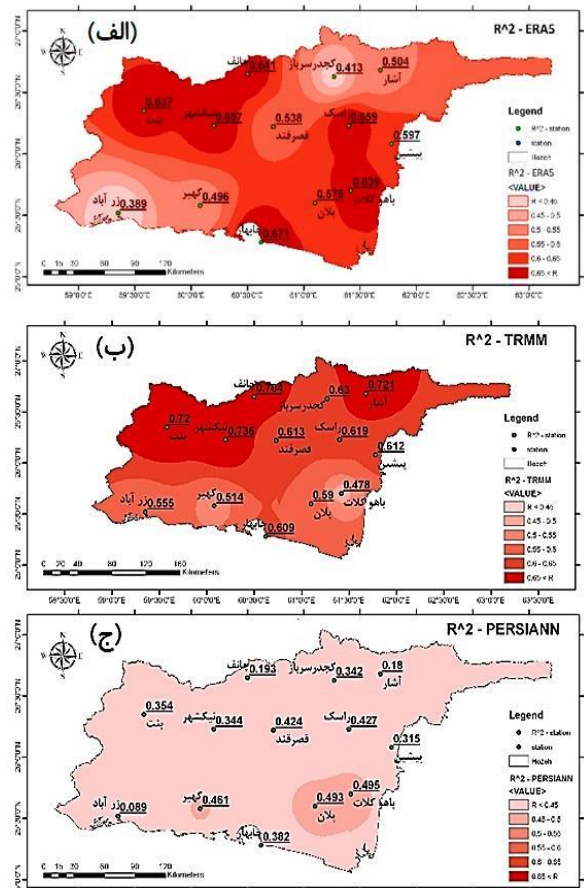
Table 3 Different statistic values in precipitation databases compared to observational data

Data Base	R ²	NSE	BIAS	IA	RMSE	RRMSE
TRMM	0.624**	0.609	0.687	0.883	14.690	4.726
PERSIANN	0.307**	0.261	-2.457	0.706	20.200	6.498
ERA5	0.562**	0.554	-1.946	0.833	15.693	5.048

** سطح معنی داری ۰/۰۱

(2007) Peters-Lidard که مقایسه داده‌های ماهواره در خشکی و آب‌ها نشان‌دهنده دقت بیش‌تر داده‌ها در خشکی‌ها است همخوانی دارد. ضریب تعیین داده‌های مشاهده‌ای با پایگاه داده مدل ERA5 در اغلب موارد کمتر از TRMM است و در همه موارد بهتر از PERSIANN است. ضریب همبستگی داده‌های ERA5 در ایستگاه‌هایی که میزان متوسط بارش سالانه در طول دوره آماری، بیشینه است؛ بازده مناسبی ندارد.

نقشه‌های پهنه‌بندی NSE و BIAS در شکل (۵) نشان داده شده است. ضریب کارایی داده‌های مشاهده‌ای و پایگاه‌های داده مختلف، بیانگر آن است که بهترین عملکرد مربوط به TRMM و بعد از آن ERA5 و در رتبه آخر PERSIANN است. با توجه به اینکه تفاوت مقادیر دو سری به تیر دو می‌رسد؛ این ضریب نسبت به مقادیر بیشینه و کمینه حساس است. می‌توان نتیجه گرفت که TRMM مقادیر بارش‌های بیشینه و کمینه را بهتر از ERA5 و PERSIANN برآورد می‌کند. آماره آریب که نشان‌دهنده تمایل مدل در بیش برآورد کردن یا کم برآورد کردن مقادیر مشاهده‌ای است؛ نشان می‌دهد داده‌های TRMM در اغلب ایستگاه‌ها دارای بیش برآوردی بوده است. داده‌های ERA5 و PERSIANN به‌صورت عمومی کم برآوردی دارد. البته لازم به ذکر است بدون در نظر گرفتن علامت داده و با توجه به قدر مطلق مقدار آریبی بهترین عملکرد به‌ترتیب مربوط به TRMM، ERA5 و PERSIANN است.

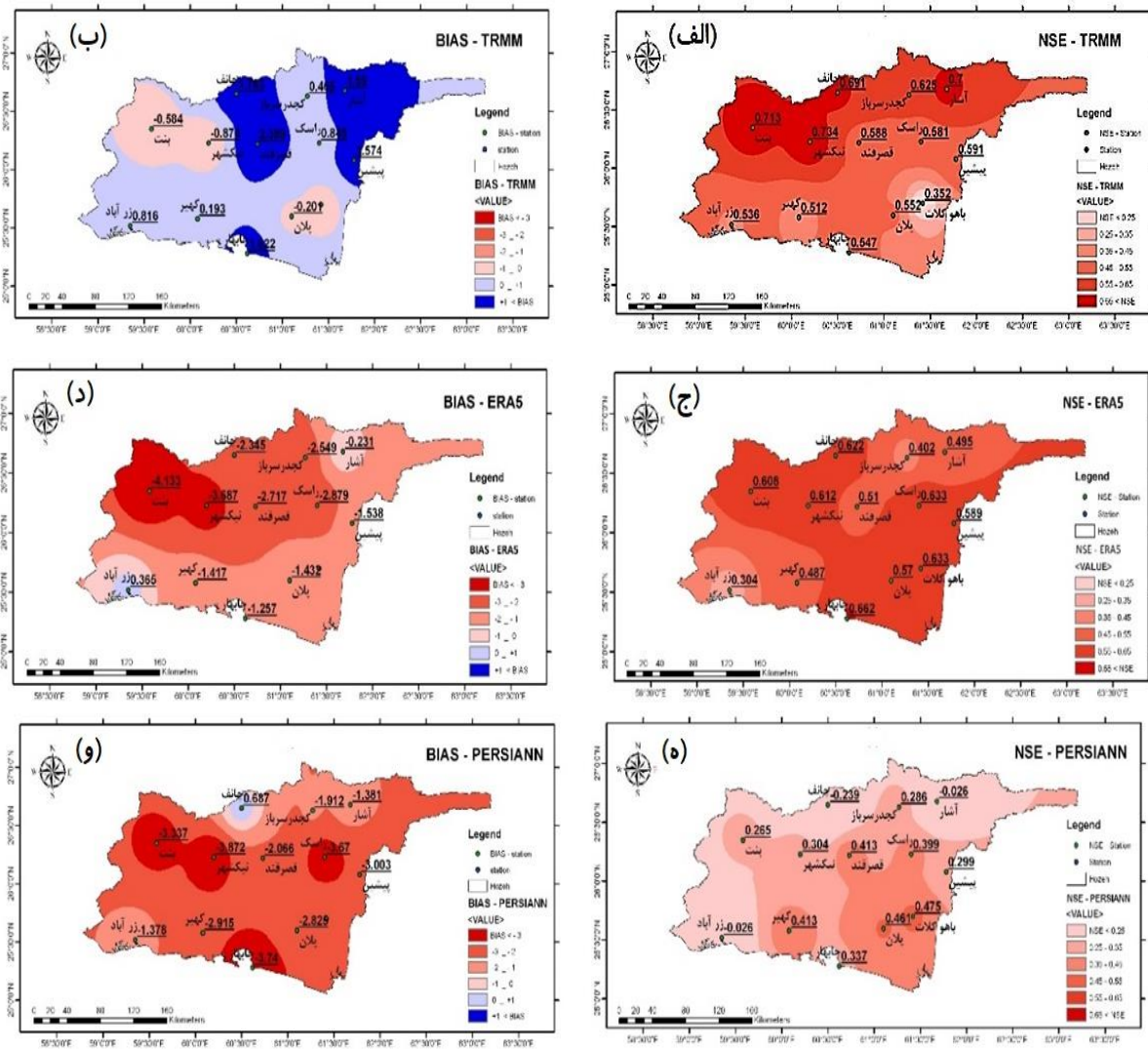


شکل ۴ - نقشه‌های پهنه‌بندی R²: الف - ERA5، ب -

TRMM و ج - PERSIANN

Fig. 4 Zoning maps of R²: a) ERA5, b) TRMM and c) PERSIANN

ضریب تعیین داده‌های مشاهده‌ای و پایگاه‌های مختلف، بیانگر آن است که بهترین عملکرد مربوط به TRMM و سپس ERA5 است. قابل توجه است که در حالت کلی عملکرد TRMM در عرض‌های جغرافیایی بالاتر که معمولاً فاصله از دریا، ارتفاع و متوسط بارش سالانه بیش‌تر است؛ نسبت به عرض‌های جغرافیایی پایین بهتر است. این موضوع با نتایج پژوهش (Tian and

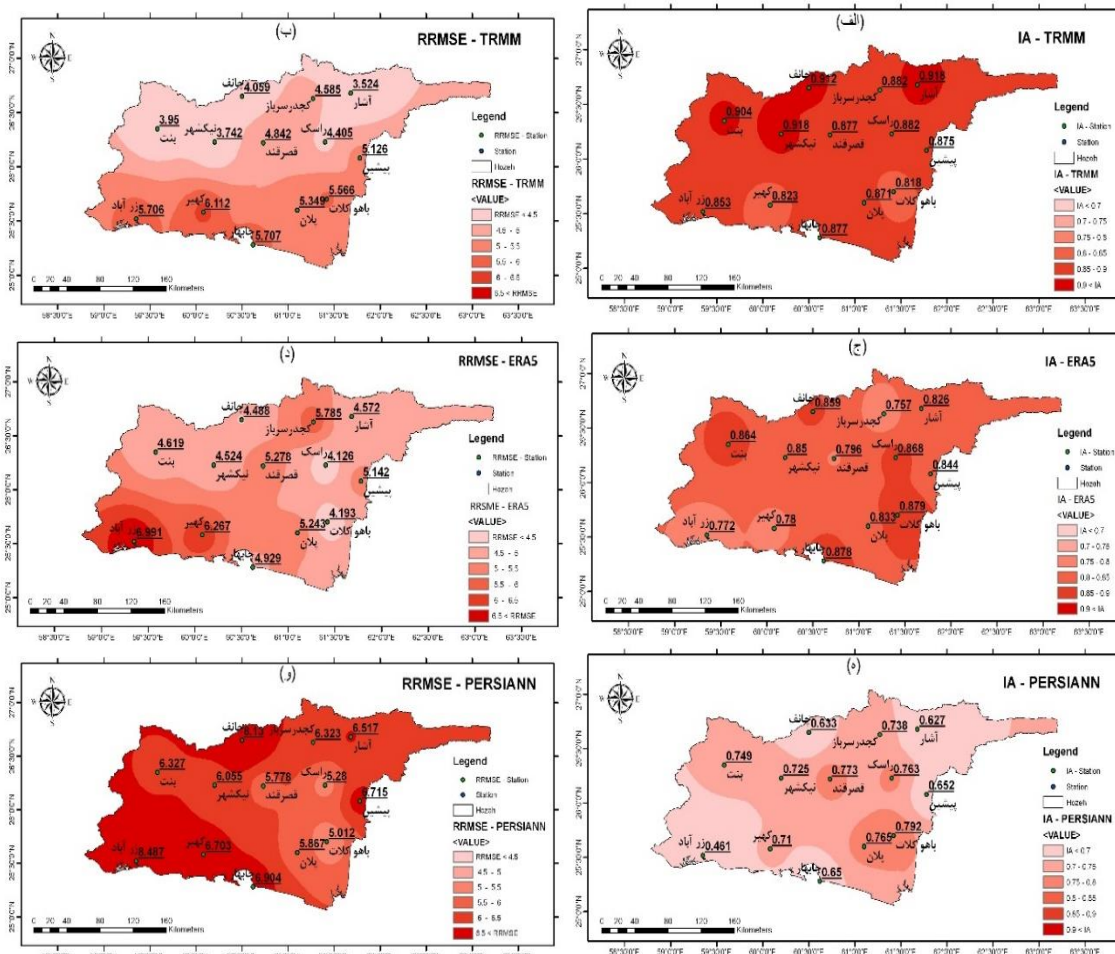


شکل ۵ - نقشه‌های پهنه‌بندی: الف- NSE TRMM، ب- BIAS TRMM، ج- NSE ERA5، د- BIAS ERA5، ه- NSE PERSIANN و، و- BIAS PERSIANN

Fig. 5 zoning maps: a) NSE TRMM, b) BIAS TRMM, c) NSE ERA5, d) BIAS ERA5, e) NSE PERSIANN and f) BIAS PERSIANN

شده است. با توجه به عملکرد بهتر TRMM نتایج این پژوهش با نتایج Amjad et al. (2020) که نشان دادند منابع بارش ماهواره‌ای نسبت به منابع بارش باز تحلیل عملکرد مناسب‌تری دارد همخوانی دارد. همچنین با توجه به موقعیت حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی که در نیمه جنوبی استان سیستان و بلوچستان است نتایج این پژوهش با نتایج Khosravi et al. (2013) که بهترین عملکرد TRMM در نیمه جنوبی استان است هماهنگ است.

نمایه توافق که مقدار عاری بودن از خطای مقادیر برآوردی را بدون در نظر گرفتن همبستگی، ارزیابی می‌کند؛ بیانگر آن است. بیش‌ترین توافق در داده‌های TRMM و سپس ERA5 می‌باشد. مقادیر PERSIANN در همه ایستگاه‌ها کم‌ترین توافق را دارد. به‌همین ترتیب مجذور میانگین مربعات خطا و مجذور میانگین مربعات خطای نسبی نیز نشان‌دهنده آن است که بهترین عملکرد به ترتیب مربوط به TRMM، ERA5 و PERSIANN است. نقشه‌های پهنه‌بندی IA و RRMSE در شکل (۶) نشان داده



شکل ۶ - نقشه‌های پهنه‌بندی: الف - IA TRMM، ب - RRMSE TRMM، ج - IA ERA5، د - RRMSE ERA5، ه - IA PERSIANN و و - RRMSE PERSIANN

Fig. 6 zoning maps: a) IA TRMM, b) RRMSE TRMM, c) IA ERA5, d) RRMSE ERA5, e) IA PERSIANN and f) RRMSE PERSIANN

همبستگی داده‌های ERA5 در مقیاس ماهانه نسبت به روزانه افزایش یافته است. داده‌های ERA5 در استان اردبیل بیش‌برآوردی داشت ولی در حوضه بلوچستان جنوبی کم برآوردی دارد. نمایه توافق نشان‌دهنده بیشترین توافق در داده‌ها به میزان ۰/۹۳۹ برای داده‌های TRMM و در ژانویه است و کم‌ترین توافق به میزان ۰/۳۴۹ و مربوط به داده‌های ERA5 در ماه اکتبر است. آماره مجذور میانگین مربعات خطای نسبی نشان داد که بیش‌ترین مقدار این آماره برای داده‌های TRMM در ماه ژوئن است همچنین برای ERA5 و PERSIANN به ترتیب بزرگ‌ترین میانگین مربعات خطای نسبی مربوط به ماه ژوئن و ژوئیه است که ماه‌های فصل تابستان است. با توجه به تأثیرپذیری این حوضه از مونسون هند در تابستان که

۳-۲- ارزیابی زمانی

برای ارزیابی زمانی، داده‌های همه ایستگاه‌های زمینی بدون در نظر گرفتن موقعیت ایستگاه‌ها با داده‌های هر یک از پایگاه‌ها در هر یک از ماه‌ها مقایسه شد. عملکرد پایگاه‌های داده سه‌گانه در ماه‌های سال در جدول (۴) آمده است. ضریب تعیین داده‌های مشاهده‌ای و پایگاه‌های داده مختلف، حاکی از آن است که بالاترین همبستگی داده‌های TRMM به ترتیب در ماه‌های ژانویه، دسامبر و فوریه و پایین‌ترین همبستگی آن، در سپتامبر می‌باشد. همچنین بیش‌ترین همبستگی ERA5 در ماه‌های فصل زمستان و به ترتیب در ماه‌های ژانویه، دسامبر و فوریه است و کمترین همبستگی در ماه اکتبر بوده است. طبق پژوهش Azizi Mobaser et al. (2021) در استان اردبیل

بارش‌های زیاد در روزهای محدود دارد باعث شده بیفتد.

حداکثر خطای RRMSE در ماه‌های تابستان اتفاق

جدول ۴- مقادیر آماره‌های مختلف در پایگاه‌های داده مختلف بارش در مقایسه با داده‌های مشاهده‌ای در ماه‌های گوناگون

Table 4 Values of different statistics in precipitation databases compared to observational data in several months

Month	Data Base	R ²	NSE	BIAS	IA	RMSE	RRMSE
January	TRMM	0.794**	0.793	-1.117	0.939	18.765	3.56
	PERSIANN	0.325**	0.052	-19.563	0.539	40.154	7.618
	ERA5	0.746**	0.689	-6.332	0.885	22.998	4.363
February	TRMM	0.590**	0.582	-0.671	0.839	18.803	4.42
	PERSIANN	0.346**	0.098	-11.993	0.525	27.637	6.496
	ERA5	0.546**	0.542	-1.661	0.834	19.685	4.627
March	TRMM	0.481**	0.411	4.195	0.81	15.205	4.056
	PERSIANN	0.407**	0.358	-1.605	0.786	15.864	4.231
	ERA5	0.433**	0.269	1.882	0.8	16.928	4.515
April	TRMM	0.392**	0.388	0.438	0.74	6.453	3.446
	PERSIANN	0.176**	-0.616	3.67	0.599	10.491	5.602
	ERA5	0.292**	0.13	0.244	0.718	7.699	4.111
May	TRMM	0.226**	-0.351	1.717	0.656	8.414	4.728
	PERSIANN	0.224**	-2.176	4.694	0.561	12.902	7.249
	ERA5	0.219**	0.21	-0.242	0.6	6.433	3.614
June	TRMM	0.528**	0.406	2.483	0.843	31.029	8.14
	PERSIANN	0.756**	0.755	-0.902	0.924	19.911	5.223
	ERA5	0.509**	0.436	-7.222	0.729	30.219	7.927
July	TRMM	0.405**	0.343	2.071	0.775	10.966	4.969
	PERSIANN	0.519**	-1.68	7.382	0.703	22.142	10.034
	ERA5	0.368**	0.312	-2.114	0.617	11.219	5.084
August	TRMM	0.339**	0.329	-0.929	0.664	10.21	4.269
	PERSIANN	0.261**	-1.095	2.619	0.637	18.039	7.542
	ERA5	0.227**	0.119	-2.63	0.636	11.7	4.892
September	TRMM	0.124**	0.115	-0.255	0.444	6.21	4.035
	PERSIANN	0.127**	0.082	-1.12	0.477	6.326	4.11
	ERA5	0.181**	0.106	-1.295	0.359	6.242	4.056
October	TRMM	0.199**	0.198	0.003	0.517	7.961	4.572
	PERSIANN	0.107**	0.068	-1.713	0.42	8.584	4.93
	ERA5	0.084**	0.049	-1.642	0.349	8.67	4.979
November	TRMM	0.439**	0.425	0.076	0.796	9.633	4.106
	PERSIANN	0.536**	0.487	-1.742	0.846	9.101	3.879
	ERA5	0.456**	0.317	0.223	0.814	10.503	4.476
December	TRMM	0.761**	0.76	0.066	0.93	13.134	3.425
	PERSIANN	0.316**	0.076	-10.57	0.481	25.797	6.726
	ERA5	0.631**	0.62	-2.785	0.783	16.537	4.312

** سطح معنی‌داری ۰/۰۱

های بارش‌زای بادهای غربی از اواخر پاییز و مونسون هند در تابستان فصول زمستان، بهار و تابستان در این حوضه مرطوب است. در نتیجه نتایج این پژوهش با نتایج (Almazroui (2011) در عربستان که نشان داد روند داده‌های TRMM و داده‌های واقعی در فصل مرطوب نتایج نزدیک به هم دارد همخوانی دارد. برای ERA5 بهترین عملکرد مربوط به فصل زمستان، تابستان، پاییز و بهار است و در کلیه فصول کم برآوردی دارد. همچنین برای PERSIANN بهترین عملکرد مربوط به تابستان، پاییز،

در جدول (۵) آماره‌های مختلف به صورت فصلی و سالانه ارائه شده است. در این جدول آماره‌های R²، NSE، IA و نشان می‌دهد بهترین عملکرد برای TRMM به ترتیب در فصل زمستان، بهار، تابستان و پاییز است. با توجه به آماره آریب این منبع بارشی برای فصل تابستان بیش برآوردی و برای سایر فصول کم برآوردی دارد. با توجه به موقعیت حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی، و قرار گرفتن این حوضه در مناطق ساحلی دریای عمان و نزدیکی به خط استوا و داشتن دمای مناسب در کلیه فصول و تأثیرپذیری این منطقه از سیستم-



زمستان و بهار است و در تابستان و بهار بیش برآوردی و در پاییز و زمستان کم برآوردی دارد.

جدول ۵- مقادیر آماره‌های مختلف فصلی و سالانه در پایگاه‌های داده بارش در مقایسه با داده‌های مشاهده‌ای

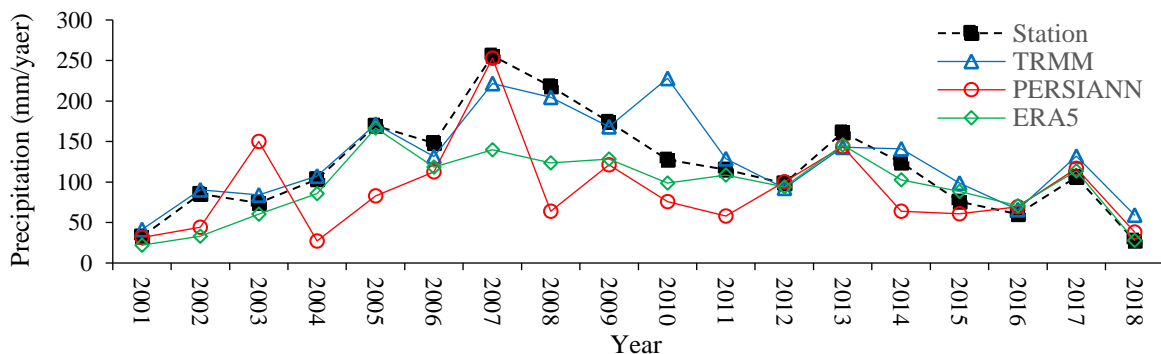
Table 5 Values of different seasonal and annual statistics in precipitation databases compared to observational data

Season	Data Base	R ²	NSE	BIAS	IA	RMSE	RRMSE
Spring	TRMM	0.494**	0.562	-0.772	0.849	14.074	4.774
	PERSIANN	0.314**	-0.413	0.457	0.284	25.274	8.573
	ERA5	0.462**	-0.472	-1.153	0.255	25.794	8.749
Summer	TRMM	0.509**	0.411	1.208	0.835	19.894	6.875
	PERSIANN	0.539**	0.399	3.033	0.846	20.101	6.946
	ERA5	0.465**	0.417	-3.989	0.718	19.798	6.842
Autumn	TRMM	0.334**	0.327	-0.059	0.711	8.057	4.226
	PERSIANN	0.364**	0.321	-1.525	0.741	8.094	4.245
	ERA5	0.310**	0.225	-0.905	0.720	8.649	4.537
Winter	TRMM	0.740**	0.739	-0.563	0.919	17.045	3.802
	PERSIANN	0.336**	0.095	-13.979	0.523	31.742	7.081
	ERA5	0.665**	0.646	-3.578	0.873	19.859	4.430
Year	TRMM	0.575**	0.543	8.486	0.862	51.465	4.702
	PERSIANN	0.316**	0.042	-30.187	0.729	74.537	6.810
	ERA5	0.424**	0.326	-23.859	0.744	62.500	5.710

** سطح معنی‌داری ۰/۰۱

با توجه به شکل داده‌های TRMM بیش برآوردی و ERA5 و PERSIANN کم برآوردی دارند. همچنین با مقایسه سری زمانی نیز می‌توان گفت؛ PERSIANN عملکرد مناسبی در این منطقه ندارد.

ارزیابی سالانه داده‌های پایگاه‌های مختلف نشان داد با توجه به کلیه آماره‌ها بهترین عملکرد به ترتیب مربوط به TRMM، ERA5 و PERSIANN است. سری زمانی بارش میانگین ایستگاه‌های زمینی و پایگاه‌های داده بارش مختلف، در مقیاس زمانی سالانه، در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل ۷- سری زمانی میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های زمینی در مقایسه با داده‌های TRMM، PERSIANN و ERA5

Fig. 7 Time series of average annual precipitation at stations compared to TRMM, PERSIANN and ERA5

۲- داده‌های بارش ماهانه TRMM در مناطق با فاصله بیش‌تر از دریا که معمولاً ارتفاع بیش‌تری دارند و نزولات جوی بیش‌تری نیز دریافت می‌کنند؛ برآورد بهتری داشته و همچنین در ماه‌های فصل زمستان بهتر عمل نموده است. داده‌های این پایگاه معمولاً دارای بیش برآوردی است. و در فصول مرطوب عملکرد مناسب‌تری دارد.

۳- داده‌های بارش ماهانه ERA5 در ماه‌های فصل زمستان بهترین برآوردها را نسبت به سایر ماه‌ها دارد. این پایگاه در

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به ارزیابی داده‌های بارش ماهانه پایگاه‌های داده مختلف به‌وسیله داده‌های مشاهده‌ای، ۱۳ ایستگاه همدید، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی، در حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که:

۱- در مجموع با توجه به آماره‌های مختلف، بهترین عملکرد به‌ترتیب مربوط به TRMM و ERA5 است. داده‌های PERSIANN تخمین دقیقی از بارش ارائه نداد.

دسترسی به داده‌ها

داده‌های اولیه از اداره کل هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان اخذ شده است. برخی داده‌های تولیدشده در متن مقاله ارائه شده است و داده‌هایی که در متن وجود ندارد با درخواست از نویسنده مسئول قابل ارسال خواهد بود.

تضاد منافع نویسندگان

نویسنده این مقاله اعلام می‌دارد که هیچ‌گونه تضاد منافی در رابطه با نوشتن و یا انتشار این مقاله ندارد.

References

- Almazroui, M. (2011). Calibration of TRMM rainfall climatology over Saudi Arabia during 1998-2009. *Atmosphere. Res.*, 99(3-4), 400 - 414. DOI: [10.1016/j.atmosres.2010.11.006](https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.11.006)
- Amini, A., Abdeh Kolahchi, A., Al-Ansari, N., Karami Moghadam, M. and Mohammad, T. (2019). Application of TRMM precipitation data to evaluate drought and its effects on water resources instability. *Appl. Sci.* 9(24), 5377, DOI: [10.3390/app9245377](https://doi.org/10.3390/app9245377).
- Amjad, M., Yilmaz, M. T., Yucel, I. and Yilmaz, K. K. (2020). Performance evaluation of satellite-and model-based precipitation products over varying climate and complex topography. *J. Hydrol.*, 584, 124707, DOI: [10.1016/j.jhydrol.2020.124707](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124707).
- Tran Anh, D., Van, S. P., Dang, T. D. and Hoang, L. P. (2019). Downscaling rainfall using deep learning long short-term memory and feedforward neural network. *Int. J. Climat.*, 39(10), 4170-4188. DOI: [10.1002/joc.6066](https://doi.org/10.1002/joc.6066).
- Ashouri, H., Hsu, K. L., Sorooshian, S., Braithwaite, D. K., Knapp, K. R., Cecil, L. D., Nelson, B. R. and Prat, O. P. (2015). PERSIANN-CDR: Daily precipitation climate data record from multi satellite observations for hydrological and climate studies. *Am. Meteorol. Soc.*, 96(1), 69-83. DOI: [10.1175/BAMS-D-13-00068.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00068.1).
- Azizi Mobaser, J., Rasoulzadeh, A., Rahmati, A., Shayeghi, A. and Bakhtar, A. (2021). Evaluating the performance of Era-5 Reanalysis data in estimating daily and monthly precipitation, Case Study; Ardabil Province. *Iran. J. Soil Water Res.*, 51(11), 2937-2951. DOI: [10.22059/ijswr.2020.302176.668600](https://doi.org/10.22059/ijswr.2020.302176.668600) [In Persian].
- Balsamo, G., Albergel, C., Beljaars, A., Boussetta, S., Brun, E., Cloke, H., Dee, D., Dutra, E., Munoz-Sabater, J., Fappenberger, F., de Rosny, P., Stockdale, T. and Vitari, F. (2015). ERA-Interim/Land: a global land surface reanalysis data set. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19(1), 389-407. DOI: [10.5194/hess-19-389-2015](https://doi.org/10.5194/hess-19-389-2015).
- Cohen Liechti, T., Matos, J. P., Boillat, J. L. and Schleiss, A. J. (2012). Comparison and evaluation of satellite derived precipitation products for hydrological modeling of the Zambezi River Basin. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 489-500. DOI: [10.5194/hess-16-489-2012](https://doi.org/10.5194/hess-16-489-2012).
- Darand, M. and Zand Karimi, S. (2015). Evaluation of spatial-temporal accuracy of precipitation of European center for medium-range weather forecasts (ECMWF) over Iran. *Phys. Geogr. Res. Quart.*, 47(4), 651-675. DOI: [10.22059/jphgr.2015.56054](https://doi.org/10.22059/jphgr.2015.56054) [In Persian].
- DeLeeuw, J., Methven, J. and Blackburn, M. (2015). Evaluation of ERA-Interim reanalysis precipitation products using England and Wales observations. *Quart. J. Royal Meteorol. Soc.*, 141(688), 798-806. DOI: [10.1002/qj.2395](https://doi.org/10.1002/qj.2395).
- Erfanian, M., Kazempour, S. and Heidari, H. (2013). Evaluation and calibration of TRMM satellite rainfall data in arid and semi-arid regions of Iran. *Quart. Geogra. (Region. Plan.)*, 3(3), 82-95 [In Persian].
- Faghih, H., Behmanesh, J. and Khalili, K. (2018). Simulation of spatiotemporal annual precipitation using stochastic models. *J. Water Soil Sci.*, 22(1), 367-386. DOI: [In Persian].



- 10.29252/jstnar.22.1.367 [In Persian].
- Hughes, D. A., Andersson, L., Wilk, J. and Savenije, H. (2006). Regional calibration of the Pitman model for the Okavango River. *J. Hydrol.*, 331(1-2), 30–42. DOI: [10.1016/j.jhydrol.2006.04.047](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.04.047)
- Katirae Boroujerdy, P. S. (2013). Comparison of high-resolution gridded monthly satellite and ground-based precipitation data over Iran. *Iran. J. Geophys.*, 7(4), 149-160 [In Persian].
- Khosravi, M., Bostani, M., Azizoghli, M. A. and Goodarzfifar, M. (2013). Comparison of the Sistan and Baluchistan Province precipitation zones using satellite data and ground stations. *J. Climat. Res.*, 1392(13), 97-110 [In Persian].
- Masoodian, S. A., Rayatpisheh, F. and Keykhosravi Kiani, M. S. (2014). Introducing the TRMM and Asfezari precipitation database: A comparative study. *Iran. J. Geophys.*, 8(4), 15-31 [In Persian].
- Miri, M., Rahimi, M. and Noroozi, A. (2020). Evaluation and comparison of GPM and TRMM daily precipitation with observed precipitation across Iran. *Watershed Eng. Manage.*, 11(4), 972-983. DOI: [10.22092/ijwmse.2018.121397.1469](https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.121397.1469) [In Persian].
- Moradi, H. (2020). Evaluation of different interpolation methods in climatic zones of Ilam Province. *Geogra. Human Relation.*, 2(4), 1-15. DOI: [20.1001.1.26453851.1399.2.4.1.9](https://doi.org/20.1001.1.26453851.1399.2.4.1.9) [In Persian].
- Moriassi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner R. L., Harmel, R. D. and Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transact. Am. Soc. Agri. Bio. Eng.*, 50(3), 885-900. DOI: [10.13031/2013.23153](https://doi.org/10.13031/2013.23153)
- Nicholson, S. (2005). On the question of the “recovery” of the rains in the west African Sahel. *J. Arid Environ.*, 63(3), 615–641. DOI: [10.1016/j.jaridenv.2005.03.004](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.03.004).
- Raziei, T. and Pereira, L. S. (2013). Spatial variability analysis of reference evapotranspiration in Iran utilizing fine resolution gridded datasets. *Agri. Water Manage.*, 126, 104-118. DOI: [10.1016/j.agwat.2013.05.003](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.05.003).
- Raziei, T. and Sotoudeh, F. (2017). Investigation of the accuracy of the European center for medium range weather forecasts (ECMWF) in forecasting observed precipitation in different climates of Iran. *J. Earth Space Phys.*, 43(1), 133-147. DOI: [10.22059/JESPHYS.2017.57958](https://doi.org/10.22059/JESPHYS.2017.57958) [In Persian].
- Sattari, M. T., Rezazadeh-Joudi, A., & Kusiak, A. (2017). Assessment of different methods for estimation of missing data in precipitation studies. *Hydrol. Res.*, 48(4), 1032-1044. DOI: [10.2166/nh.2016.364](https://doi.org/10.2166/nh.2016.364).
- Sorooshian, S., Hsu, K. L., Imam, B., and Hong, Y. (2008). Global precipitation estimation from satellite image using artificial neural networks. In *Hydrological Modelling in Arid and Semi-Arid Areas*. Cambridge University Press. pp. 21–27. DOI: [10.1017/CBO9780511535734.003](https://doi.org/10.1017/CBO9780511535734.003)
- Tian, Y. and Peters-Lidard, C. D. (2007). Systematic anomalies over inland water bodies in satellite-based precipitation estimates. *Geophys. Res. Lett.*, 34(14). DOI: [10.1029/2007GL030787](https://doi.org/10.1029/2007GL030787)
- Xu, X., Frey, S. K., Boluwade, A., Erler, A. R., Khader, O., Lapen, D. R. and Sudicky, E. (2019). Evaluation of variability among different precipitation products in the Northern Great Plains. *J. Hydrol. Reg. Stud.*, 24, 100608. DOI: [10.1016/j.ejrh.2019.100608](https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100608)

How to cite this paper:

Rezaei, M., Azhdary Moghaddam, M., Azizyan, G. and Shamsipur, A. A. (2023). Assessment of precipitation obtained from gridded data bases in Southern Baluchestan Basin. *Environ. Water Eng.*, 9(1), 61–76. DOI: [10.22034/jewe.2022.329479.1726](https://doi.org/10.22034/jewe.2022.329479.1726)

