



Comparison and Evaluation of Precipitation Estimated by ERA-Interim, PERSIANN-CDR and CHIRPS Models at the Upstream of Maroon Dam

A. Gorjizade^{1*}, A. AkhondAli², A. Shahbazi³
and A. Moridi⁴

Abstract

Precipitation is a major component of the hydrological cycle, which has significant spatial and temporal variations. The lack of suitable data for this parameter causes a problem in hydrological forecasts. Since satellite data provides a new solution for estimating rainfall with spatial and temporal variation, this study evaluated the accuracy of some of these data types at the upstream of the Maroon Dam, including high-resolution spatial data consist of ERA-Interim, CHIRPS and PERSIANN-CDR on daily, monthly and annual timescales. With respect to evaluation, gridded precipitation data and observational data from 2003 to 2014 were considered. The results showed that estimation of the annual rainfall data of the gridded precipitation models was underestimated so that the estimated average annual precipitation was evaluated less than the mean annual observational precipitation. In the estimation of monthly precipitation with regards to the Nash-Sutcliffe coefficient at Dehno, Idenak and Margoon stations, the ERA-Interim model and at the Ghale-Raeesi station CHIRPS model indicated the best performance compared to other models. In the daily rainfall estimation, like the monthly rainfall, the best estimate at the Idenak station was the ERA-Interim model, which had an NSE of 0.63 and the best estimate of precipitation in all stations was by ERA-Interim. ERA-Interim had the best performance from the 3 gridded models in the correct detection of rainy days. The best performance of this model was in determining the correct rain days with POD = 0.53 at Idenak station.

Keywords: Rainfall Estimation, Evaluation Indexes, Satellite-Gauge Data, Reanalysis Data.

Received: September 7, 2018

Accepted: December 12, 2018

مقایسه و ارزیابی بارش برآورد شده توسط مدل‌های در CHIRPS و PERSIANN-CDR، ERA-Interim بالادست سد مارون

علی گرجی‌زاده^{۱*}، علی محمد آخوندعلی^۲، علی شهبازی^۳
علی مریدی^۴

چکیده

بارش یک جزء اصلی چرخه هیدرولوژیک است که دارای تغییرات قابل توجهی در مکان و زمان می‌باشد و نبود داده‌های مناسب این پارامتر سبب ایجاد مشکل در پیش‌بینی‌های هیدرولوژیک می‌گردد. از آنجایی که داده‌های ماهواره ای-باران‌سنجی و داده‌های بازتحلیل راه‌حل جدیدی از برآورد میزان بارش با تنوع مکانی و زمانی ارائه می‌دهند و مشکلات ناشی از کمبود داده‌ها و کیفیت نامناسب آن‌ها را برطرف می‌کند، این مطالعه به بررسی دقت برخی از این نوع داده‌ها شامل داده‌های با وضوح مکانی بالا ERA-Interim، CHIRPS و PERSIANN-CDR در بالادست سد مارون پرداخته و جهت ارزیابی از داده‌های بارش روزانه، ماهانه و سالانه سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۴ داده‌های شبکه‌بندی بارش و داده‌های باران‌سنجی بهره گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد در برآورد بارش سالانه داده‌های مدل‌های شبکه‌بندی شده فرو برآورد عمل نموده و میانگین بارش سالانه را کمتر از میانگین بارش سالانه مشاهداتی برآورد نموده است. در برآورد بارش ماهانه با توجه به ضریب نش-ساتکلیف در ایستگاه‌های دهنو، ایدنک و مارگون مدل ERA-Interim و در ایستگاه قلعه ریسی مدل CHIRPS بهترین عملکرد را نسبت به مدل‌های دیگر نشان می‌دهد. در تخمین بارش روزانه، همچون بارش ماهانه بهترین برآورد در ایستگاه ایدنک مربوط به مدل ERA-Interim بوده که دارای $NSE=0.63$ می‌باشد و بهترین تخمین میزان بارش در تمام ایستگاه‌ها توسط ERA-Interim صورت گرفته است. همچنین در آشکارسازی صحیح روزهای بارانی مدل ERA-Interim بهترین عملکرد را از بین ۳ مدل ماهواره ای داشته و بهترین عملکرد این مدل در تشخیص صحیح روزهای بارانی با $POD=0.53$ در ایستگاه ایدنک صورت پذیرفته است.

کلمات کلیدی: تخمین بارندگی، شاخص‌های ارزیابی، داده‌های ماهواره‌ای-باران‌سنجی، داده‌های بازتحلیل.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۶/۱۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۹/۲۱

1- Ph.D. Candidate of Water Resources Engineering, Department of Water Resources, College of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahwaz, Ahwaz, Iran. Email: Aligorzade@gmail.com

2- Professor of Water Resources Engineering Department of Water Resources, College of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahwaz, Ahwaz, Iran.

3- Ph.D. in Water Resources Engineering, Khuzestan Water and Power Organization, Ahwaz, Iran.

4- Assistant Professor, Faculty of Civil, Water and Environmental Sciences, Shahid Beheshti University of Tehran, Tehran, Iran.

*- Corresponding Author

۱- دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- استاد گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده مهندسی منابع آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- دانش‌آموخته دکتری مهندسی منابع آب، سازمان آب و برق خوزستان.

۴- استادیار دانشکده عمران، آب و محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی تهران.

*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

ترکیب این داده‌ها سبب کاهش آریبی و اصلاح خطا می‌گردد. برخی داده‌هایی که از ترکیب داده‌های صرفاً ماهواره‌ای و باران‌سنجی تشکیل شده‌اند؛ داده‌های این گروه در مقیاس مکانی ۰/۲۵ درجه و یا کمتر در دسترس هستند. ابزار اندازه‌گیری باران در سطح کره زمین علاوه بر استفاده مستقیم از باران‌سنج‌ها از این چند دسته خارج نیستند. چنانچه راهی پیدا شود که اندازه‌گیری در ایستگاه‌های فاقد آمار از بعضی از این روش‌ها قابل دستیابی باشد، آنگاه می‌توان راهی پیدا کرد که در دفعات آتی این اطلاعات تکمیل‌کننده اندازه‌گیری‌های زمینی شوند و در مکان‌هایی که امکان اندازه‌گیری زمینی وجود ندارد، با پردازش داده‌ها از گروه‌های مذکور میزان باران را با سرعت بیشتر و زمان مناسب‌تر اندازه گرفت. طی دهه‌های گذشته، تلاش‌های زیادی برای تولید داده‌های ماهواره‌ای صورت گرفته است، در نتیجه بارش به طور گسترده‌ای در مقیاس‌های زمانی و مکانی در دسترس است (Tapiador et al., 2012) و مقادیر آن‌ها از یک منطقه به منطقه دیگر متفاوت است. انواع مجموعه داده‌های بارش شبکه‌بندی در زمینه‌های مختلف به کار گرفته شده است. (Miri et al., 2016) با ارزیابی داده‌های باران سنجنده TRMM و داده‌های GPCC بیان کردند که هر دو پایگاه داده از دقت مناسبی در سطح ایران برخوردارند. (Darand and Zand karimi, 2016) داده‌های باران ماهانه سه پایگاه GPCC، اسفزاری و ایستگاه‌های همدیدی بر روی ایران طی بازه زمانی ۱۹۶۲ تا ۲۰۱۰ را بررسی نمودند. نتایج بیانگر هماهنگی و همبستگی زمانی بسیار بالای باران برآورد شده این پایگاه با دو پایگاه داده ملی اسفزاری و ایستگاهی است. Hosseini moghari et al. (2017) به ارزیابی دقت اطلاعات چهار پایگاه بارش شبکه‌بندی شده جهانی در حوضه دریاچه ارومیه پرداختند. بر اساس نتایج حاصله داده‌های CRU^۲ و GPCC دارای عملکرد مناسب در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. (Ghahraman et al., 2018) مقایسه مقادیر مشاهداتی بارش و اطلاعات بارش ماهواره‌ای PERSIANN، CMORPH و روش‌های درون‌یابی در مقیاس ساعتی و روزانه در حوضه آبریز شاپور پرداختند. نتایج نشان داد اگرچه مدل CMORPH در مقیاس ساعتی همبستگی بیشتری را با داده‌های مشاهداتی دارد، اما در آشکارسازی تعداد روزهای بارانی مدل PERSIANN نتایج بهتری را ارائه کرده است. در خارج از ایران نیز (Duan et al., 2016) به ارزیابی هشت نوع داده شبکه‌بندی باران با تفکیک زمانی در ایتالیا پرداختند. این ارزیابی در مقیاس‌های زمانی (روزانه، ماهانه و سالانه) و مکانی (شبکه و حوضه) انجام گرفت؛ نتایج نشان‌دهنده آن بود که داده‌های CHIRPS^۱، TRMM و CMORPH_BLD بهترین داده‌های مورد نظر را ارائه داده و درحالی‌که PGF^۹ بدترین تخمین را ارائه می‌دهد. (Worqlul et al., 2017) در پژوهشی به ارزیابی داده‌های CFSR^{۱۰}، TMPA 3B42 و داده‌های باران زمینی به عنوان

بارش یک بخش حیاتی از چرخه آب است که بین اقیانوس، زمین و جو ارتباط دارد (Ghajarnia et al., 2015). این پارامتر دارای تغییرات قابل توجهی در مکان و زمان است و داده‌های دقیق بارش در تفکیک زمانی و مکانی بالا از اهمیت بسیاری برخوردار است (Duan and Bastiaanssen, 2013). مشاهدات حاصل از ایستگاه‌های اندازه‌گیری باران می‌تواند به طور کلی دقیق‌ترین اندازه‌گیری‌ها در مکان‌های اندازه‌گیری را نشان دهد؛ اما توزیع مکانی نسبتاً ضعیف باران‌سنج‌ها باعث ضعف الگوهای بارش می‌شود (Javanmard et al., 2010). این موضوع وابسته به دو عامل است؛ اول دلیل تعداد محدود ایستگاه‌های باران‌سنجی است که در آن انعکاس تغییرات باران مؤثر در سطح دشوار می‌باشد؛ عامل دوم بیانگر این موضوع که مشاهدات باران‌سنج‌ها می‌تواند منعکس‌کننده میزان بارش در شعاع اطراف محل قرارگیری باران‌سنج باشد و مقدار آن برای مکان‌های دورتر معتبر نیست (Collischonn et al., 2008)؛ بنابراین ارائه اطلاعات مکانی باران با وضوح بالا از مشاهدات حاصل از اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای کار دشواری می‌باشد (Jia et al., 2011). در مقابل، داده‌های سنجنش از دور راه جدیدی در شناسایی تنوع مکانی و زمانی بارش با دقت بالا ارائه می‌دهند (Xie and Xiong, 2011). تعداد زیادی از روش‌های برآورد باران و داده‌های باز تحلیل^۱ با تفکیک‌های مکانی و زمانی بالا به صورت رایگان در دسترس هستند و می‌توانند جهت تکمیل داده‌های باران‌سنجی و یا حتی جایگزین این نوع اندازه‌گیری‌ها شوند (Fujihara et al., 2014; Thiemi et al., 2013). این نوع داده‌ها را می‌توان به چهار دسته تقسیم‌بندی نمود (Duan et al., 2016): الف) داده‌هایی که بر مبنای فقط باران‌سنج می‌باشند که تنها بر اساس مشاهدات ایستگاه باران‌سنج با استفاده از روش‌های مختلف درون‌یابی تولید شده و به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند برای مثال داده‌های باران ماهانه GPCC^۲ و CPC^۳ که این محصولات اغلب در یک مقیاس مکانی بزرگ‌تر از ۰/۵ درجه در دسترس هستند. ب) داده‌های باران حاصل از تحلیل دوباره داده‌های تاریخی توسط مدل‌های جوی و یا عددی پیش‌بینی آب و هوا که با استفاده از ترکیب ماهواره و مشاهدات خصوصیات جوی در مکان خاص، به عنوان ورودی این مدل‌ها، تولید می‌شوند. این داده‌ها داده‌های تحلیل مجدد نامیده می‌شوند (Balsamo et al., 2015). به عنوان مثال NCEP-NCAR و ECMWF^۴ (ج) داده‌هایی که تنها ماهواره‌ای هستند بدین معنی که بر اساس استفاده از امواج مادون قرمز، اطلاعات ماکروویو و یا ترکیب آن‌ها استخراج می‌شوند داده‌های TMPA^۶ 3B42 RT V7 از این دسته داده‌ها می‌باشند. د) داده‌هایی که از ترکیب داده‌های گروه‌های باران‌سنجی و ماهواره‌ای (گروه‌های الف و ج) تولید شده‌اند.

علاوه بر موارد مذکور ارزیابی تناسب داده‌های ERA-Interim، CHIRPS و PERSIANN-CDR از لحاظ میزان بارش و روزهای بارندگی در بالادست سد مارون، با اندازه‌گیری‌های محلی و نشان دادن ویژگی‌های بارندگی در مقیاس‌های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه می‌باشد. همچنین ارزیابی این داده‌ها می‌تواند در بهبود عملکرد نسخه‌های آینده داده‌های بارش شبکه‌بندی در محدوده مورد مطالعه مفید باشد؛ تاکنون چنین مطالعه‌ای در این منطقه که بارش آن، میزان رواناب ورودی به سد مارون را مشخص می‌کند، انجام نگرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز سد مارون یکی از زیر حوضه‌های رودخانه مارون-جراحی بوده که در جنوب غربی ایران در استان کهگیلویه و بویر احمد قرار گرفته است. مساحت این محدوده حدود ۳۸۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد و در محدوده جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و ۳۰ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع این ناحیه ۳۴۸۲ متر و کم ارتفاع‌ترین نقطه آن ۵۸۵ متر بلندی دارد.

در مطالعه حاضر با توجه به داده‌های تأیید شده وزارت نیرو از آمار بارندگی روزانه ۴ ایستگاه ایدنک، قلعه ریسی، دهنو و مارگون موجود در منطقه مطالعاتی در فاصله زمانی سال‌های آبی ۸۲-۱۳۸۱ تا ۹۳-۱۳۹۲ (۲۰۱۴-۲۰۰۳) که مشخصات آن در جدول ۲ آورده شده، استفاده گردیده است.

ورودی برای مدل‌های هیدرولوژیکی، در مناطق داده کمیاب پرداختند نتایج بیانگر این بود که TMPA 3B42 قادر به توصیف تغییرات زمانی باران نمی‌باشد و همچنین هر دو نوع داده باران سنجی و داده تحلیل مجدد CFSR به خوبی قادر به تولید داده‌های جریان رودخانه می‌باشند. (Poméon et al. (2017 در تحقیقی به ارزیابی داده‌های سنجش از دور و داده‌های باز تحلیل در منطقه غرب آفریقا پرداختند و با داده‌های موجود باران سنج مقایسه گردیدند؛ نتایج حاکی از آن است که ماهواره‌هایی که داده‌های ورودی آن‌ها مادون قرمز و ماکروویو می‌باشد نتایج بهتری را ارائه می‌دهند. (Tan and Santo (2018 به مقایسه داده‌های شبکه‌بندی GPM IMERG، TMPA 3B42 و PERSIANN-CDR در مالزی پرداختند. با استفاده از شاخص‌های آماری نتایج حاصل نشان دهنده مناسب بودن تمام مجموع داده‌ها به جز PERSIANN-CDR بوده است. (Gao et al. (2018 به مقایسه دو مجموعه داده شبکه‌بندی شده ماهانه با وضوح بالا در سین کیانگ چین پرداختند؛ نتایج نشان می‌دهد که داده‌های CHIRPS نسبت به PERSIANN-CDR در مقیاس ماهانه و سالانه دارای دقت بیشتر می‌باشند. در جدول زیر جزئیات کارهای تحقیقی انجام شده در ایران بر روی مجموعه داده‌های سنجش از دور آورده شده است.

متأسفانه ایستگاه‌های هواشناسی در ایران پراکنده و دارای اطلاعات ناقص هستند؛ به گونه‌ای که در مناطق مختلف تعداد باران سنج‌ها نامناسب بوده و یا کیفیت این داده‌ها مناسب نمی‌باشد که این باعث می‌شود ارزیابی‌های هیدرولوژیکی با خطا و عدم قطعیت‌های زیادی همراه باشد؛ به همین دلیل مقایسه و ارزیابی عملکرد داده‌های بارش جایگزین بسیار ضروری است؛ بنابراین هدف از انجام این مطالعه

Table 1- Research conducted in Iran on rainfall data sets
جدول ۱- کارهای تحقیقی انجام شده در ایران بر روی مجموعه داده‌های بارش

Refrence	Study Area	Dataset in Use	The highest correlation coefficient		
			daily	Monthly	Yearly
Ghahraman et al., (2018)	Shapour catchment	CMORPH PERSIANN	not suitable	not suitable	---
Miri et al., (2016)	Iran	GPCC	----	0.6>	----
Darand and Zandkarimi (2015)	Iran	GPCC	----	0.9425	0.9385
Dezfuli et al. (2015)	Gorganrood Catchment	PERSIANN TRMM 3B42	0.397	0.404	---
Madadi et al. (2015)	Western Border Basin	TRMM	0.247	0.838	significant correlation
Mianabadi et al., (2013)	North Khorasan	CMORPH	not suitable	0.62	---
Hejazizade et al., (2012)	Iran	TRMM 3B43	----	not suitable	not suitable
Javanmard et al., (2010)	Iran	TRMM 3B42	----	----	0.77

۲-۲-۲- مجموعه داده PERSIANN-CDR^{۱۱}

مجموعه داده PERSIANN-CDR به صورت مشترک توسط دانشگاه کالیفرنیا و NOAA تهیه شده و اطلاعات را از سال ۱۹۸۳ تاکنون ارائه می‌دهد (Ashouri et al., 2015; Duan et al., 2016) و برآوردهای بارش آن از داده ماهواره‌ای IR و MW محاسبه می‌شود. PERSIANN-CDR با هدف پاسخ دادن به نیاز به یک مجموعه داده‌های پایدار، طولانی‌مدت، با وضوح بالا و جهانی برای مطالعه تغییرات و روند بارش باران، به ویژه رویدادهای بارش شدید، به دلیل تغییرات آب و هوایی و تغییرات طبیعی، مورد توجه قرار گرفته است. PERSIANN-CDR از الگوریتم PERSIANN با استفاده از داده‌های مادون قرمز GridSat-B1 تولید می‌شود برخلاف محصول PERSIANN که در زمان واقعی نزدیک و به طور منظم بر اساس اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای در دسترس است، PERSIANN-CDR داده‌های ماهانه سنجنده GPCP را در برآورد بارش خود قرار می‌دهد (Duan et al., 2016). در این مطالعه از داده‌های بارش روزانه PERSIANN-CDR با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه استفاده شده است. آدرس سایت دریافت این داده در لینک زیر آمده است.

<http://chrsdata.eng.uci.edu>

۲-۲-۳- مجموعه داده CHIRPS

CHIRPS بر اساس تجارب قبلی با استفاده از تکنیک‌های هوشمند و بر مبنای داده‌های طولانی مدت ثبت شده بارش بر اساس مشاهدات مادون قرمز ابر، میزان بارش را تخمین می‌زند. داده‌های CHIRPS از مقادیر ۶ ساعته تا ۳ ماهه در دسترس است.

شکل ۱ منحنی جرم بارش سالانه در ایستگاه‌های مطالعاتی جهت نشان دادن همگنی داده‌های ایستگاه‌های مطالعاتی و شکل ۲ محدوده مطالعاتی و موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی را نمایش می‌دهد.

۲-۲-۲- مجموعه داده‌های بارش

برای ارزیابی در این مطالعه، سه سری داده در نظر گرفته شد؛ در این بخش یک مرور کلی درباره هر سری داده ارائه خواهد شد. مشخصات کلی سری داده‌های مورد استفاده در جدول ۳ آمده است.

۲-۲-۱- مجموعه داده ERA-Interim

ERA-Interim نسل چهارم داده‌های باز تحلیل هست که توسط مرکز پیش‌بینی وضعیت آب‌وهوای اروپا (ECMWF) با دقت مکانی ۰/۷۵*۰/۷۵، ۰/۵*۰/۵، ۰/۲۵*۰/۲۵ و ۰/۱۲۵*۰/۱۲۵ تولید شده است که هر چند ماه یک‌بار به‌روز می‌شود. به‌طور کلی تحلیل دوباره‌ی یک سیستم برای تولید مجموعه‌ای از داده‌های اقلیمی، باز تحلیل نامیده می‌شود. داده‌های باز تحلیل از ترکیب نتایج پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا با داده‌های مشاهداتی به دست می‌آید. در این مطالعه از داده‌های بارش روزانه ERA-Interim با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه استفاده شده است و نحوه استخراج داده‌ها با استفاده از ECMWF Web API بوده است. داده‌ها را می‌توان از طریق لینک زیر سفارش داد:

<http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>

Table 2- Specifications of selected rain gauge stations in the study area
جدول ۲- مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب در محدوده مطالعاتی

Station Name	Geographical coordinates		Elevation
	longitude	Latitude	
Idenak	50.4	30.933	585
Ghale-Raeesi	50.444	31.195	1300
Dehno	50.875	30.985	1383
Margoon	51.1	30.933	2220

Table 3- Summary of gridded precipitation products evaluated in this study

جدول ۳- مجموعه داده‌های مورد ارزیابی در این مطالعه

Product	Spatial Coverage	Spatial Resolution	Instrument	Used data
ERA-Interim	Global	0.25° × 0.25°	Reanalysis	2003-2014
PERSIANN-CDR	60°S -60°N	0.25° × 0.25°	Satellite+Gage	2003-2014
CHIRPS	50°S-50°N	0.05° × 0.05°	Satellite+Gage	2003-2014

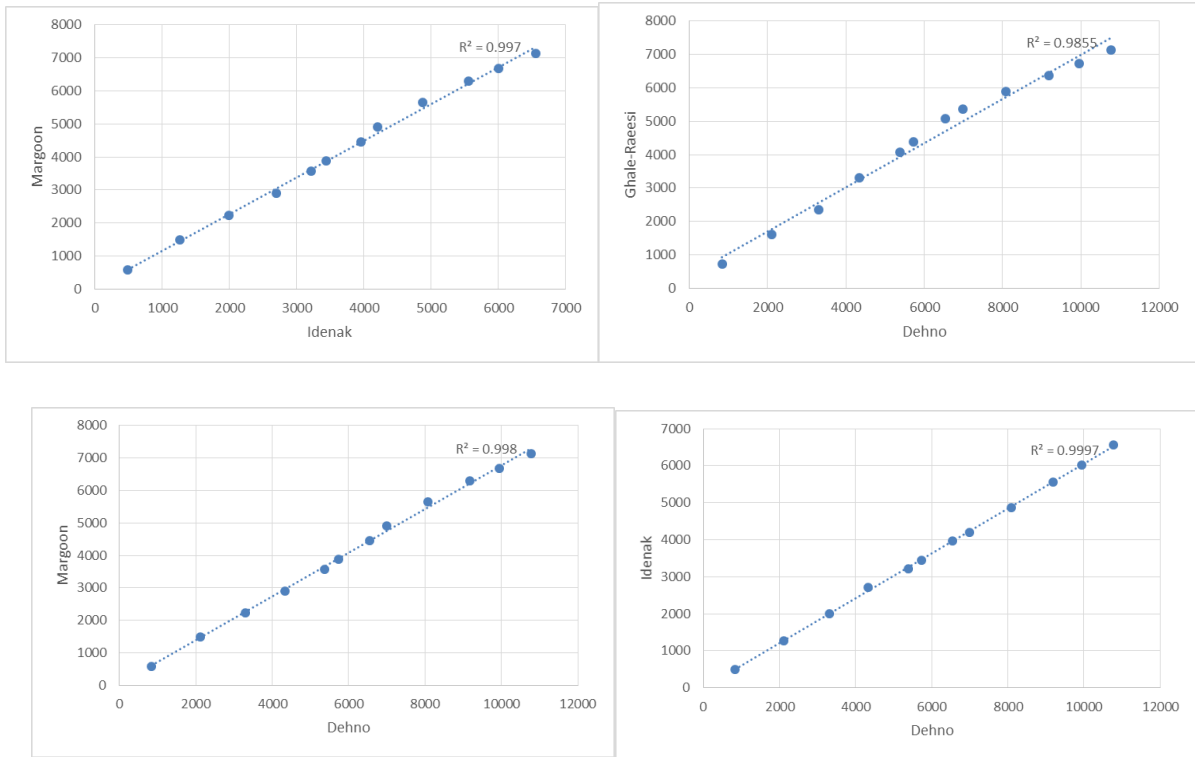


Fig. 1- Mass curve of annual precipitation in rain gauge station in the study area

شکل ۱- منحنی جرم باران سالانه ایستگاه‌های باران سنجی محدوده مطالعاتی

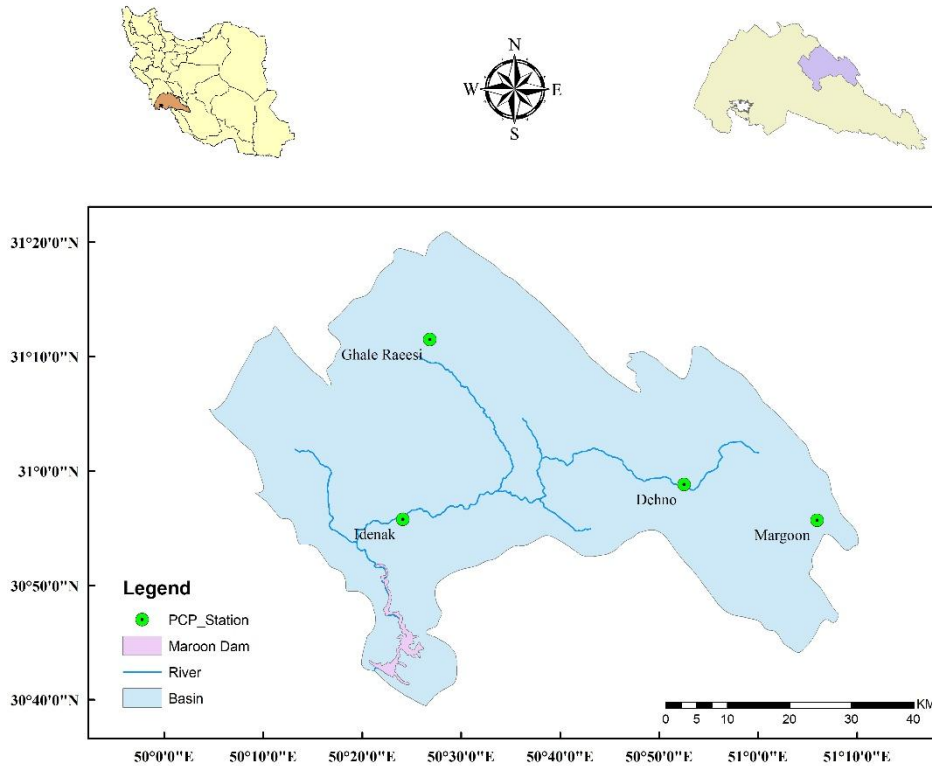


Fig. 2- Study area and gauge station

شکل ۲- محدوده مطالعاتی و ایستگاه‌های باران سنجی

تقریباً تمام داده‌ها دارای رزولوشن مکانی 0.5×0.5 درجه است. داده‌های بارش از سال ۱۹۸۱ تا نزدیک‌ترین زمان به حال حاضر با پوشش نیمه جهانی ۵۰ درجه شمالی تا ۵۰ درجه جنوبی ارائه می‌دهد (Funk et al., 2015). جدیدترین نسخه داده‌های آن که نسخه دوم است را می‌توان از طریق لینک زیر دریافت نمود. CHIRPS برای نظارت بر خشکسالی و تغییرات اقلیمی در مقیاس شبه جهانی انجام می‌گیرد. همچنین، آن را برای تجزیه و تحلیل روند بلند مدت استفاده می‌شود (Gao et al., 2018). در این مطالعه از داده‌های بارش روزانه مدل شبکه‌بندی بارش CHIRPS با تفکیک مکانی 0.5 درجه استفاده شده است. آدرس سایت دریافت این داده در لینک زیر آمده است. <http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/>

۳-۲- شاخص‌های ارزیابی

شاخص‌های مختلف ارزیابی و طبقه‌بندی جهت مقایسه و ارزیابی مجموعه‌های ماهواره‌ای جهت مشخص شدن دقت این داده‌ها در محدوده مطالعاتی مورد استفاده قرار گرفته است. آنچه که مهم است این است که جنس ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش در سطح حوضه از نوع نقطه‌ای می‌باشد ولی داده‌های شبکه‌بندی شده به صورت سلولی و پیوسته در سطح حوضه می‌باشند. لذا جهت ارزیابی این داده‌ها با یکدیگر در هر نقطه ایستگاهی از طریق میانمایی دوبعدی در محیط مطلب با دستور interp2 با روش nearest مقادیر هر ایستگاه از نزدیک‌ترین پیکسل‌های در مجاورت آن محاسبه شده است. در این مطالعه از ۴ شاخص ارزیابی MBE، RMSE، NSE و CC و سه شاخص طبقه‌بندی POD، FAR و CSI استفاده شده است که در جدول ۴ روابط محاسباتی این شاخص‌ها آورده شده است. میانگین خطای اشتباه (MBE) نشان‌دهنده این است که مقادیر شبیه‌سازی شده تفاوت کمتری با مقادیر مشاهده شده دارند و در حقیقت مدل از کارایی بالاتری برخوردار است. اگر این مقدار بزرگ‌تر از صفر باشد نشان‌دهنده این است که مدل میزان بارش باران را بیشتر تخمین زده است و اگر کوچک‌تر از صفر باشد نشان‌دهنده این است که میزان بارش توسط مدل کمتر برآورد شده است و اگر مقدار آن برابر صفر باشد نشانگر عدم وجود خطا می‌باشد. RMSE بیانگر اختلاف توزیع داده‌های مشاهده‌ای و توزیع تخمین‌های ماهواره‌ای می‌باشد و یک میانگین وزنی مطابق با جذر خطا را محاسبه می‌کند (Worqlul et al., 2014). ضریب ناش-ساتکلیف می‌تواند از $-\infty$ تا ۱ باشد. این ضریب مقادیر نسبی واریانس باقیمانده‌ها را نسبت به واریانس مقادیر مشاهده شده بارش تعیین می‌کند. NSE نشان می‌دهد که رفتار نمودار اطلاعات مشاهده شده در مقایسه با داده‌های شبیه‌سازی شده متناسب با خط ۱:۱ است. NSE بهترین تابع هدف

برای منعکس کردن تناسب کلی گراف است. اگر $NS \leq 0.5$ شبیه‌سازی غیر قابل اعتماد است و اگر $0.65 < NS \leq 0.5$ شبیه‌سازی قابل قبول و $0.75 < NS \leq 0.65$ شبیه‌سازی خوب و اگر $NS < 0.75$ شبیه‌سازی خیلی خوب می‌باشد (Pomeon et al., 2017). ضریب همبستگی CC نشان‌دهنده میزان ارتباط مقادیر برآورد شده با مقادیر محاسبه شده است که هر چه مقدار آن بیشتر باشد، این ارتباط نزدیکتر است و اختلاف مقدار برآورد شده با مقدار محاسبه شده کمتر خواهد بود. همچنین سه شاخص آماری طبقه‌بندی FAR، POD و CSI نشان‌دهنده میزان دقت مدل در تشخیص وقوع بارش است. نرخ هشدار اشتباه (FAR)، نسبت تعداد بارش برآورد شده نادرست به کل بارش‌های برآورد شده می‌باشد و نشان‌دهنده قسمتی از نقاط بارانی برآورد شده توسط مدل است که در ایستگاه زمینی فاقد بارندگی می‌باشد مقدار بهینه آن صفر است. احتمال آشکارسازی (POD)، نسبت تعداد بارش برآوردی صحیح توسط مدل به کل بارش‌های ثبت شده در ایستگاه‌های زمینی می‌باشد و مقدار بهینه آن یک است. شاخص آستانه موفقیت (CSI) این شاخص تابعی از FAR و POD است که ترکیبی از خطاهای اشتباه برآورد و رویدادهای از دست رفته است. این نمایه احتمال شناخت درست روزهای بارانی و غیر بارانی را بیان می‌کند. مقدار بهینه آن یک است.

Pi مقدار پیش‌بینی شده، Gi مقدار مشاهده‌شده، \bar{P} متوسط مقادیر پیش‌بینی شده و \bar{G} متوسط مقادیر مشاهده شده است همچنین، H تعداد دفعاتی است که باران مشاهده‌شده بدرستی تشخیص داده‌شده، M تعداد مشاهداتی است که باران مشاهده‌شده تشخیص داده نشده است، F تعداد دفعاتی است که بارش رخ نداده است ولی مدل وقوع بارش را نشان داده است.

۳-۳- بحث و نتایج

در مقاله حاضر، مقایسه بین بارش ماهواره‌ای برآورد شده داده‌های شبکه‌بندی مدل‌های ERA-Interim، CHIRPS و PERSIANN-CDR و بارش مشاهداتی ۴ ایستگاه باران‌سنجی در محدوده مطالعاتی انجام گرفت. این ارزیابی مربوط به سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۳ بوده است. عملیات ارزیابی محصولات بارش مدل‌های شبکه‌بندی شده در مقیاس ماهانه با استفاده از چهار شاخص آماری برای تمامی ایستگاه‌ها صورت پذیرفت. در مقیاس روزانه علاوه بر استفاده از شاخص‌های آماری، از شاخص‌های طبقه‌بندی جهت برآورد دقت آشکارسازی روزهای بارانی و غیر بارانی استفاده شد. همچنین، مقایسه مکانی مجموعه داده‌های مذکور با در نظر گرفتن اندازه‌گیری‌های موضعی برای دوره سالانه مورد بررسی قرار گرفت.

Table 4- List of the statistical metrics used in the evaluation of precipitation products

جدول ۴- فهرست معیارهای آماری مورد استفاده در ارزیابی محصولات بارش

Statistical Indexes	Equation	Optimum Value
Mean bias error	$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - G_i)}{n}$	0
Root mean square error	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - G_i)^2}{n}}$	0
Nash-Sutcliffe efficiency	$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - G_i)^2}{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})^2}$	1
Correlation Coefficient	$CC = \frac{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}}$	1
Probability of detection	$POD = \frac{H}{H + M}$	1
False Alarm Ratio	$FAR = \frac{F}{H + F}$	0
critical success index	$CSI = \frac{H}{H + M + F}$	1

ایستگاه‌ها به جز ایستگاه قلعه ریسی که در آن مدل CHIRPS مناسب ترین مدل است، بهترین عملکرد را دارد. همچنین، با توجه به مقادیر CC جهت تکمیل سری داده‌های مشاهداتی در جاهایی که داده‌های گم شده وجود دارد با توجه به بیشتر بودن مقدار ضریب همبستگی در ایستگاه دهنو، قلعه ریسی و مارگون می‌توان از مدل PERSIANN-CDR استفاده کرد و در ایستگاه ایدنک بهتر است از مدل ERA-Interim بهره گرفت. شکل ۴ میانگین ماهانه بارش در طول سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۱۴ را نشان می‌دهد. همانگونه که مشخص است در ایستگاه‌های دهنو، ایدنک و مارگون مدل ERA-Interim و در ایستگاه قلعه ریسی مدل CHIRPS اختلاف کمتری با مقادیر بارش ماهانه مشاهداتی دارند. با توجه به شکل ۴ می‌توان ماههایی که در آن بارش فرا برآورد یا فرو برآورد بوده را مشخص نمود؛ برای مثال در ایستگاه دهنو در تمامی ماه‌ها میزان بارش مدل‌سازی شده کمتر از بارش مشاهداتی است این در حالی است که در ایستگاه ایدنک در ماه‌های فوریه، مارس و آوریل در مدل ERA-Interim میزان بارش بیشتر از مقدار مشاهداتی برآورد شده است. همچنین، همانگونه که مشخص است در تمامی مدل‌ها و ایستگاه‌ها در ماه‌های گرم (ژوئن تا سپتامبر) مقدار بارش مشاهداتی و محاسباتی تقریباً برابر صفر است که این نشان‌دهنده عملکرد درست مدل‌های ماهواره‌ای در فصل‌های گرم و بدون بارش می‌باشد.

۳-۱- ارزیابی سالانه و ماهانه

الگوی مکانی داده‌های مشاهداتی و تخمین زده شده بارش سالانه در محدوده مطالعاتی در شکل ۳ آمده است. این الگوها توسط اطلاعات میانگین بارش سالانه سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۱۴ باران‌های تخمین زده شده مدل‌های شبکه‌بندی بارش و داده‌های مشاهده‌ای تهیه شده‌اند. همانگونه که در الگوهای زیر مشخص است، بیشترین میزان بارش مشاهداتی و بارش مدل‌های PERSIANN-CDR و ERA-Interim در نیمه شرقی محدوده مطالعاتی که دارای ارتفاع بیشتری نسبت به نیمه غربی می‌باشد رخ داده است، این در حالی است که در مدل CHIRPS علاوه بر نیمه شرقی، در شمال محدوده مطالعاتی نیز مقدار بارش بیشتر از سایر نقاط را نشان می‌دهد. همچنین، مشاهده می‌شود میزان بارش مشاهداتی و بارش برآورد شده مدل CHIRPS در جایی که ایستگاه قلعه ریسی وجود دارد نسبتاً منطبق می‌باشد. علاوه بر آن، داده‌های مدل ERA-Interim در شرق حوضه جایی که ایستگاه مارگون وجود دارد با داده‌های مشاهداتی اختلاف کمی دارند. در مقایسه با الگوی مشاهداتی داده‌های مدل‌های شبکه‌بندی شده میانگین بارش سالانه را در تمامی نقاط کمتر از مقدار مشاهداتی برآورد کرده‌اند.

جدول ۵ شاخص‌های ارزیابی MBE، RMSE، NS و ضریب همبستگی (CC) بارش ماهانه را نشان می‌دهد. بر اساس مقادیر MBE، RMSE، NS مجموعه داده ERA-Interim در تمامی

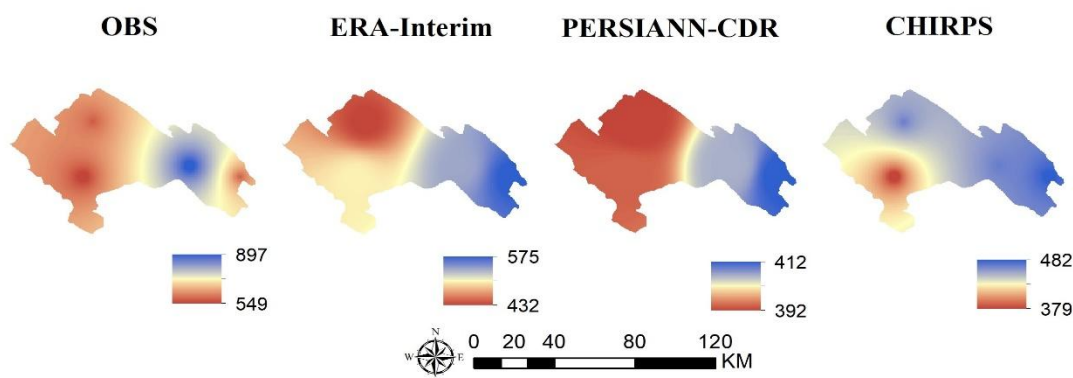


Fig. 3- Spatial pattern of observational and estimated annual rainfall
 شکل ۳- الگوی مکانی داده‌های مشاهداتی و تخمین زده شده بارش سالانه

Table 5- Evaluation Indexes for monthly precipitation
 جدول ۵- شاخص‌های ارزیابی بارش ماهانه

Station	Datasets name	MBE	RMSE	NS	CC
Dehno	ERA-Interim	-29.95	59.97	0.65	0.92
	PERSIANN-CDR	-40.98	75.26	0.45	0.93
	CHIRPS	-35.71	67.01	0.56	0.87
Ghale-Raeesi	ERA-Interim	-13.46	35.11	0.72	0.88
	PERSIANN-CDR	-16.79	36.84	0.70	0.92
	CHIRPS	-10.4031	32.26	0.77	0.81
Idenak	ERA-Interim	-3.98	25.30	0.87	0.95
	PERSIANN-CDR	-12.72	37.56	0.72	0.93
	CHIRPS	-14.07	39.16	0.7	0.83
Margoon	ERA-Interim	-1.64	29.63	0.79	0.89
	PERSIANN-CDR	-15.28	32.03	0.75	0.93
	CHIRPS	-9.38	29.81	0.78	0.82

۳-۲- ارزیابی روزانه

در این مطالعه خروجی مدل‌های بارش ماهواره‌ای در مقیاس روزانه نیز در چهار ایستگاه دهنو، قلعه ریسی، ایدنک و مارگون بررسی گردید. جدول ۶ نتایج آماری ارزیابی بارش روزانه بین باران‌سنج و برآوردهای ماهواره‌ای از اول ژانویه ۲۰۰۳ تا سی و یک دسامبر ۲۰۱۴ را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۶ مشاهده می‌شود که طبق شاخص‌های آماری MBE در تمامی ایستگاه‌ها در مقیاس روزانه هر سه مدل CHIRPS، PERSIANN-CDR و ERA-Interim میزان بارش را کمتر از میزان مشاهداتی برآورد نموده‌اند و یا به عبارتی تخمین آنها فرو برآورد می‌باشند.

با توجه به آماره MBE موجود در جدول ۶ بهترین تخمین داده در ایستگاه مارگون در مدل ERA-Interim بوده که میانگین خطای تخمین آن ۰/۰۵ میلی‌متر برآورد کمتر از میزان واقعی می‌باشد و بعد از آن در ایستگاه ایدنک و مدل ERA-Interim که متوسط خطای

مدل ۰/۱۳- میلی‌متر می‌باشد. در کل میزان بازه تخمین این مدل‌ها از ۰/۰۵- میلی‌متر تا ۱/۳۶۸- میلی‌متر بوده که به ترتیب در مدل ERA-Interim در ایستگاه مارگون و مدل PERSIANN-CDR در ایستگاه دهنو بوده است بیشترین مقادیر MBE نیز در ایستگاه دهنو قرار دارند که نشان از اختلاف بیشتر مقادیر مشاهداتی و محاسباتی می‌باشد؛ با توجه به مقادیر RMSE موجود در جدول نتیجه می‌شود که بهترین مدل تخمین بارش در محدوده مطالعاتی مدل ERA-Interim بوده که کمترین RMSE را در تمامی ایستگاه‌ها به خود اختصاص داده و مدل CHIRPS نیز در تمامی ایستگاه‌ها در برآورد بارش روزانه ضعیف‌تر عمل نموده است. با توجه به مقادیر RMSE نیز مشاهده می‌شود که برآورد بارش روزانه در ایستگاه‌های محدوده مطالعاتی، ایستگاه دهنو دارای ضعف بیشتری می‌باشد. بر اساس مقادیر CC موجود در جدول مشاهده می‌شود که بهترین ضریب همبستگی مربوط به ایستگاه ایدنک در مدل ERA-Interim و کمترین آن در ایستگاه قلعه ریسی در مدل CHIRPS می‌باشد؛

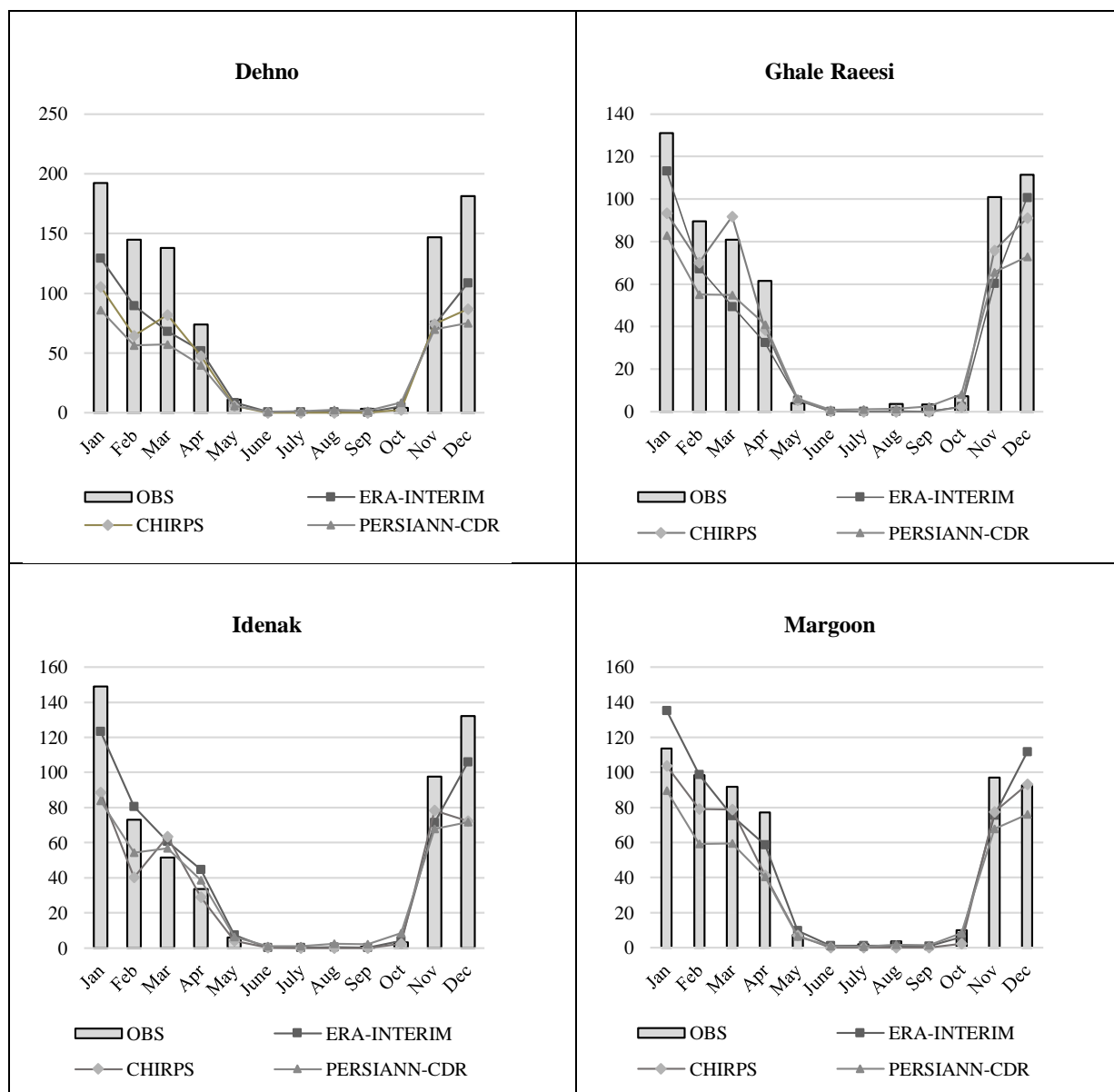


Fig. 4- Monthly average rainfall during 2003-2014
شکل ۴- میانگین ماهانه بارش در طول سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۱۴

مدل ERA-Interim در رتبه دوم قرار گرفته که این به دلیل ترکیبی بودن شاخص NS می‌باشد که هم به خطا وابسته است و هم به همبستگی. همانگونه که مشاهده می‌شود ضریب همبستگی داده‌های ERA-Interim در ایستگاه ایدنک بیشتر از داده‌های ERA-Interim در ایستگاه مارگون است.

همچنین، برای مشخص کردن محدودیت تشخیص بارش از طریق الگوریتم‌های بارش ماهواره‌ای سه شاخص POD، FAR و CSI مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ۶ شاخص‌های طبقه‌بندی برای

به عبارت دیگر جهت تکمیل داده‌های گم شده و جا افتاده در این ایستگاه‌ها می‌توان از مدل‌هایی که ضریب همبستگی آن‌ها بالاتر است استفاده نمود. با توجه به مقادیر نمایش داده شده NS و با توجه به بازه‌های ذکر شده در تمامی مدل‌های تخمین بارش روزانه نتیجه می‌شود که در ایستگاه دهنو و قلعه ریسی و ایدنک شبیه‌سازی مدل ERA-Interim قابل قبول بوده و بهترین شبیه‌سازی در ایستگاه ایدنک با ضریب $NS=0/63$ می‌باشد. این در حالی است که از لحاظ شاخص‌های RMSE و MBE ایستگاه مارگون در مدل ERA-Interim در رتبه اول تخمین قرار دارد و ایستگاه ایدنک در

ایستگاه‌های دهنو، قلعه ریسی، ایدنک و مارگون را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار CSI و POD مربوط به ERA-Interim در ایستگاه ایدنک (به ترتیب ۰/۴۹ و ۰/۵۳) و کمترین مقدار این دو شاخص مربوط به PERSIANN-CDR در ایستگاه قلعه ریسی (به ترتیب ۰/۲۶۱ و ۰/۲۸۲) می‌باشد. مقدار $CSI=0/49$ به این معنی است که دقت مدل در تعیین روزهای بارانی و غیر بارانی ۴۹ درصد می‌باشد و $POD=0/53$ به این معنی است که ۵۳ درصد از روزهایی که بارش اتفاق افتاده توسط مدل صحیح پیش‌بینی شده است. اما مقادیر بالای FAR نشان می‌دهد که تعداد روزهای غیر بارانی در مدل و ایستگاه دارای تطابق خوبی نمی‌باشد و بیشترین مقدار FAR در ایستگاه ایدنک مربوط به مدل CHIRPS می‌باشد به این معنی که ۵۰ درصد از پیش‌بینی‌ها حاکی از بارانی بودن روزها بوده درحالی‌که در واقع بارانی صورت نگرفته است و کمترین این مقدار در تمامی ایستگاه‌ها توسط مدل ERA-Interim برآورد شده است و کمترین این مقدار در ایستگاه مارگون به میزان ۰/۰۷ بوده است.

جدول ۷ شاخص‌های ارزیابی روزانه در دو فصل تر و خشک در ۴ ایستگاه محدوده مطالعاتی و ۳ مجموعه داده مورد مقایسه را نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر MBE موجود در جدول مشخص است که هر سه مجموعه داده بارش شبکه‌بندی شده ERA-Interim، CHIRPS و PERSIANN-CDR در تمامی روزها به تفکیک فصول تر و خشک به جز فصول تر در مجموعه داده ERA-Interim کم برآورد عمل می‌نماید. بر اساس مقادیر RMSE موجود در جدول ۷ مشخص است که دقت مدل‌های ERA-Interim و PERSIANN-

ایستگاه‌های دهنو، قلعه ریسی، ایدنک و مارگون را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار CSI و POD مربوط به ERA-Interim در ایستگاه ایدنک (به ترتیب ۰/۴۹ و ۰/۵۳) و کمترین مقدار این دو شاخص مربوط به PERSIANN-CDR در ایستگاه قلعه ریسی (به ترتیب ۰/۲۶۱ و ۰/۲۸۲) می‌باشد. مقدار $CSI=0/49$ به این معنی است که دقت مدل در تعیین روزهای بارانی و غیر بارانی ۴۹ درصد می‌باشد و $POD=0/53$ به این معنی است که ۵۳ درصد از روزهایی که بارش اتفاق افتاده توسط مدل صحیح پیش‌بینی شده است. اما مقادیر بالای FAR نشان می‌دهد که تعداد روزهای غیر بارانی در مدل و ایستگاه دارای تطابق خوبی نمی‌باشد و بیشترین مقدار FAR در ایستگاه ایدنک مربوط به مدل CHIRPS می‌باشد به این معنی که ۵۰ درصد از پیش‌بینی‌ها حاکی از بارانی بودن روزها بوده درحالی‌که در واقع بارانی صورت نگرفته است و کمترین این مقدار در تمامی ایستگاه‌ها توسط مدل ERA-Interim برآورد شده است و کمترین این مقدار در ایستگاه مارگون به میزان ۰/۰۷ بوده است.

جدول ۷ شاخص‌های ارزیابی روزانه در دو فصل تر و خشک در ۴ ایستگاه محدوده مطالعاتی و ۳ مجموعه داده مورد مقایسه را نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر MBE موجود در جدول مشخص است که هر سه مجموعه داده بارش شبکه‌بندی شده ERA-Interim، CHIRPS و PERSIANN-CDR در تمامی روزها به تفکیک فصول تر و خشک به جز فصول تر در مجموعه داده ERA-Interim کم برآورد عمل می‌نماید. بر اساس مقادیر RMSE موجود در جدول ۷ مشخص است که دقت مدل‌های ERA-Interim و PERSIANN-

۴- خلاصه و جمع‌بندی

این مطالعه به بررسی و ارزیابی دقت برآورد بارش در مقیاس‌های روزانه، ماهانه و سالانه داده‌های سنسجس از دور شامل داده‌های ERA-Interim، CHIRPS و PERSIANN-CDR پرداخته است.

Table 6- Evaluation Indexes for daily precipitation

جدول ۶- شاخص‌های ارزیابی بارش روزانه

	Datasets name	MBE	RMSE	NS	CC	POD	FAR	CSI
Dehno	ERA-Interim	-1.004	7.650	0.527	0.763	0.412	0.103	0.393
	PERSIANN-CDR	-1.368	9.355	0.292	0.597	0.324	0.263	0.290
	CHIRPS	-1.191	8.704	0.387	0.645	0.474	0.491	0.325
Ghale-Raeesi	ERA-Interim	-0.442	4.742	0.551	0.745	0.456	0.205	0.408
	PERSIANN-CDR	-0.552	5.869	0.312	0.565	0.282	0.219	0.261
	CHIRPS	-0.342	6.227	0.226	0.541	0.397	0.458	0.297
Idenak	ERA-Interim	-0.131	4.624	0.628	0.794	0.531	0.135	0.490
	PERSIANN-CDR	-0.418	6.042	0.364	0.615	0.371	0.238	0.333
	CHIRPS	-0.463	6.123	0.347	0.593	0.502	0.502	0.333
Margoon	ERA-Interim	-0.054	4.446	0.493	0.744	0.411	0.070	0.399
	PERSIANN-CDR	-0.502	4.846	0.398	0.636	0.338	0.238	0.306
	CHIRPS	-0.308	5.193	0.308	0.631	0.506	0.447	0.359

Interim بهترین برآورد بارش را ارائه می‌دهند؛ همچنین نتیجه می‌شود بهترین برآورد بارش مدل‌های شبکه‌بندی شده در مقیاس ماهانه و روزانه در ایستگاه ایدنک با مقادیر ضریب نش-سانکلیف به ترتیب ۰/۸۷ و ۰/۶۳ می‌باشند. همچنین، بر اساس مقادیر POD مشخص می‌گردد در ایستگاه‌های دهنو و مارگون مدل CHIRPS و در ایستگاه‌های قلعه ریسی و ایدنک مدل ERA-Interim جهت آشکارسازی صحیح روزهای بارانی توانایی بیشتری دارند و بر مبنای مقادیر FAR مشاهده می‌شود در تمامی ایستگاه‌های مدل ERA-Interim کمترین میزان اشتباه در تشخیص روزهای غیر بارانی را نمایش می‌دهد. همچنین، در تقسیم‌بندی روزها در فصول تر و خشک نیز بهترین مدل در تمامی ایستگاه‌ها مربوط به فصول تر بوده و توسط مدل ERA-Interim برآورد می‌شود.

بدین جهت از داده‌های مشاهداتی ۴ ایستگاه دهنو، قلعه ریسی، ایدنک و مارگون در بالادست سد مارون در دوره زمانی ۱ ژانویه ۲۰۰۳ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱۴ استفاده گردید. برای ارزیابی سالانه نقشه‌های پهنه‌ای بارش با روش IDW، استخراج گردید و جهت ارزیابی ماهانه ۴ شاخص MBE، RMSE، NSE و CC و در مقیاس روزانه علاوه بر چهار شاخص ذکر شده سه شاخص طبقه‌بندی POD، FAR و CSI نیز محاسبه شد. نتایج در مقیاس سالانه نشان‌دهنده کم برآورد بودن داده‌های مدل‌های شبکه‌بندی شده و تناسب بیشتر داده‌های ERA-Interim با داده‌های مشاهداتی در ایستگاه‌های دهنو، ایدنک و مارگون و همچنین داده‌های CHIRPS در ایستگاه قلعه ریسی می‌باشد. همچنین، مشخص می‌گردد در تمامی ایستگاه‌ها در برآورد بارش روزانه و تکمیل سری‌های بارش داده‌های بازتحلیل مدل ERA-

Table 7- Evaluation Indexes for daily precipitation for wet and dry periods
جدول ۷- شاخص‌های ارزیابی بارش روزانه به تفکیک دو فصل تر و خشک

Station	Season	dataset name	MBE	RMSE	NS	CC	POD	FAR	CSI
Dehno	Wet	ERA-Interim	-1.869	10.452	0.518	0.763	0.496	0.112	0.467
		PERSIANN-CDR	-3.215	15.258	-0.028	0.348	0.377	0.280	0.329
		CHIRPS	-2.185	11.872	0.378	0.645	0.536	0.513	0.343
	Dry	ERA-Interim	-0.143	2.827	0.389	0.626	0.231	0.057	0.228
		PERSIANN-CDR	-0.430	5.799	-1.571	0.096	0.193	0.170	0.186
		CHIRPS	-0.407	6.685	0.425	0.180	0.386	0.271	0.271
Ghale-Raeesi	Wet	ERA-Interim	-0.700	6.283	0.556	0.749	0.504	0.166	0.458
		PERSIANN-CDR	-1.677	11.386	-0.459	0.316	0.331	0.213	0.304
		CHIRPS	-0.185	2.939	0.536	0.287	0.458	0.344	0.344
	Dry	ERA-Interim	-0.186	2.359	0.343	0.590	0.280	0.389	0.238
		PERSIANN-CDR	-0.333	5.460	-2.521	0.090	0.155	0.236	0.148
		CHIRPS	-0.393	6.709	0.416	0.173	0.458	0.180	0.180
Idenak	Wet	ERA-Interim	-0.333	6.402	0.622	0.792	0.592	0.127	0.545
		PERSIANN-CDR	-1.579	11.734	-0.269	0.342	0.437	0.246	0.382
		CHIRPS	-0.319	3.070	0.581	0.337	0.514	0.362	0.362
	Dry	ERA-Interim	0.071	1.364	0.428	0.735	0.350	0.168	0.326
		PERSIANN-CDR	-0.163	5.032	-6.782	0.097	0.212	0.189	0.202
		CHIRPS	-0.177	6.974	0.536	0.287	0.442	0.251	0.251
Margoon	Wet	ERA-Interim	-0.007	5.894	0.480	0.744	0.497	0.064	0.481
		PERSIANN-CDR	-1.467	10.422	-0.627	0.368	0.382	0.249	0.339
		CHIRPS	-0.138	2.498	0.632	0.400	0.464	0.379	0.379
	Dry	ERA-Interim	-0.101	2.205	0.443	0.674	0.228	0.095	0.223
		PERSIANN-CDR	-0.442	5.413	-2.355	0.120	0.219	0.179	0.209
		CHIRPS	-0.472	5.046	0.532	0.283	0.368	0.300	0.300

Dezfuli D, Hosseini Moghari S and Ebrahimi K (2016) Comparison of PERSIANN and TRMM 3B42 satellite data with observation of ground stations. *Journal of Soil and Water Sciences* 85-98 (In Persian)

Duan Z and Bastiaanssen WGM (2013) First results from Version 7 TRMM 3B43 precipitation product in combination with a new downscaling-calibration procedure. *Remote Sensing of Environment* 131:1-13

Duan Z, Liu J, Tuo Y, Chiogna G and Disse M (2016) Evaluation of eight high spatial resolution gridded precipitation products in Adige Basin (Italy) at multiple temporal and spatial scales. *Science of the Total Environment* 573:1536-1553, Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716319143>

Fujihara Y, Yamamoto Y, Tsujimoto Y and Sakagami JI (2014) Discharge simulation in a data-scarce basin using reanalysis and global precipitation data: A case study of the White Volta Basin. *Journal of Water Resource and Protection, Scientific Research Publishing* 06(6):1316-1325, Available at: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/jwarp.2014.614121>

Funk C, Peterson P, Landsfeld M, Pedreros D, Verdin J, Shukla S, Husak G, Rowland J, Harrison L, Hoell A and Michaelsen J (2015) The climate hazards infrared precipitation with stations-a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data, Nature Publishing Group* 2:150066, Available at: <http://www.nature.com/articles/sdata201566>

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, Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809517311079>

Ghahraman B, Zangane Inalo M and Alireza F (2018) Comparison of precipitation and precipitation data of PERSIANN and CMORPH satellite rainfall and daily methods. *Iran Water Resources Research* 1-12 (In Persian)

Ghajarnia N, Liaghat A and Daneshkar Arasteh P (2015) Comparison and evaluation of high resolution precipitation estimation products in Urmia Basin-Iran. *Atmospheric Research* 158: 50-65

Hejazizade Z, Alijani B, Ziaeiyan P, Karimi M and Rafati S (2012) Satellite evaluation of 3B43 and its comparison with the amounts of the Kriging interpolation technique. *Remote Sensing and Iranian GIS* 49-64 (In Persian)

علاوه بر آن، با توجه به شاخص طبقه‌بندی CSI در ارزیابی تشخیص صحیح روزهای در فصول تر و خشک مشخص می‌شود که از بین فصول، فصل تر و از بین مدل‌های شبکه‌بندی بارش، مدل ERA-Interim در تمامی ایستگاه‌ها بهترین نتیجه را ارائه می‌دهد.

پی‌نوشت‌ها

- 1- Reanalysis
- 2- Global Precipitation Climatology Centre
- 3- Climate Prediction Center
- 4- National Centers for Environmental Prediction-National Center for Atmospheric Research
- 5- European Centre for Medium-Range Weather Forecast
- 6- TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) Multi-Satellite Precipitation Analysis
- 7- Climatic Research Unit
- 8- Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data
- 9- Global Meteorological Forcing Dataset for Land Surface Modelling Developed by Princeton University
- 10- Climate Forecast System Reanalysis
- 11- Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks- Climate Data Record

۵- مراجع

Ashouri H, Hsu KL, Sorooshian S, Braithwaite DK, Knapp KR, Cecil LD, Nelson BR and Prat OP (2015) PERSIANN-CDR: Daily precipitation climate data record from multisatellite observations for hydrological and climate studies. *Bulletin of the American Meteorological Society* 96(1):69-83, Available at: <http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/BAMS-D-13-00068.1>

Balsamo G, Albergel C, Beljaars A, Boussetta S, Brun E, Cloke H, Dee D, Dutra E, Muñoz-Sabater J, Pappenberger F, ... Vitart F (2015) ERA-Interim/Land: a global land surface reanalysis data set. *Hydrology and Earth System Sciences* 19(1):389-407, Available at: <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/19/389/2015/>

Collischonn B, Collischonn W and Tucci CEM (2008) Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates. *Journal of Hydrology* 360(1-4):207-216, Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169408003806>

Darand M and Zand Karimi S (2016) Evaluation of the accuracy of rainfall data of the global precipitation climatology center on Iran. *Iranian Geophysical Journal* 95-113 (In Persian)

- Available at: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169417300653>
- Tan ML and Santo H (2018) Comparison of GPM IMERG, TMPA 3B42 and PERSIANN-CDR satellite precipitation products over Malaysia. *Atmospheric Research* 202:63-76, Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809517307287>
- Tapiador FJ, Turk FJ, Petersen W, Hou AY, García-Ortega E, Machado LAT, Angelis CF, Salio P, Kidd C, Huffman GJ and de Castro M (2012) Global precipitation measurement: Methods, datasets and applications. *Atmospheric Research* 70-97, Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809511003607>
- Thiemig V, Rojas R, Zambrano-Bigiarini M and De Roo A (2013) Hydrological evaluation of satellite-based rainfall estimates over the Volta and Baro-Akobo Basin. *Journal of Hydrology* 499:324-338, Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169413005295>
- Worqlul AW, Maathuis B, Adem AA, Demissie SS, Langan S and Steenhuis TS (2014) Comparison of rainfall estimations by TRMM 3B42, MPEG and CFSR with ground-observed data for the Lake Tana basin in Ethiopia. *Hydrology and Earth System Sciences* 18(12):4871-4881, Available at: <https://www.hydrol-earth-syst-ci.net/18/4871/2014/>
- Worqlul AW, Yen H, Collick AS, Tilahun SA, Langan S and Steenhuis TS (2017) Evaluation of CFSR, TMPA 3B42 and ground-based rainfall data as input for hydrological models, in data-scarce regions: The upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Catena* 152:242-251, Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816217300267>
- Xie P and Xiong AY (2011) A conceptual model for constructing high-resolution gauge-satellite merged precipitation analyses. *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 16(21), Available at: <https://doi.wiley.com/10.1029/2011JD0161>
- Hosseini Moghari S M, Araghi nejad S, and Ebrahimi k (2017) Investigation of the accuracy of global networked rainfall data in the Urmia Lake Basin. *Iran Water and Soil Research* 587-598 (In Persian)
- Javanmard S, Yatagai A, Nodzu MI, 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, Available at: <https://www.adv-geosci.net/25/119/2010/>
- Jia S, Zhu W, Lu A and Yan T (2011) A statistical spatial downscaling algorithm of TRMM precipitation based on NDVI and DEM in the Qaidam Basin of China. *Remote Sensing of Environment* 115(12):3069-3079, Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425711002331>
- Madadi G, Hamzeh S, and Norouzi A (2015) Detection of precipitation on daily, monthly and annual scales using satellite imagery. *Remote Sensing and Geographic Information Systems in Natural Resources* 59-74 (In Persian)
- Mianabadi A, Amin A, Sanaei Nejad H, Banayan Aval M and Farid Hosseini A (2013) Statistical evaluation of the output of the CMORPH model in the estimation of north-east precipitation in Iran. *Water and Soil Journal* 919-927 (In Persian)
- Miri M, Azizi G, Khosh akhlagh F and Rahimi M (2016) Statistical evaluation of rainfall and temperature gridded data with rain observation data. *Iranian Journal of Watershed Management Sciences and Engineering* 39-50 (In Persian)
- Miri M, Raziei T and Rahimi M (2016) Evaluation and comparison of TRMM and GPCP precipitation data with observational data in Iran. *Earth and Space Physics* 672-657 (In Persian)
- Poméon T, Jackisch D and Diekkrüger B (2017) Evaluating the performance of remotely sensed and reanalysed precipitation data over West Africa using HBV light. *Journal of Hydrology* 547:222-235,