ارزیابی مکانی و زمانی داده‌های شبکه‌ایی بارش CHIRPS، PERSIAN-CDR و ERA5 (مطالعه موردی استان لرستان)

آرین حیدری مطلق[1]، شادمان ویسی[2*] و امیر سلطانی محمدی[3]

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، موسسه تحقیقات خاک و آب، بخش آبیاری و فیزیک خاک، کرج، shadman2010@yahoo.com

۳- استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

دریافت: بازنگری: پذیرش:

چکیده

بارش یکی از متغیرهای مهم در مطالعه‌های هیدرولوژیکی و منابع آب است. بنابراین، تخمین دقیق بارش یک مسأله مهم است. در این پژوهش، عملکرد سه پایگاه داده CHIRPS، ERA5 و PERSIANN-CDR برای برآورد بارش در استان لرستان در مقیاس‌های روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه با استفاده از شاخص‌های آماری شامل nRMSE، RMSE، rMBE و NSE و شاخص‌های توان تشخیص وقوع بارش POD، CSI و FAR ارزیابی شد. داده‌های بارش نه ایستگاه سینوپتیک در دوره آماری ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰به‌صورت روزانه اخذ و با نتایج سه پایگاه داده مقایسه شدند. فرض این پژوهش بر آن است که داده‌های سنجش از دوری و باز تحلیل در مکان‌هایی که با کمبود یا خلاء داده در سری زمانی روبه‌رو هستند می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. نتایج نشان داد در مقیاس فصلی و سالانه این داده دارای دقت قابل قبول و قابل اعتماد می‌باشند ولی در مقیاس روزانه و ماهانه نیاز به تصحیح اریبی دارند. نتایج نشان داد که پایگاه داده‌های PERSIANN-CDR و CHIRPS در فصول مختلف و سالانه عملکرد بهتری داشتند. بر اساس شاخص‌های NSE و RMSE، پایگاه داده‌های PERSIANN-CDR و ERA5 به‌ترتیب بهترین عملکرد را در فصل پاییز و فصل بهار از خود نشان می‌دهند. همچنین در فصل زمستان و در مقیاس سالانه، پایگاه داده CHIRPS و PERSIANN-CDR عملکرد بهتری را نشان دادند. مقدار rMBE نشان داد که پایگاه داده CHIRPS و PERSIANN-CDR بارش را کم برآورد می‌کنند، در حالی که ERA5 با بیش برآورد همراه است. بر اساس شاخص‌های قدرت تشخیص بارش، ERA5 با میانگین ۹۳ (POD) درصد و ۸۲ (CSI) درصد بهترین عملکرد را داشته و CHIRPS با میانگین ۷ (FAR) درصد نسبت به سایر پایگاه داده‌ها از عملکرد بهتری برخوردار است. پیشنهاد می‌گردد در مکان‌های که با کمبود داده روبرو هستند داده‌های فصلی و سالانه این پایگاه داده‌ها به‌کار گرفته شود و از استفاده آن‌ها در مقیاس زمانی روزانه و ماهانه با احتیاط استفاده گردد.

کلید واژه‌ها: باز تحلیل، داده‌های ماهواره‌ای، تصحیح اریبی، کمبود داده.

مقدمه

بارش یک عامل مهم در فرآیندهای هیدرولوژیکی، مدل‌سازی آب و هوا و تولید کشاورزی است Xu (2021) و Huffman et al (2007) که هم از نظر مکانی و هم زمانی تغییر پذیری قابل توجهی را نشان می‌دهد (Zhang et al., 2020). جمع‌آوری مجموعه داده‌های بارش به موقع و قابل‌اعتماد در مناطق کم‌داده و کوهستانی ضروری و چالش برانگیز است (Zhou et al., 2020). روش‌های مختلفی مانند ایستگاه‌های باران سنجی، رادارهای زمینی و سنجش از دور ماهواره‌ای برای جمع‌آوری داده‌های بارش مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همه این روش‌های برآورد بارش مزایا و معایب خاص خود را دارند (Sun et al., 2018; Yu et al., 2020). این روش‌ها عدم قطعیت‌های متنوعی را از منابع داده، نمونه‌برداری، الگوریتم‌های بازیابی، و آب و هوای طبیعی و قابلیت‌های جغرافیایی نشان می‌دهند (Xie et al., 2007; Shen et al., 2010; Wang et al., 2021). بنابراین، یک ارزیابی از دقت محصولات بارش می‌تواند در گستره وسیعی از کاربردهای تحقیقات هیدرولوژیکی و اقلیمی، از جمله مدیریت منابع آب، شبیه‌سازی رواناب (Jiang et al., 2012, 2018)، پیش‌بینی سیل، پایش خشکسالی و کشاورزی مفید باشد (Sahoo et al., 2015; Donat et al., 2016; Toté et al., 2015; Jiang et al., 2021). به‌طور معمول، محصولات بارش مبتنی بر ماهواره یک تخمین واقع‌بینانه برای سوابق تاریخی بلند مدت به‌دلیل منبع داده‌های قابل‌اعتماد آن‌ها (ایستگاه‌های جهانی) فراهم می‌کنند (Xie et al., 2007; Wei et al., 2020) با این حال، کیفیت آن‌ها به‌دلیل تراکم شبکه باران سنج زمینی و عدم دسترسی به موقع محدود شده است (Sun et al., 2018). در چند دهه اخیر، تجزیه و تحلیل مجدد محصولات بارش به‌صورت عملیاتی با پوشش تقریباً

جهانی و وضوح مکانی و زمانی بی‌سابقه در دسترس قرار گرفته‌است (C3S, 2017; Amjad et al., 2020; Jiang et al., 2021). با این حال، محصولات بارش مبتنی بر باز تحلیل سازگاری پایینی را در مقایسه با داده‌های زمینی از دیدگاه نتایج تجزیه و تحلیل شناسایی بارش و کاربردهای هیدرولوژیکی نشان می‌دهند (Satgé et al., 2020). در همین حال، چندین محصول بارش چند ماهواره‌ای شبه جهانی در دهه‌های اخیر ظهور کرده‌اند که روش‌های جدیدی را برای ثبت سریع اطلاعات بارش مداوم و ارائه مؤثرترین ابزار برای مشاهده بارش در مقیاس جهانی ارائه می‌دهند (Sun et al., 2018). محصولات بارش مبتنی بر ماهواره، به‌ویژه در مناطق با پوشش ایستگاه ناکافی، به‌عنوان جایگزینی برای مشاهدات مبتنی بر ایستگاه در نظر گرفته شده‌اند (Sun et al., 2018; Yin et al., 2021). با این حال، مجموعه داده‌های بارش زمینی به‌دلیل منابع ناکافی Hughes (2008) و سرمایه‌گذاری در کسب و مدیریت داده‌ها، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، در حال کمیاب شدن هستند. همچنین، داده‌های بارش مشاهده شده اغلب ناکافی، نامنظم و اغلب حاوی تفاوت‌ها هستند (Koutsouris et al. 2016; Londhe et al. 2015). این امر می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر کاربردهای عملی داشته باشد که در آن دقت از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین، این امر نیاز به ارزیابی دقیق داده‌های بارش قبل از ارزیابی Nahar et al., (2017) برای تغییرات آب و هوایی Hengade et al., (2018) و مدیریت منابع آب می‌باشد. Nezafat et al., (2021) به ارزیابی عملکرد محصولات شبکه‌بندی بارش با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی و توپوگرافی در ایران پرداختند و اعلام کردند برآورد بارش سالانه داده‌های مدل شبکه‌بندی شده دارای تخمین فرا برآورد و فرو برآورد در ایستگاه‌ها هستند و با توجه به شاخص‌های ارزیابی، عملکرد PERSIANN-CDR در مناطقی به‌غیراز شمال و شمال غرب ایران نسبت به CHIRPS بهتر است. همچنین تخمین بارش ماهانه مجموعه داده-PERSIANN CDR در همه حوضه‌ها به‌غیراز ارومیه و سرخس دارای خطای کمتر در برآورد بارش ماهانه و بیشترین همبستگی با داده‌های مشاهداتی نسبت به CHIRPS است. برآورد بارش روزانه داده‌های شبکه‌بندی CHIRPS دارای عملکرد بهتر نسبت به PERSIANN-CDR به‌خصوص در حوضه خلیج‌فارس و دریای عمان است. همچنین، داده‌های CHIRPS بر اساس شاخص تشخیصی CSI دارای عملکرد بهتر در تشخیص روزهای بارانی و غیر بارانی تقریباً در تمام ایستگاه‌ها بود. Najafi و Akbari moghadam (2022) به ارزیابی کارایی سه پایگاه داده در برآورد سری زمانی بارش‌های حدی در ایران پرداختند. نتایج نشان داد که ERA5 دارای بهترین عملکرد و دو پایگاه داده GPM و TRMM دارای کارایی قابل قبولی در برآورد بارش‌های روزانه هستند و می‌توان از آن‌ها برای برآورد نمایه‌های حدی بارش استفاده کرد و PDIR نیز فاقد کارایی در برآورد بارش روزانه در کشور است.

در ادامه کارایی سه پایگاه داده در شش ناحیه بارشی بررسی و نتایج این بخش نشان داد که به‌طورکلی داده‌های GPM دارای بیشترین و TRMM کمترین کارایی در برآورد نمایه‌های حدی بارش در ایران است. در دو ناحیه بارشی غرب و همچنین جنوب شرق و مرکز این پایگاه‌های داده دارای کارایی بیشتری نسبت به دیگر نواحی در برآورد نمایه‌های حدی بارش در ایران هستند. Shokri koochak et al., (2020) به ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های بارش ماهواره‌ای PERSIANN و PERSIANN-CDR و بررسی تأثیر ناهمواری‌ها بر آن (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبریز حله) پرداختند. نتایج نشان داد الگوریتم PERSIANN در همهٔ مقیاس‌های زمانی و مکانی، ضمن کم‌برآورد کردن عمق بارش، دقت کمی نیز دارد. در مقابل، الگوریتم PERSIANN-CDR دقت بیشتری دارد. Veysi و Nouri (2023) به پایش روند خشکسالی بر مبنای محصولات بارش در ایران CHIRPS، ERA5 و PERSIANN پرداختند. نتایج نشان می‌دهند که ERA5 عملکرد بهتری در برآورد مقادیر SPI ، تشخیص دوره‌های خشک‌سالی و برآورد معنی داری و شیب SPI در مناطق خشک و نیمه خشک نسبت به سایر مجموعه داده‌های جایگزین دارد. بنابراین، داده های بارش ERA5 می‌توانند برای مدل‌سازی و نظارت بر خشک‌سالی تحت تغییرات اقلیمی در مناطق خشک و نیمه خشک به کار روند. Nouri et al. (2024) به ارزیابی کمی-کیفی داده‌های بارش در تخمین رخداد و مقدار بارش‌های به موقع پیوسته در استان خراسان رضوی پرداختند. نتایج نشان داد که خروجی‌های ERA5 در مقیاس روزانه دارای خطای نسبتاً زیادی هستند در حالی‌که این داده‌ها در مقیاس‌های ماهانه و فصلی به خصوص فصلی در مناطق شرقی، جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی استان که از اقلیم گرم‌تر و بارش‌های کمتری برخوردارند، عملکرد بهتری داشته است. Gashaw et al., (2023) به ارزیابی بارندگی و محصولات دمایی ماهواره و باز تحلیل در منطقه بیل اکو (جنوب اتیوپی) به‌منظور افزایش کیفیت داده‌های ورودی برای مطالعه‌های آب و هوایی پرداختند. یافته ها نشان داد که MSWEP عملکرد بهتری نسبت به CHIRPS و TAMSATدر مناطق معتدل و گرمسیری در گام‌های زمانی روزانه، فصل خشک و سالانه دارد. این یافته همچنین نشان داد که توانایی MSWEP برای تشخیص روزهای بارانی (۷۹–۸۶ درصد) و فراوانی روزهای بارانی (۰/۹۹–۱/۷۹) بهتر از CHIRPS و TAMSAT، اما TAMSAT بهترین عملکرد را برای شناسایی روزهای غیر بارانی (۱۴–۳۸ درصد) نسبت به MSWEP و CHIRPS نشان داده است. با توجه به دما، MERRA نسبت به ERA5 در مناطق معتدل و گرمسیری برای تخمین حداکثر و حداقل دما از مقیاس‌های زمانی روزانه تا سالانه بهتر عمل کرد. Mekonnen et al., (2023) به برآورد دقت ماهواره و باز تحلیل بارش در آفریقا پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که عملکرد محصولات بارش در مکان و زمان متفاوت است. ارزیابی در

مقیاس‌های زمانی نشان داد که به‌طور متوسط، اکثر محصولات بارندگی نتایج ضعیفی (KGE <0/35) در مقیاس زمانی روزانه نشان دادند. در مقابل، RFE، ARC و MSWEP با (KGE > 0/75) در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه قابل اعتماد بودند. در بین محصولات بارندگی، عملکرد PERSIANN-CDR ،TAMSA و ERA5 در ثبت مشاهدات درجا نسبتاً ضعیف بود. Yang et al., (2024) به ارزیابی محصولات بارش مبتنی بر باز تحلیل ماهواره‌ای در مناطق کوهستانی سرد و خشک پرداختند. نتایج نشان داد برای منطقه مورد مطالعه داده‌های ERA5L را می‌توان برای ایجاد مطالعه‌های طولانی مدت در مورد روندهای هواشناسی و هیدرولوژیکی منطقه استفاده کرد. IMERG برای تجزیه و تحلیل بارش شدید و رویدادهای هیدرولوژیکی ارزشمند است.GSMaP برای شناسایی رویدادهای بارش در منطقه مناسب است. این مطالعه تفاوت‌های دقت را در بین محصولات بارشی مختلف نشان می‌دهد و توصیه‌هایی را برای سیاست‌گذاران در انتخاب داده‌ها ارائه می‌کند. همچنین اطلاعات حیاتی در مورد آب و هواشناسی و به‌منظور تولید محصولات بارشی با دقت بالا ارائه می دهد.

در این پژوهش ارزیابی و مقایسه، توزیع مقادیر بارندگی برآورد شده از ماهواره با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی زمینی در استان لرستان که چهارمین استان بارشی کشور می‌باشد صورت گرفته است. بنابراین هدف اصلی این پژوهش ارزیابی صحت داده‌های بارش حاصل از ماهواره با داده‌های ایستگاه باران سنج در مقیاس‌های فصلی و سالانه به منظور ارزیابی عملکرد آنها می‌باشد. با توجه به عدم ارزیابی داده‌های بارش سیستم ماهواره‌ای با داده‌های ایستگاه‌های زمینی در استان لرستان، نتایج این پژوهش می‌تواند برای کارشناسان، مدیران و برنامه‌ریزان اجرایی در موضوع مدیریت منابع آب در کشاورزی، کارآمد و مفید باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با مساحت ۲۸۰۶۴ کیلومتر در غرب ایران بین ۴۶ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۲ دقیقه و ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی از خط استوا قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح دریا از مرتفع‌ترین نقطه با ارتفاع ۴۰۵۰ تا پست‌ترین نقطه در جنوب استان با ارتفاع ۱۹۲ متر متغیر می‌باشد. متوسط بارش دراز مدت لرستان ۴۴۴ میلی‌متر است. جدول (۱) نشان دهنده طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، و طبقه‌بندی اقلیمی بر اساس اقلیم‌نمای آمبرژه در نه ایستگاه سینوپتیک استان لرستان می‌باشد. شکل (۱) نشان دهنده موقعیت جغرافیایی استان لرستان و ایستگاه‌های سینوپتیک آن می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک استان لرستان

Geographical and climatic characteristics of synoptic stations in Lorestan province-Table 1

station	Precipitation(mm)	Elevation(m)	Longitude	Latitude	Amberjeh
Aleshtar	463.8	1567	48°14´	33°49´	Cold semi-dry
Borojerd	449.4	1629	48°45´	33°54´	Cold semi-dry
Aligoodarz	381.7	2022	49°42´	33°24´	Cold dry
Doroud	608.2	1527	49°00´	33°31´	Cold dry
Noorabad	469.6	1860	48°00´	34°02´	Dry heat
Azna	410.3	1872	49°24´	33°26´	Cold semi-dry
Khoramabad	442.9	1148	48°17´	33°26´	Wet cold
Poldokhtar	385.5	713	47°43´	33°09´	Cold semi-dry
Kohdasht	384.05	1198	47°38´	33°31´	Cold semi-dry

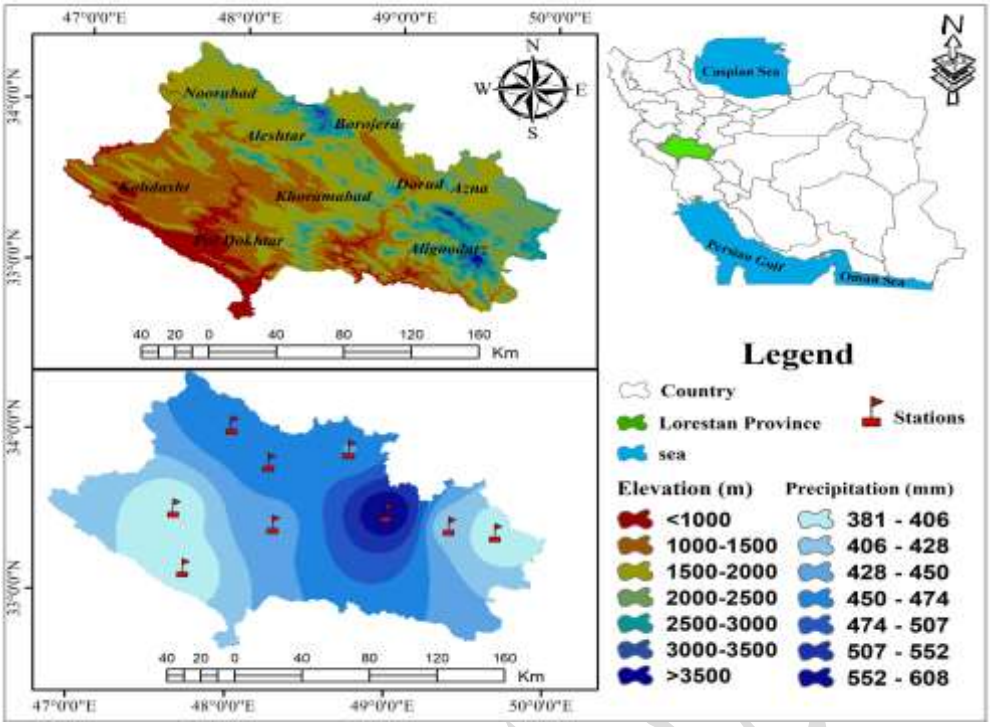


Fig. 1- Geographical Location Of Lorestan Province and its Synoptic Stations

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان لرستان و ایستگاه‌های سینوپتیک آن

جدول ۲- ویژگی مجموعه داده‌های مورد ارزیابی در این مطالعه

Table 2- Characteristics of the dataset evaluated in this study

Data Sets	Coverage	Sptial resolution	Source	Used Data	Temporal resolution
PERSIANN-CDR	60°S -60°N	0.25° × 0.25°	Satellite+Gage	2001-2021	Daily
CHIRPS	50°S-50°N	0.05° × 0.05°	Satellite+Gage	2001-2021	Daily
ERA5	Global	0.25° × 0.25°	Satellite+Gage	2001-2019	Daily

در این پژوهش داده‌های بارش روزانه نه ایستگاه هواشناسی استان لرستان در یک سری زمانی از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ به‌عنوان معیاری برای ارزیابی محصولات CHIRPS، ERA5 و PERSIANN-CDR در استان لرستان مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اهمیت مسئله‌ی تغییر اقلیم، داده‌های ایستگاهی مورد استفاده در این پژوهش از میان داده‌های بارش ۲۰ سال اخیر انتخاب گردید، زیرا الگوی بارش و فراوانی وقوع با توجه به تغییرات اقلیمی و تغییرات پارامتری هواشناسی نسبت به سنوات گذشته تغییر پیدا کرده است. در این تحقیق از پایگاه داده‌های مرتبط با بارندگی استفاده شد. در حال حاضر، سنجنده‌های مختلف و پایگاه‌های داده متعددی مقادیر بارندگی با قدرت زمانی و مکانی متفاوت را مخابره می‌کنند. این پایگاه داده‌ها عمدتاً ترکیبی از داده‌های ماکرویو غیر فعال و مادون قرمز حرارتی هستند. تفاوت اصلی آن‌ها نیز در نحوه ترکیب داده‌های ورودی، قدرت تفکیک مکانی و زمانی می‌باشد (Dinku et al., 2011). ERA5، نسل پنجم تجزیه و باز تحلیل مقادیر پدیده‌های جوی است که داده‌های خروجی آن مبتنی بر اطلاعات استخراج شده از مدلECMWF است که تجزیه و تحلیل اطلاعات در آن با تأثیر مشاهدات زمینی، انجام می‌شود. این پایگاه داده دارای نه محصول که شامل میانگین، کمینه و بیشینه‌ی دما، دمای نقطه شبنم، بارندگی تجمعی روزانه، فشار سطح زمین و سطح دریا با قدرت زمانی حداقل یک ساعته و تفکیک مکانی ۰/۲۵ داده‌های بارندگی را به‌صورت ماهانه تجمعی و دیگر داده‌ها را به‌صورت میانگین در اختیار کاربر قرار می‌دهد. داده‌ها از سال ۱۹۷۹ موجود می‌باشند (Amjad et al., 2020). داده‌های PERSIANN-CDR بارش در این پایگاه با مقیاس مکانی ۰/۲۵ در ۰/۲۵ درجه برای مطالعه‌های هیدرولوژیک و هیدروکلماتولوژی ارائه شده است. خطای داده‌های سنجش از دور بر مبنای داده‌های اصلاح شده است (Nguyen et al., 2020). CHIRPS با یک تک باند بارندگی و قدرت تفکیک مکانی ۰/۰۵ داده‌های بارندگی را از ابتدای سال ۱۹۸۱ تا کنون در اختیار کاربر می‌گذارد. از این پایگاه داده برای برآورد بارش روزانه استفاده می‌شود (Mulungu and Mukama, 2023). مشخصات کلی از سری داده مورد استفاده در مطالعه در جدول (۲) آمده است.

آنالیز آماری

آماره‌های کمی

در این پژوهش از معیارهای آماری مختلفی برای ارزیابی و مقایسه محصولات ارائه شده توسط پایگاه‌های داده و مقادیر بارش روزانه ایستگاه‌های زمینی استفاده شد. به‌منظور ارزیابی دقت و کارایی مدل‌ها، از آماره‌های ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین مجذور مربعات خطای نرمال (nRMSE)، میانگین نسبی خطا (rMBE) و ضریب نش (NSE) استفاده شد.

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{\mathrm{N}}\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}}(\mathrm{X_i} - \mathrm{Y_i})^2} \qquad (۱)$$

$$\mathrm{NSE} = 1 - \frac{\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}}(\mathrm{X_i} - \mathrm{Y_i})^2}{\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}}(\mathrm{X_i} - \bar{X}_\mathrm{i})^2} \qquad (۲)$$

$$\mathrm{nRMSE} = 100 \times \frac{\mathrm{RMSE}}{\bar{\mathrm{O}}} \qquad (۳)$$

$$\mathrm{rMBE} = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{X_i} - \mathrm{Y_i})}{\bar{Y}_i} \times 100 \qquad (۴)$$

در روابط بالا، Y_i و X_i به ترتیب مقادیر محاسباتی و مشاهداتی در گام زمانی i ام، N تعداد گام‌های زمانی، $\bar{x}$ و $\bar{y}$ نیز به‌ترتیب میانگین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی می‌باشد. آماره ریشه میانگین مربعات همواره مثبت بوده و بهترین حالت عملکرد زمانی است که مقدار به صفر نزدیک شود. با این حال، میانگین مجذور مربعات خطای نرمال یک اندازه بدون بُعد است. ریشه میانگین مربعات خطای نرمال nRMSE تفاوت نسبی داده‌های برآورد شده در مقابل داده‌های اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. بر اساس این شاخص در صورتی که nRMSE ≤ ۱۰ ٪، عالی، اگر بین ۱۰ ٪ < nRMSE ≤ ۲۰ ٪، خوب و چنانچه بین ۲۰ ٪ < nRMSE ≤ ۳۰ ٪ متوسط اگر nRMSE > ۳۰ ٪ ضعیف می‌باشد. شاخص rMBE به‌منظور بیش‌برآوردی یا کم‌برآوردی مدل‌ها نسبت به مقدار اندازه‌گیری شده، مورد استفاده قرار گرفت. با این حال اگر rMBE بین ±۲۵ در طبقه عالی چنانچه بین ±۲۵ تا ±۴۰ قرار گیرد خوب و در صورتی که بین ±۴۰ تا ±۷۰ متوسط و اگر بالاتر از ±۷۰ ضعیف می‌باشد. مقدار ضریب نش از منفی بی‌نهایت تا یک می‌یاشد بهترین حالت بر اساس این شاخص زمانی است که مقدار آن به یک نزدیک‌تر باشد. شاخص ضریب تبیین نشانگر دقت تخمین است که مقداری همواره بین منفی یک و مثبت یک دارد که علامت + و – بیانگر همبستگی مثبت یا منفی است و هرچه به یک نزدیک باشد نشان از همبستگی بیشتر بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی دارد (Heidari et al., 2023).

آماره‌های کیفی

در این مطالعه، ارزیابی بارش باز تحلیل و ماهواره‌ای در برابر داده‌های مشاهده‌شده با استفاده از نمرات طبقه‌بندی و معیارهای آماری پیوسته انجام شد. نمرات طبقه‌بندی مورد استفاده در این مطالعه شامل احتمال تشخیص (POD)، نسبت هشدار اشتباه (FAR) و شاخص موفقیت بحرانی (CSI) است (Ayehu et al., 2018; Fenta et al., 2018; Nogueira et al., 2018; Belay et al., 2019; Abdelmoneim et al., 2020; Dhib et al., 2021). POD توانایی تجزیه و تحلیل مجدد محصول ماهواره برای تشخیص وجود بارش را نشان می‌دهد. مقادیر POD از صفر تا یک تغییر می‌کند، که مقادیر بالاتر نشان‌دهنده عملکرد خوب محصول تجزیه و تحلیل مجدد ماهواره‌ای برای شناسایی حضور بارش است (Fenta et al., 2018; Tadesse et al., 2022). از سوی دیگر، FAR تشخیص اشتباه محصول تجزیه و تحلیل مجدد ماهواره را توجیه می‌کند و مقدار آن از صفر تا یک است (Abdelmoneim et al., 2020). CSI توانایی تشخیص کلی بارش شبکه‌بندی شده را در مقایسه با بارش مشاهده‌شده نشان می‌دهد (Amjad et al., 2020). شاخص CSI بین صفر (بدترین عملکرد) و یک (بهترین عملکرد) نوسان می‌کند. از آنجایی که این شاخص هر دو گونه تشخیص اشتباه را در نظر می‌گیرد، شاخصی متعادل‌تر و قابل اعتمادتری به حساب می‌آید (Xiong et al., 2022). فرمول‌های محاسبه این سه پارامتر مطابق رابطه‌های ارائه شده در جدول (۳) می‌باشد.

جدول۳- شاخص‌های طبقه‌بندی استفاده شده برای ارزیابی محصولات بارش ماهواره‌ای

Table 3- Classification indices used to evaluate satellite precipitation products

Name	Equation	threshold	Optimum Value
Probability of detection	POD=H/(H+M)	[0,1]	1
False Alarm Ratio	FAR=F/(H+F)	[0,1]	0
critical success index	CSI=(H+M+F)	[0,1]	1

H is the number of wet period observations, M is the number of missing (unpredicted) wet period observations, and F is the number of predicted but not observed wet observations.



Fig. 2- Conceptual research model
شکل ۲-مدل مفهومی پژوهش

طبق تعریف، POD نشان دهنده تعداد پیش‌بینی‌های دوره مرطوب است که به درستی صورت گرفته است، FAR تعداد دوره‌های مرطوب پیش‌بینی شده اما مشاهده نشده و CSI ترکیب تفاوت جنبه‌های POD و FAR است و مهارت‌های تشخیص و پیش‌بینی را توصیف می‌کند (Zhang et al., 2020). محدوده تغییرات این پارامترها بین صفر و یک است به نحوی که هرچه مقدار POD و CSI بالاتر و مقدار پارامتر FAR کم‌تر باشد پیش‌بینی رخداد واقعه مورد نظر درست‌تر است و برعکس. پس از ارزیابی عملکرد بارش با استفاده از منابع داده جایگزین، همچنین ارائه یک نقشه بر اساس بهترین عملکرد (به‌عنوان مثال، با کم‌ترین nRMSE) در هر ایستگاه انتخاب شد (شکل ۲).

نتایج و بحث

ارزیابی فصلی و سالانه CHIRPS

تحلیل‌های آماری در مقیاس‌های فصلی و سالانه برای تمامی ایستگاه‌ها در شکل (۳) و (۴) ارائه شده است. با افزایش مقیاس زمانی، تعداد ایستگاه‌های با nRMSE بیش از ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. همچنین دقت برآورد بارش را می‌توان با در نظر گرفتن دوره زمانی طولانی‌تر بهبود بخشید زیرا nRMSE تمایل به میانگین‌گیری دارد. بنابراین، در نظر گرفتن دوره زمانی طولانی‌تر می‌توان منجر به نتایج بارش واقع‌بینانه‌تری شود. بنابراین از دوره زمانی روزانه و ماهانه صرف نظر شد. همچنین نتایج نشان می‌دهند که عملکرد محصولات زمانی بهبود می‌یابد که داده‌های روزانه و ماهانه جمع شوند که این امر می‌تواند ناشی از این واقعیت باشد که خطاها در مقیاس‌های زمانی کوچک‌تر، زمانی که داده‌ها در یک مقیاس زمانی بزرگ‌تر جمع می‌شوند، یکدیگر را جبران می‌کنند (Mulungu and Mukama 2023). با توجه به عدم نزولات جوی در فصل تابستان و همچنین نبود سطح زیر کشت اراضی دیم از ارائه نقشه بارش در این فصل صرف نظر شده است. شکل (۳) نتایج به‌دست آمده از بارش CHIRPS درتمامی ایستگاه‌های مورد بررسی در مقیاس‌های سالانه و فصلی را نشان می‌دهد. به طور کلی در فصل پاییز در تمام ایستگاه‌ها مقدار nRMSE بیشتر از ۳۰ درصد مشاهده شد. به نظر می‌رسد در مناطق خشک و نیمه خشک استان لرستان (پلدختر) ابرها پس از تشکیل دوام زیادی نداشته و به سرعت از بین می‌روند، بنابراین سنجندها فرصت کافی برای تشکیل دمای بالای ابرها را نداشته و لذا میزان خطای آن‌ها در این مناطق بیشتر می‌شود (Mianabadi et al., 2015). همچنین در فصل بهار هفت ایستگاه از مجموع نه ایستگاه سینوپتیک مقدار nRMSE بیشتر از ۳۰ درصد به ثبت رسانده است. ولی در مقابل در فصل زمستان و مقیاس سالانه در یک ایستگاه از مجموع نه ایستگاه سینوپتیک مقدار nRMSE بیشتر از ۳۰ درصد بوده است.کمترین مقادیر nRMSE در مقیاس فصلی و سالانه به ترتیب مربوط به دو ایستگاه الیگودرز و کوهدشت به میزان ۱۹ و ۱۴ درصد و بیشترین مقادیر به‌ترتیب مربوط به ایستگاه‌های پلدختر و درود به میزان ۶۱ و ۴۳ درصد می‌باشد. از آنجا که CHIRPS برای حمایت از خشکسالی کشاورزی در نظر گرفته شده‌است، بهترین عملکرد آن در حدود فصول (زمستان و بهار) نسبت به فصل پاییز برای هر مکان مورد انتظار بود (Funk et al., 2015).

به‌طور کلی در فصل پاییز برای تمام ایستگاه‌ها کم برآورد اتفاق افتاده است، ولی در مقیاس سالانه، بهار و زمستان در برخی از ایستگاه‌ها بیش برآوردی و در برخی دیگر کم برآوردی بوده است. البته بیش‌برآوردی در مقادیر ناچیز بوده و بیشتر کم برآوردی اتفاق افتاده است. همچنن بیشترین مقادیر کم برآوردی برای مقیاس سالانه و فصلی مربوط به ایستگاه درود به‌ترتیب با مقادیر ۳۹- و

۴۵- درصد بوده است. هیچ‌گونه بیش‌برآوردی بیشتر از حد مجاز مشاهده نگردید. علاوه بر این، سنسورهای مادون‌قرمز می‌توانند تحت‌تاثیر دمای بالای ابر و فشار هوا قرار گیرند که منجر به تخمین کم‌تر بارش در مناطق کوهستانی می‌شود (Li et al., 2022; Kim et al., 2017; Dinku et al., 2008). البته به نظر می‌رسد ارتفاع از سطح دریا در برآوردهای مقادیر درود و الیگودرز تأثیر داشته است در مناطق کوهستانی، هوای گرم، مرطوب و هوای سرد به هم می‌رسند که منجر به بالا آمدن زمین و جابجایی رطوبت پایدار می‌شود و منجر به بارش فراوان تری نسبت به دشت‌ها می‌شود Li et al., (2010) که همین مساله باید در تحقیقات دیگر مورد بررسی قرار گیرد.

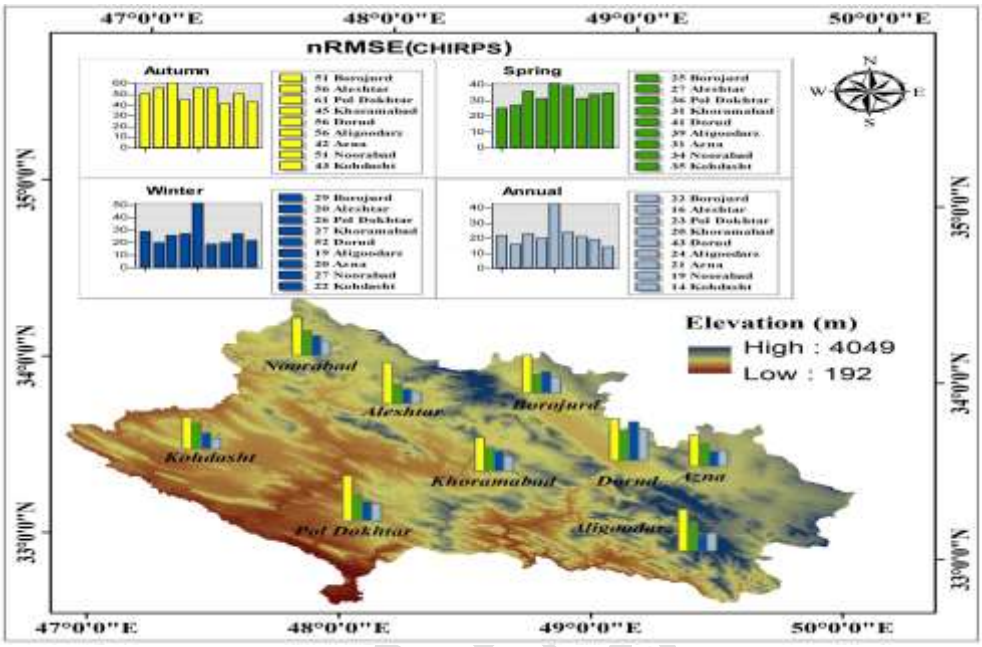


Fig. 3- Distribution of seasonal and annual nRMSE values of CHIRPS database

شکل ۳- پراکنش مقادیر nRMSE فصلی و سالانه پایگاه دادهCHIRPS

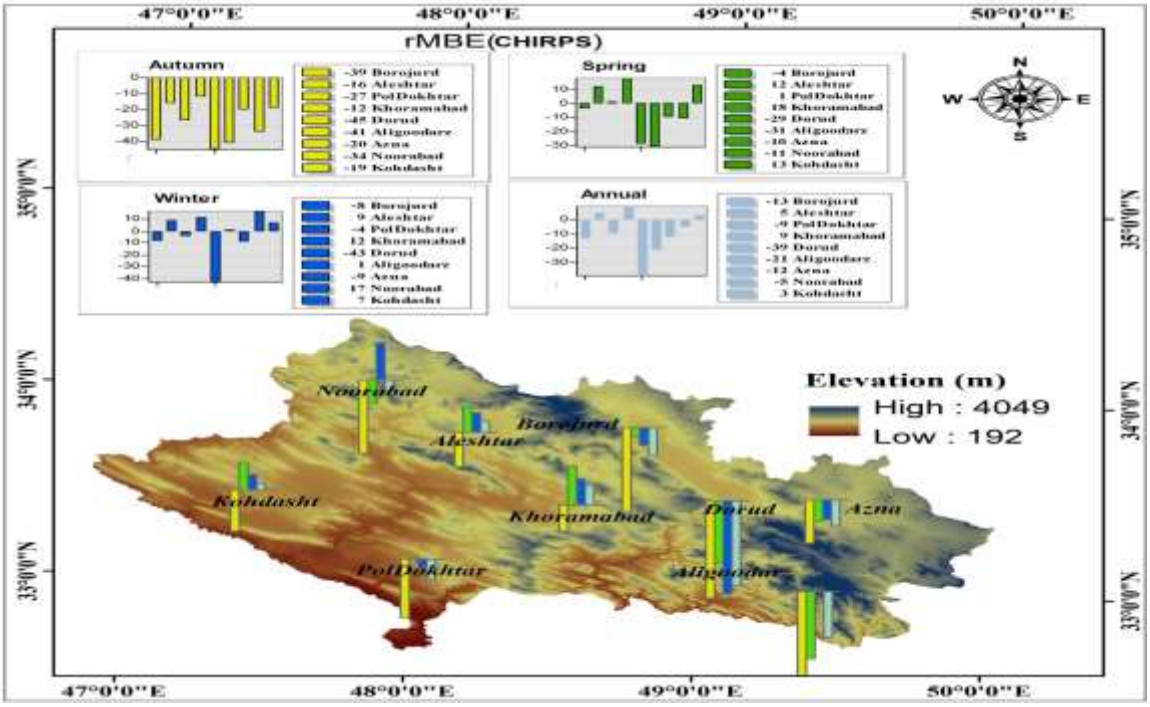


Fig. 4- Seasonal and annual values of rMBE statistics using CHIRPS database

شکل ٤- مقادیر فصلی و سالانه آماره rMBE با استفاده پایگاه دادهCHIRPS

ارزیابی فصلی و سالانه PERSIANN-CDR

شکل (۵) به‌طور کلی در فصل پاییز و زمستان در چهار ایستگاه از مجموع نه ایستگاه سینوپتیک مقدار nRMSE بیشتر از ۳۰ درصد مشاهده شد. همچنین در فصل بهار در تمام ایستگاه‌ها مقدار nRMSE بیشتر از ۳۰ درصد به ثبت شده است. با این حال، یک همبستگی نسبتا پایین بین PERSIANN-CDR و داده‌های زمینی در فصل بهار براساس شاخص nRMSE مورد استفاده مشاهده شد. این نتایج با نتایج تحقیق Santo و Tan (2018) و Akbari et, al., (2023) به‌طور خاص با توجه به میزان خطای بالای PERSIANN-CDR در ثبت بارش در فصل بهار سازگار است. این مساله را نمی‌توان در اینجا به‌طور دقیق تشخیص داد و یا مورد بررسی قرار داد اما ممکن است به خطاهای سیستماتیک ناشی از الگوریتم مورد استفاده برای برآورد بارش از ویژگی‌های ابری اشاره و ارتباط داشته باشد. به عبارت دیگر، سنسور ماهواره به اندازه کافی انعطاف‌پذیر نیست تا بتواند رفتار دینامیکی جو را در دوره‌های زمانی مختلف را ثبت کند. ولی در مقابل در مقیاس سالانه در یک ایستگاه از مجموع نه ایستگاه سینوپتیک مقدار nRMSE بیشتر از ۳۰ درصد بوده است.کمترین مقادیر nRMSE در مقیاس فصلی و سالانه به‌ترتیب مربوط به دو ایستگاه ازنا و الیگودرز به میزان ۲۲ و ۱۳ درصد و بیشترین مقادیر به‌ترتیب مربوط به ایستگاه‌های الشتر و درود به میزان ۴۵ و ۳۴ درصد می‌باشد. بنابراین می‌توان دریافت که میزان خطا به‌طور مستقیم به ارتفاع و میزان بارش در ایستگاه‌های الشتر، نورآباد، درورد و ازنا وابسته است؛ یعنی هر چه ارتفاع و بارش بالاتر باشد، مقدار nRMSE بیشتر خواهد بود Aghakouchak و Mehran (2014) و Sorooshian et al., (2011) این موضوع را به محدودیت در تشخیص بارش محصولات ماهواره‌ای مرتبط می‌دانند.

مطابق شکل (۶) نتایج آماره rMBE نیز مشخص شد که مقدار برآورد شده بارش در فصول پاییز و بهار برای تمام ایستگاه‌ها کم-برآورد داشته است. البته در فصل پاییز هیچ‌گونه کم‌برآوردی بیشتر از حد مجاز مشاهده نگردید و در مقابل در فصل بهار تنها یک ایستگاه کم‌برآوردی بیش از ۲۵ درصد را نشان داد، که ایستگاه درود به مقدار ۳۳ درصد بوده است. در مقابل در مقیاس زمستان و سالانه در برخی ایستگاه‌ها بیش برآوردی و در برخی کم‌برآوردی بوده که البته هیچ‌گونه بیش برآوردی بیشتر از حد مجاز مشاهده نگردیده و بیشتر کم‌برآوردی اتفاق افتاده است. همچنین بیشترین مقدار کم-برآوردی در مقیاس سالانه و فصلی مربوط به ایستگاه درود به ترتیب با مقادیر ۳۰- و ۳۳- درصد بوده است.

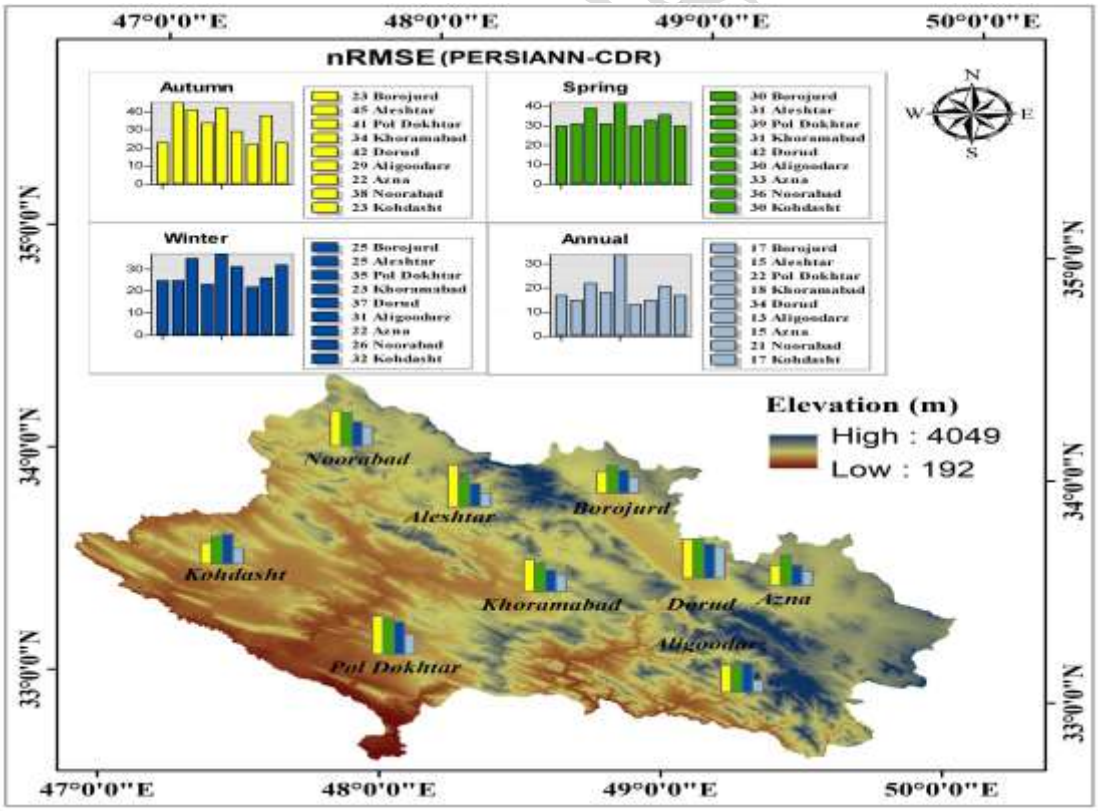


Fig. 5- Distribution of seasonal and annual nRMSE values of PERSIANN-CDR database

شکل ۵- پراکنش مقادیر nRMSE فصلی و سالانه پایگاه داده PERSIANN-CDR

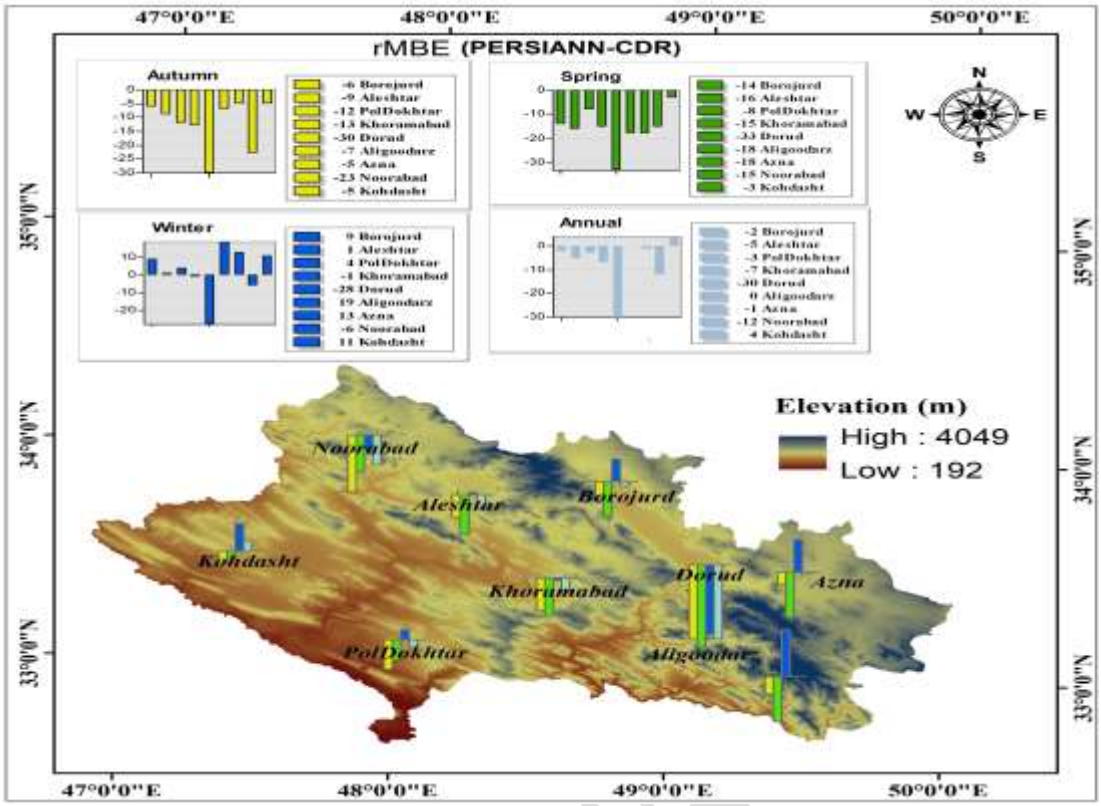


Fig. 6- Seasonal and annual values of rMBE statistics using PERSIANN-CDR database

شکل ٦- مقادیر فصلی و سالانه آماره rMBE با استفاده پایگاه دادهPERSIANN-CDR

ارزیابی فصلی و سالانه ERA5

نتایج به‌دست آمده از بارش باز تحلیل شده در پایگاه داده‌های ERA5 در تمامی ایستگاه‌ها مورد بررسی در شکل‌های (۷) و (۸) نشان داده شده است. در فصل پاییز سه ایستگاه از مجموع نه ایستگاه سینوپتیک مقدار nRMSE بیشتر از ۳۰ درصد و در دیگر ایستگاه‌ها خطا کمتر از ۳۰ درصد به دست آمده است؛ همچنین در فصل بهار و زمستان سه ایستگاه از مجموع نه ایستگاه مقدار nRMSE بیشتر از ۳۰ درصد را به ثبت رسانده است. در مقابل در مقیاس سالانه چهار ایستگاه از مجموع نه ایستگاه سینوپتیک مقدار nRMSE بیشتر از ۳۰ درصد بوده است. کمترین مقدار nRMSE در مقیاس فصلی و سالانه مربوط به ایستگاه درود به‌ترتیب با مقادیر ۲۲ و ۱۵ درصد و بیشترین مقادیر در مقیاس فصلی و سالانه مربوط به ایستگاه کوهدشت به میزان ۶۸ و ۵۳ درصد می باشد. همانطور که در شکل (۷) نشان‌داده شده‌است، دقت محصولات بارش با حرکت از غرب به شرق حوضه به‌دلیل وجود شیب‌های زاگرس رو به افزایش بوده که البته به نظر می‌رسد ارتفاع از سطح دریا در برآوردهای مقادیر درود تأثیر داشته است. این نتایج نشان می‌دهد روش‌های دینامیکی و عددی مورد استفاده در مدل ERA5 توانایی دارد تا تخمین‌هایی نزدیک به واقعیت و با کمترین خطا در فصل بهار ارائه دهد و قابلیت بهبود در ارائه نتایج بهینه‌تردر سایر مناطق را نیز داراست. عملکرد خوب و مناسب مدل ERA5 در فصل بهار در مقالات بسیاری از نواحی مختلف گزارش شده است Jiang et (Gleixner et al. 2020 ؛ al., 2021).

در اکثر ایستگاه‌ها نیز داده‌های عملکرد بارش دچار بیش برآورد بوده است. بر اساس نتایج آماره rMBE به‌طور کلی در فصل پاییز سه ایستگاه خرم‌آباد، درود و نورآباد از مجموع ۹ ایستگاه کم برآورد داشته که البته کم برآوردی بیشتر از حد مجاز اتفاق نیفتاده در مقابل در بقیه ایستگاه‌ها بیش‌برآوردی داشته که ایستگاه کوهدشت بیش‌برآوردی بیشتر از حد مجاز را به ثبت رسانده است. به‌طور کلی در فصل بهار برای تمام ایستگاه‌ها بیش برآوردی بیشتر از حد مجاز اتفاق افتاده است. در فصل زمستان تنها یک ایستگاه از مجموع نه ایستگاه کم برآورد داشته که بیشتر از حد مجاز نبوده، در بقیه ایستگاه‌ها با بیش برآوردی مواجه بوده که در هفت ایستگاه از مجموع نه ایستگاه بیش برآوردی بیشتر از حد مجاز اتفاق افتاده است. در مقیاس سالانه برای تمام ایستگاه‌ها بیش برآوردی اتفاق افتاده است. البته در چهار ایستگاه از مجموع نه ایستگاه بیش برآوردی بیشتر از حد مجاز اتفاق افتاده است. همچنن بیشترین مقادیر بیش برآوردی برای مقیاس سالانه و فصلی مربوط به ایستگاه کوهدشت به ترتیب با مقادیر ۵۰ و ۶۱ درصد بوده است.

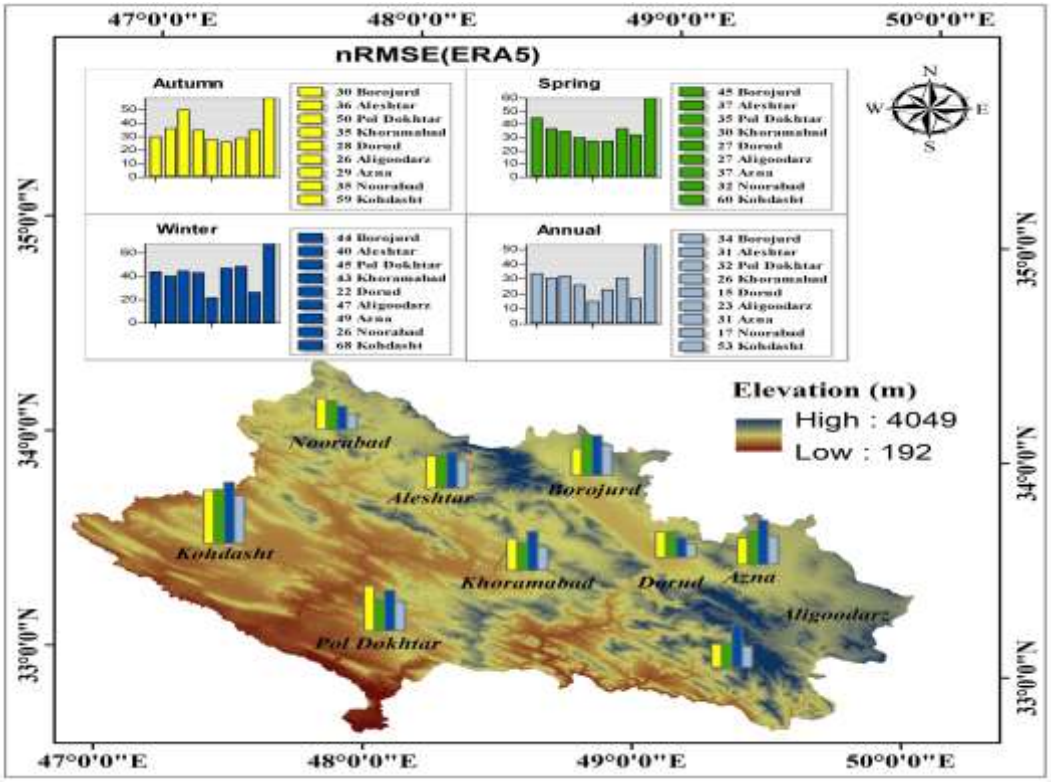


Fig. 7- Distribution of seasonal and annual nRMSE values of ERA5 database

شکل ۷- پراکنش مقادیر nRMSE فصلی و سالانه پایگاه دادهERA5

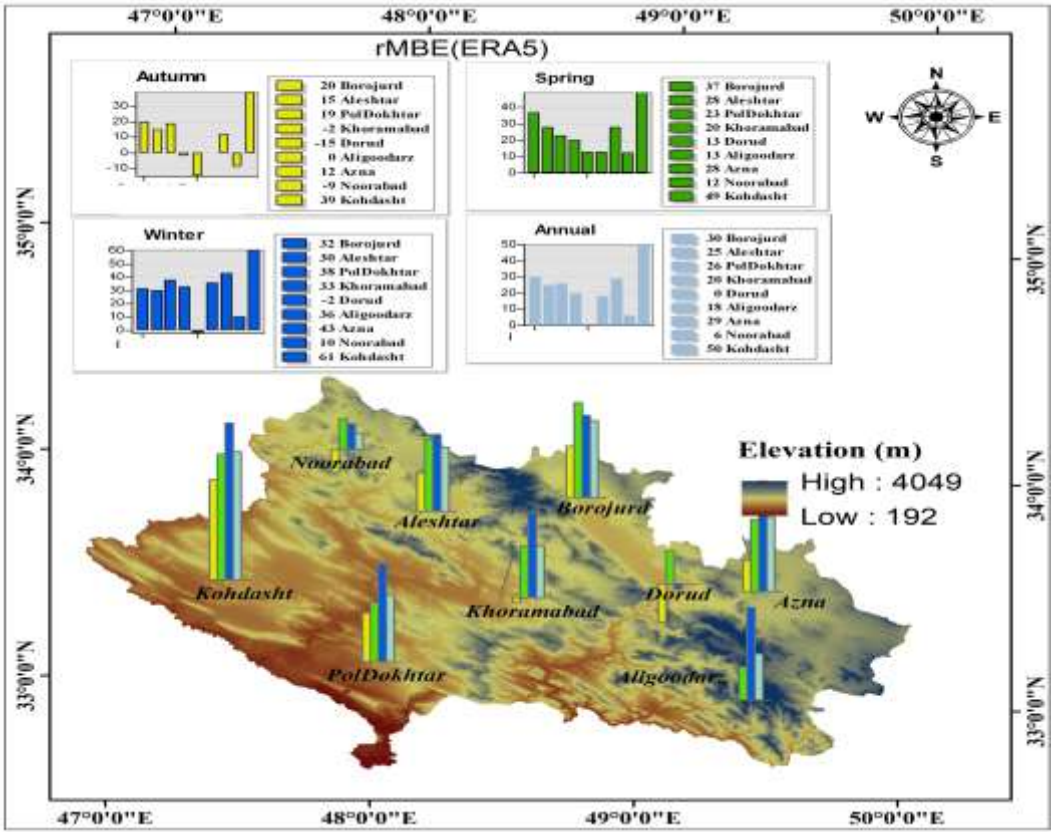


Fig. 8- Seasonal and annual values of rMBE statistics using ERA5 database

شکل ۸- مقادیر فصلی و سالانه آماره rMBE با استفاده پایگاه دادهERA5

مقایسه و ارزیابی بارش برآورد شده توسط پایگاه داده‌های ERA5،CHRIPS و PERSIANN-CDR

مقادیر ضریب NSE و RMSE در مقیاس‌های فصلی و سالانه برای تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک در استان لرستان در شکل (۹) ارائه شده است.

مقادیر ضریب NSE برآورد شده در فصل پاییز برای استان لرستان در بازه (۰/۰۶ تا ۰/۸۹) در نوسان بوده که بهترین و بدترین عملکرد را به‌ترتیب در دو پایگاه داده PERSIANN-CDR و CHIRPS در دو ایستگاه سینوپتیک ازنا و درود با مقادیر ۰/۸۹ و ۰/۰۶ مدلسازی کردند. RMSE از مقایسه بارش مبتنی بر پایگاه داده با بارش مبتنی بر مشاهده‌ای برای همه نواحی استان برای فصل پاییز بین (۱۴/۴۸ تا ۶۹/۰۵) میلی‌متر در نوسان بود. بر اساس شاخص RMSE بهترین عملکرد را ایستگاه سینوپتیک ازنا در پایگاه داده PERSIANN-CDR با مقدار ۱۷/۴۸ میلی‌متر داشته است.

برآورد مقادیر ضریب NSE در فصل بهار در بازه (۰/۱۹- تا ۰/۷۲) در نوسان بوده، که بهترین عملکرد را پایگاه داده CHIRPS در ایستگاه سینوپتیک بروجرد به مقدار ۰/۷۲ و بدترین عملکرد را پایگاه داده ERA5 در ایستگاه سینوپتیک نورآباد به مقدار ۰/۱۹- داشته است. مقادیر برآورد شده RMSE بین پایگاه داده‌ها با بارش ایستگاه‌های سینوپتیک در فصل بهار بین (۳۹/۳۹ تا ۹۲/۱۸) میلی‌متر در نوسان بود. بر اساس شاخص RMSE بهترین و بدترین عملکرد را ایستگاه سینوپتیک کوهدشت و درود به‌ترتیب با مقادیر ۳۹/۳۹ و ۹۲/۱۸ میلی‌متر در پایگاه داده PERSIANN-CDR به ثبت رساندند.

مقادیر ضریب NSE برآورد شده در فصل زمستان در بازه (۱/۴۶- تا ۰/۷۵) متغییر بوده، که بهترین عملکرد را ایستگاه سینوپتیک الشتر به مقدار ۰.۷۵ در پایگاه داده CHIRPS و بدترین عملکرد را پایگاه داده ERA5 در ایستگاه سینوپتیک کوهدشت به مقدار ۱/۴۶- مدل‌سازی کردند. در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی در استان لرستان، مقادیر RMSE از مقایسه بارش برآورد شده پایگاه داده‌ها با بارش برآورد شده ایستگاه سینوپتیک در فصل زمستان به ترتیب (۲۸/۱۴ تا ۱۴۰/۰۶) میلی‌متر در نوسان بوده است. بر اساس شاخص RMSE بدترین عملکرد مربوط به ایستگاه سینوپتیک درود در دو پایگاه داده CHIRPS بوده، در مقابل بهترین عملکرد را در ایستگاه سینوپتیک الیگودرز با مقدار ۲۸/۱۴ میلی‌متر در پایگاه داده CHIRPS بوده است.

مقادیر ضریب NSE برآورد شده در مقیاس سالانه برای استان لرستان در بازه (۱/۲۶- تا ۰/۷۹) در نوسان بوده که بهترین عملکرد را به‌ترتیب در دو پایگاه داده CHIRPS و ERA5 در دو ایستگاه سینوپتیک کوهدشت و نورآباد به مقدار ۰/۷۹ و بدترین عملکرد را ایستگاه سینوپتیک درود به مقدار ۱/۲۶- در پایگاه داده CHIRPS مدل‌سازی کردند. RMSE از مقایسه بارش مبتنی بر پایگاه داده با بارش مبتنی بر مشاهده‌ای برای همه ایستگاه‌های استان برای مقیاس سالانه به‌ترتیب بین (۴۹/۶۴ تا ۲۶۱/۹۱) میلی‌متر در نوسان بود. بر اساس شاخص RMSE بهترین عملکرد را ایستگاه سینوپتیک الیگودرز در پایگاه داده PERSIANN-CDR به مقدار ۴۹/۶۴ میلی‌متر داشته است.

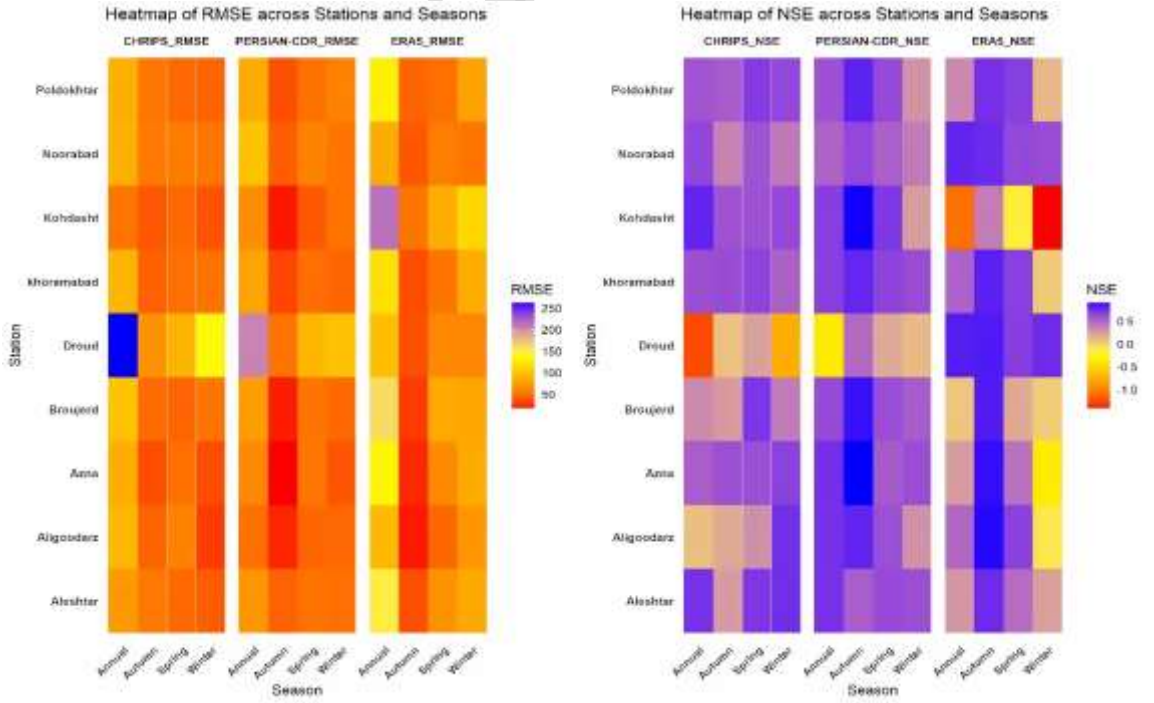


Fig.9- Evaluation of the estimated precipitation of CHIRPS, ERA5 and PERSIANN-CDR databases

شکل ۹- ارزیابی بارش برآورد شده پایگاه داده‌های ERA5، CHIRPS و PERSIANN-CDR

جدول ٤- عملکرد سه پایگاه داده در تشخیص رویدادهای بارش

Table 4- The performance of three databases in detecting precipitation events

	CHIRPS			PERSIANN-CDR			ERA5		
	CSI	POD	FAR	CSI	POD	FAR	CSI	POD	FAR
Azna	0.8	0.86	0.07	0.69	0.91	0.26	0.82	0.93	0.13
Aleshtar	0.79	0.85	0.07	0.69	0.92	0.26	0.81	0.93	0.14
Aligoodarz	0.8	0.85	0.07	0.69	0.9	0.26	0.81	0.92	0.13
Brojerd	0.79	0.85	0.08	0.7	0.92	0.25	0.81	0.94	0.15
Poldokhtar	0.82	0.88	0.07	0.72	0.93	0.24	0.84	0.94	0.12
Khoramabad	0.8	0.85	0.07	0.72	0.81	0.22	0.84	0.92	0.1
Droud	0.78	0.83	0.07	0.71	0.9	0.23	0.82	0.93	0.13
khodasht	0.82	0.87	0.07	0.72	0.93	0.24	0.82	0.95	0.14
Noorabad	0.79	0.84	0.08	0.7	0.91	0.24	0.82	0.93	0.12

اعتبارسنجی بارش ERA5،CHRIPS و PERSIANN-CDR بر اساس شاخص‌های جدول توافقی

به‌منظور تعیین قدرت تشخیص بارش از طریق الگوریتم‌های بارش ماهواره‌ای از سه شاخص تشخیص استفاده شد که نتایج آن برای سراسر استان لرستان در نه ایستگاه سینوپتیک قابل مشاهده است. شاخص‌های طبقه بندی برای تعیین عملکرد محصولات ارائه شده توسط ERA5،CHIRPS و PERSIANN-CDR در تشخیص روزهای همراه بارندگی در جدول (۴) ارائه شده است. دامنه تغییرات احتمال تشخیص (POD) روز بارانی سه محصول مورد ارزیابی بین ۰/۸۱ تا ۰/۹۵ تغییر می‌کند که پایین‌ترین مربوط به پایگاه داده PERSIANN-CDR و بالاترین آن مربوط به پایگاه داده ERA5 می‌باشد. پایگاه داده ERA5 نسبت به بقیه پایگاه داده‌ها دامنه تغییرات محدودتری دارد که در این خصوص برتری نسبت به دو پایگاه داده دیگر دارد. هشدار اشتباه (FAR) یکی دیگر از معیارهای طبقه‌بندی است، حداقل و حداکثر میزان تغییرات برای این شاخص بین ۰/۰۷ تا ۰/۲۶ متغییر است که به‌ترتیب به CHIRPS و PERSIANN-CDR اختصاص دارد، با توجه به اینکه در تمام ایستگاه‌ها پایگاه داده CHIRPS دارای نسبت هشدار با احتمال کمتر ۰/۰۸ هستند، بنابراین CHIRPS نسبت به سایر پایگاه داده‌ها از عملکرد بهتری برخوردار بوده است. همچنین شاخص موقعیت بحرانی (CSI) برای ایستگاه‌های سینوپتیک استان لرستان در محدوده بین ۰/۶۹ تا ۰/۸۴ دارای نوسان بوده که حداقل و حداکثر آن به‌ترتیب مربوط به PERSIANN-CDR و ERA5 می‌باشد. بنابراین پایگاه داده ERA5 از عملکرد بهتری نسبت به دو پایگاه داده دیگر برخوردار بوده است.

نقشه حداقل خطا

آماره خطای nRMSE برای بارش فصلی و سالانه، در نه ایستگاه استان لرستان بررسی شده و با استفاده از پایگاه داده‌های ERA5،CHIRPS و PERSIANN-CDR با داده‌های مشاهداتی زمینی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد هیچ یک از پایگاه داده‌های مورد مطالعه به تنهایی نمی‌تواند تخمین‌های بارش قابل‌اطمینان را فراهم کند. بنابراین، پیشنهاد یک نقشه از بهترین منابع داده به نظر می‌رسد که به‌طور قابل‌توجهی عدم قطعیت در تخمین بارش در سطح استان را کاهش دهد. این امر امکان استفاده از منابع متعدد داده و افزایش دقت و قابلیت اطمینان تخمین‌ها را فراهم می‌کند (Veysi et al., 2024). کمترین خطا در هریک از ایستگاه‌ها بر اساس پایگاه داده‌های مورد استفاده مشخص گردید. موقعیت هریک از ایستگاه‌ها به همراه پایگاه داده مطلوب و ترجیحی بر اساس کمترین خطای مشاهده شده در شکل (۱۰) نمایش داده شده است. نتایج نشان داد که در فصل پاییز تعداد چهار ایستگاه در پایگاه داده ERA5 و تعداد پنج ایستگاه در پایگاه داده PERSIANN-CDR کمترین خطا را نشان می‌دهند. البته پایگاه داده ERA5 در مناطق کوهستانی مانند نورآباد، الشتر، درود و الیگودرز به تبع عملکرد بهتری را نمایش داده است. در فصل بهار تعداد پنج ایستگاه در پایگاه داده ERA5، سه ایستگاه در پایگاه داده CHIRPS و یک ایستگاه در پایگاه داده PERSIANN-CDR با کمترین خطا مواجه شده است. در بهار، عملکرد مجموعه داده ERA5 به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد به‌طوری که محدوده تغییرات خطا در بیشتر ایستگاه‌ها کاهش می‌یابد. بارش شدید باران در کوه‌های زاگرس جنوب غربی در فصل بهار معمول است. در مناطق کوهستانی، بیشتر بارش در فصل بهار به دلیل بالا رفتن همرفت و به‌خصوص در کوه‌های زاگرس رخ می‌دهد. بنابراین، شرایط جوی منطقه‌ای خاص که این نوع بارش را القا می‌کند به درستی توسط ERA5 در فصل بهار نمایش داده می‌شود. در فصل زمستان تعداد دو ایستگاه در پایگاه داده ERA5، تعداد پنج ایستگاه در پایگاه داده CHIRPS و تعداد دو ایستگاه در پایگاه داده PERSIANN-CDR کمترین خطا را نشان می‌دهند. در مقابل در مقیاس سالانه تعداد دو ایستگاه در پایگاه داده ERA5، شش ایستگاه در پایگاه داده PERSIANN-CDR و یک ایستگاه در پایگاه داده CHIRPS کمترین خطا را نشان می‌دهند. در مقیاس سالانه در شمال، مرکز جنوب و جنوب شرقی استان پایگاه داده

PERSIANN-CDR از عملکرد بهتری برخوردار بوده است. همچنین عملکرد تمام مجموعه داده‌ها در انتقال از ماه‌های خشک به مرطوب بهتر از انتقال از ماه‌های مرطوب به خشک بوده است. این یافته‌ها پیامدهای مهمی برای استفاده از مجموعه داده‌ها در کاربردهای مختلف، به‌ویژه مدیریت آب کشاورزی دارند. یافته‌های ما نشان می‌دهد که انتخاب بهترین داده‌ها برای هر منطقه خاص می‌تواند به جای تکیه‌بر یک منبع داده واحد، روش مؤثرتری برای تخمین بارش را نشان دهد.

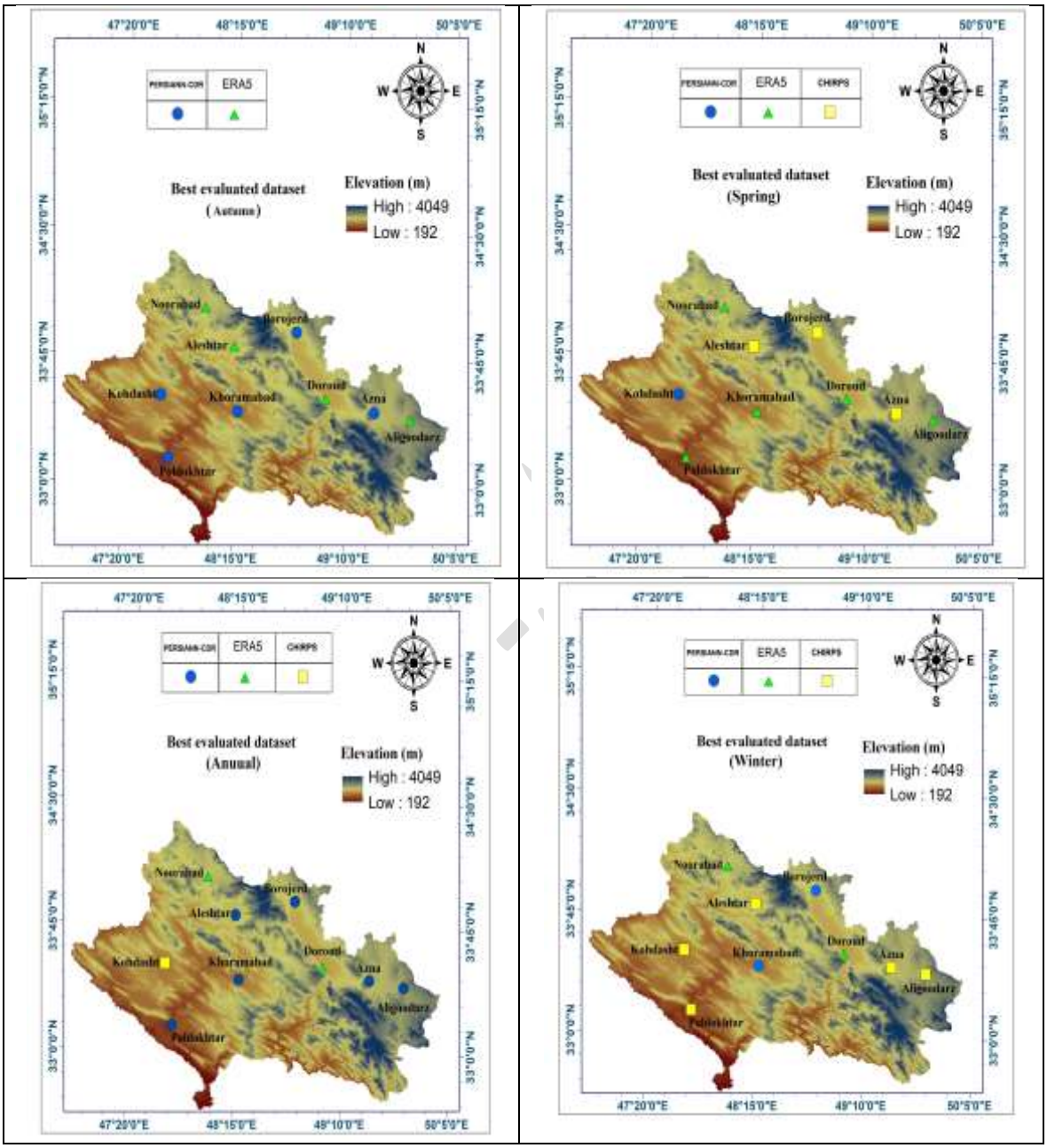


Fig. 10- Database suitable for estimating precipitation in Lorestan province

شکل ۱۰- پایگاه داده مناسب جهت برآورد بارش در سطح استان لرستان

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به‌منظور مقایسه و بررسی قابلیت استفاده از پایگاه داده‌های CHIRPS،ERA5 و PERSIANN-CDR در استان لرستان انجام شد. از آنجا که پراکنش ایستگاه‌ها از همه نقاط استان از توزیع یکنواختی برخوردار نیست، لذا استفاده از مدل‌هایی که بتوانند عملکرد بهتری از داده‌های بارش ارائه دهند در مباحث کشاورزی بسیار ضروری است. از این رو سه محصول بارش، شامل CHRIPS،ERA5 و PERSIANN-CDR بر روی استان لرستان در مقیاس‌های زمانی فصلی و سالانه در سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ انجام شد. ایستگاه‌های سینوپتیک باران سنج به‌عنوان مرجع در نظر گرفته شد. برای تعیین قابلیت پایگاه داده‌های فوق از شاخص‌های آماری شامل nRMSE، RMSE، rMBE و NSE و شاخص‌های قدرت تشخیص بارش POD، CSI و FAR مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که مقدار nRMSE پایگاه داده‌های CHIRPS،ERA5 و PERSIANN-CDR در مقیاس فصلی و سالانه به‌ترتیب برای فصل پاییز، بهار، زمستان و سالانه پایگاه داده‌های PERSIANN-CDR، ERA5، CHIRPS و PERSIANN-CDR عملکرد بهتری را از خود نمایش دادند. مقدار rMBE نشان داد که پایگاه داده CHIRPS و PERSIANN-CDR در دو مقیاس فصلی و سالانه در بیشتر ایستگاه‌ها بارش را کم برآورد می‌نماید، ولی محاسبات پایگاه داده ERA5 همراه با بیش برآورد است. براساس شاخص‌های NSE و RMSE پایگاه داده‌های CHIRPS، ERA5 و PERSIANN-CDR در مقیاس فصلی و سالانه به‌ترتیب برای فصل پاییز بهترین عملکرد را از بین تمام ایستگاه‌های سینوپتیک ازنا به ترتیب با مقادیر ۰/۸۹، ۱۷/۴۸ میلی‌متر در پایگاه داده PERSIANN-CDR، در فصل بهار به ترتیب بهترین عملکرد را ایستگاه سینوپتیک بروجرد ۰/۷۲ کوهدشت ۳۹/۳۹ میلی متر در پایگاه داده‌های ERA5، PERSIANN-CDR و ERA5، همچنین در فصل زمستان بهترین عملکرد را به ترتیب در ایستگاه‌های الشتر ۰/۷۵ الیگودرز ۲۸/۱۴ میلی متر در پایگاه داده CHIRPS و در مقیاس سالانه به ترتیب ایستگاه‌های سینوپتیک نورآباد ۰/۷۹ الیگودرز ۴۹/۶۴ میلی‌متر در پایگاه داده PERSIANN-CDR به ثبت رساندند. برای ارزیابی دقت سه پایگاه داده در مقایسه با داده‌های بارش ایستگاه سینوپتیک از شاخص‌های طبقه‌بندی آماری شامل احتمال تشخیص POD، موقعیت بحرانی CSI و هشدار اشتباه FAR استفاده شد. نتایج نشان دادکه ERA5 با مقدار میانگین (POD) ۹۳ درصد و مقدار میانگین (CSI) ۸۲ درصد مهارت شناسایی بارش بهتری را نسبت به سایر محصولات نشان می‌دهد. از سوی دیگر، پایگاه داده CHIRPS بر اساس شاخص هشدار اشتباه (FAR) با میانگین هفت درصد نسبت به سایر پایگاه داده‌ها از عملکرد بهتری برخوردار بوده است. نتایج نشان می‌دهد که هیچ مجموعه داده‌ای به تنهایی نمی‌تواند تخمین‌های بارش قابل‌اطمینان را فراهم کند. بنابراین، پیشنهاد یک نقشه از بهترین منابع داده به‌نظر می‌رسد که به‌طور قابل‌توجهی عدم قطعیت در تخمین بارش در سطح استان را کاهش دهد. این امر امکان استفاده از منابع متعدد داده و افزایش دقت و قابلیت اطمینان تخمین‌ها را فراهم می‌کند. از این رو پیشنهاد می‌شود در آینده برای ارتقا و صحت و استفاده بهتر از داده‌های باز تحلیل، که رابطه قابل‌توجهی بین پیچیدگی توپوگرافی و عملکرد مجموعه داده‌ها وجود دارد، در مطالعه‌های آتی باید ارتباط بین الگوی بارش و متغیرهای توپوگرافی از جمله شیب، ارتفاع و فاصله از دریا در این استان مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان مقاله از اداره هواشناسی استان لرستان بابت در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات مورد نیاز تقدیر به عمل می‌آورند.

References

1- Abdelmoneim, H., Soliman, M. R., and Moghazy, H. M., 2020. Evaluation of TRMM 3B42V7 and CHIRPS satellite precipitation products as an input for hydrological model over Eastern Nile Basin. *Earth Systems and Environment*, *4*(4), 685-698.

2- Akbari, A., Rajabi Jaghargh, M., Abu Samah, A., and Cox, J., 2023. Utilization of Google Earth Engine for Assessment of Daily and Seasonal Variations of TRMM3B43-v7, GPM-v6 and PERSIANN-CDR Data Over the Coastline of Pahang State, Malaysia. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, *51*(3), 601-611.

3- 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. *Journal of Hydrology*, *584*, 124707. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124707.

4- Ayehu, G. T., Tadesse, T., Gessesse, B., and Dinku, T., 2018. Validation of new satellite rainfall products over the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Atmospheric Measurement Techniques*, *11*(4), 1921-1936. https://doi.org/10.5194/amt-11-1921-2018.

5- Belay, A. S., Fenta, A. A., Yenehun, A., Nigate, F., Tilahun, S. A., Moges, M. M., and Walraevens, K., 2019. Evaluation and application of multi-source satellite rainfall product CHIRPS to assess spatio-temporal rainfall variability on data-sparse western margins of Ethiopian highlands. *Remote Sensing*, *11*(22), 2688. https://doi.org/10.3390/rs11222688.

6- C3S. 2017. ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate copernicus climate change Service climate data store (CDS).

7- Dhib, S., Chaney, N., Mannaerts, C. M., and Bargaoui, Z., 2021. Comparison of two bias correction methods for TRMM 3B42 satellite daily rainfall estimates over Northern Tunisia. *Arabian Journal of Geosciences*, *14*, 1-18.

8- Dinku, T., Ceccato, P., and Connor, S. J., 2011. Challenges of satellite rainfall estimation over mountainous and arid parts of east Africa. *International journal of remote sensing*, *32*(21), 5965-5979. https://doi.org/10.1080/01431161.2010.499381.

9- Dinku, T., Chidzambwa, S., Ceccato, P., Connor, S. J., and Ropelewski, C. F., 2008. Validation of high-resolution satellite rainfall products over complex terrain. *International Journal of Remote Sensing*, *29*(14), 4097-4110. https://doi.org/10.1080/01431160701772526.

10- Donat, M. G., Lowry, A. L., Alexander, L. V., O'Gorman, P. A., and Maher, N., 2016. More extreme precipitation in the world's dry and wet regions. *Nature Climate Change*, *6*(5), 508-513. https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2941.

11- Fenta, A. A., Yasuda, H., Shimizu, K., Ibaraki, Y., Haregeweyn, N., Kawai, T.,.. and Ebabu, K., 2018. Evaluation of satellite rainfall estimates over the Lake Tana basin at the source region of the Blue Nile River. *Atmospheric Research*, *212*, 43-53. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.05.009.

12- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., ... and Michaelsen, J., 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific data*, *2*(1), 1-21. https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66.

13- Gashaw, T., Worqlul, A. W., Lakew, H., Taye, M. T., Seid, A., and Haileslassie, A., 2023. Evaluations of satellite/reanalysis rainfall and temperature products in the Bale Eco-Region (Southern Ethiopia) to enhance the quality of input data for hydro-climate studies. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *31*, 100994. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.100994.

14- Gleixner, S., Demissie, T., and Diro, G. T., 2020. Did ERA5 improve temperature and precipitation reanalysis over East Africa?. *Atmosphere*, *11*(9), 996. https://doi.org/10.3390/atmos11090996.

15- Hengade, N., Eldho, T. I., and Ghosh, S., 2018. Climate change impact assessment of a river basin using CMIP5 climate models and the VIC hydrological model. *Hydrological Sciences Journal*, *63*(4), 596-614. https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1441531.

16- Heidari Motlagh, A., Nasrolahi, A., Veysi, S., and Sharifipour, M., 2023. The influence of land surface temperature (LST) on estimated actual evapo transpiration. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *53*(12), 2701-2720. (In Persian).

17- Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Nelkin, E. J., Wolff, D. B., Adler, R. F., Gu, G., ... and Stocker, E. F., 2007. The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. *Journal of hydrometeorology*, *8*(1), 38-55. https://doi.org/10.1175/JHM560.1.

18- Hughes, D. A., 2008. Modelling semi-arid and arid hydrology and water resources: the southern Africa experience. *Hydrological modelling in arid and semi-arid areas*, 29-40.

19- Jiang, S., Ren, L., Hong, Y., Yong, B., Yang, X., Yuan, F., and Ma, M., 2012. Comprehensive evaluation of multi-satellite precipitation products with a dense rain gauge network and optimally merging their simulated hydrological flows using the Bayesian model averaging method. *Journal of Hydrology*, *452*, 213-225. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.055.

20- Jiang, S., Ren, L., Xu, C. Y., Yong, B., Yuan, F., Liu, Y., ... and Zeng, X., 2018. Statistical and hydrological evaluation of the latest Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM (IMERG) over a midlatitude humid basin in South China. *Atmospheric Research*, *214*, 418-429. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.08.021.

21- Jiang, Q., Li, W., Fan, Z., He, X., Sun, W., Chen, S., ... and Wang, J., 2021. Evaluation of the ERA5 reanalysis precipitation dataset over Chinese Mainland. *Journal of hydrology*, *595*, 125660. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125660.

22- 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. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.12.007.

23- Koutsouris, A. J., Chen, D., and Lyon, S. W., 2016. Comparing global precipitation data sets in eastern Africa: A case study of Kilombero Valley, Tanzania. *Int. J. Climatol*, *36*, 2000-2014.

24-Li, D., Min, X., Xu, J., Xue, J., and Shi, Z. 2022. Assessment of three gridded satellite-based precipitation products and their performance variabilities during typhoons over Zhejiang, southeastern China. *Journal of Hydrology*, *610*, 127985. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127985.

25- Li, Y., Zhang, Q., Xu, X., and Ma, Y., 2010. Relationship between precipitation and terrain over the Qilian Mountains and their ambient areas. *Journal of Glaciology and Geocryology*, *32*(1), 52-61.

26-Londhe, S., Dixit, P., Shah, S., Narkhede, S., 2015. Infilling of missing daily rainfall records using artificial neural network. *ISH J Hydraul Eng 21(3):255–264*. https:// doi. org/ 10. 1080/ 09715 010. 2015. 10161 26.

27- Mekonnen, K., Velpuri, N. M., Leh, M., Akpoti, K., Owusu, A., Tinonetsana, P., ... and Munzimi, Y., 2023. Accuracy of satellite and reanalysis rainfall estimates over Africa: a multi-scale assessment of eight products for continental applications. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, *49*, 101514. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101514.

28- Mehran, A., and AghaKouchak, A. 2014. Capabilities of satellite precipitation datasets to estimate heavy precipitation rates at different temporal accumulations. *Hydrological Processes*, *28*(4), 2262-2270. https://doi.org/10.1002/hyp.9779.

29- Mianabadi, H., Mostert, E., and van de Giesen, N. 2015. Trans-boundary river basin management: factors influencing the success or failure of international agreements. *Conflict resolution in water resources and environmental management*, 133-143.

30- Mulungu, D. M., and Mukama, E., 2023. Evaluation and modelling of accuracy of satellite-based CHIRPS rainfall data in Ruvu subbasin, Tanzania. *Modeling Earth Systems and Environment*, *9*(1), 1287-1300.

31-Najafi, M. S., Akbari Moghadam Sani, S. 2022. 'Evaluation the performance of three gridded datasets in estimating the time series of extreme precipitation in Iran', *Climate Change Research*, 3(11), pp. 79-98. (In Persian).

32- Nahar, J., Johnson, F., and Sharma, A. 2017. Assessing the extent of non-stationary biases in GCMs. *Journal of Hydrology*, *549*, 148-162. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.03.045.

33- Nezafat, A., Moridi, A., Gorjizade, A., and Yousefi, H., 2021. Evaluating the Performance of Precipitation Products Taking into Account the Climatic and Topographic Conditions across Iran. *Iran-Water Resources Research, 17*(2), 62-81. (In Persian).

34- Nguyen, P., Ashouri, H., Ombadi, M., Hayatbini, N., Hsu, K. L., and Sorooshian, S., 2020. PERSIANN-CDR for Hydrology and Hydro-climatic Applications. *Satellite Precipitation Measurement: Volume 2*, 993-1012.

35- Nogueira S.M.C, Moreira M, Lordelo Volpato M 2018. Evaluating precipitation estimates from eta, TRMM and CHRIPS data in the Southsouth-southeast region of Minas Gerais state—Brazil. *Remote Sensing*, *10*(2), 313. https://doi.org/10.3390/rs10020313.

36-Nouri, M., & Veysi, S. (2023). Drought Monitoring and Trend Analysis by Using Rainfall Products ERA5, CHIRPS, and PERSIANN-CDR Rainfall Products in Iran. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, *13*(2), 109-123.

37- Nouri, A., Noori, S., Omidvar, J., Banejad, H., and Modaresi, F., 2024. A Qualitative-Quantitative Evaluation of Era5 Rainfall Data in Identifying the Occurrence and Amount of Rainfall in Razavi Khorasan Province. *Iranian Water Researches Journal*, *18*(1). (In Persian).

38- Sahoo, A. K., Sheffield, J., Pan, M., and Wood, E. F. 2015. Evaluation of the tropical rainfall measuring mission multi-satellite precipitation analysis (TMPA) for assessment of large-scale meteorological drought. *Remote Sensing of Environment*, *159*, 181-193. https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.11.032.

39- Satgé, F., Defrance, D., Sultan, B., Bonnet, M. P., Seyler, F., Rouché, N., ... and Paturel, J. E. 2020. Evaluation of 23 gridded precipitation datasets across West Africa. *Journal of Hydrology*, *581*, 124412. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124412.

40- Sun, Q., Miao, C., Duan, Q., Ashouri, H., Sorooshian, S., and Hsu, K. L. 2018. A review of global precipitation data sets: Data sources, estimation, and intercomparisons. *Reviews of Geophysics*, *56*(1), 79-107. https://doi.org/10.1002/2017RG000574.

41- Shen, Y., Xiong, A., Wang, Y., and Xie, P. 2010. Performance of high-resolution satellite precipitation products over China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *115*(D2). https://doi.org/10.1029/2009JD012097.

42- Sorooshian, S., AghaKouchak, A., Arkin, P., Eylander, J., Foufoula-Georgiou, E., Harmon, R., ... and Skofronick-Jackson, G. 2011. Advanced concepts on remote sensing of precipitation at multiple scales. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *92*(10), 1353-1357.

43-Shokri Koochak, S. , Akhoond Ali, A. M. and Sharifi, M. R. 2020. Performance Assessment of The PERSIANN and PERSIANN-CDR Satellite Precipitation Algorithms and Survey of the Irregularities Effect on It (Case Study: Helleh River Basin). *Journal of Ecohydrology*, *7*(2), 511-527.

44- Tadesse, K. E., Melesse, A. M., Abebe, A., Lakew, H. B., and Paron, P. 2022. Evaluation of global precipitation products over wabi shebelle river basin, Ethiopia. *Hydrology*, *9*(5), 66. https://doi.org/10.3390/hydrology9050066.

45- Tan M. L, and Santo H 2018. Comparison of GPM IMERG, TMPA 3B42 and PERSIANN-CDR satellite precipitation products over Malaysia. Atmospheric Research, 202, 63–76. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.11.006.

46- Toté, C., Patricio, D., Boogaard, H., Van Der Wijngaart, R., Tarnavsky, E., and Funk, C. 2015. Evaluation of satellite rainfall estimates for drought and flood monitoring in Mozambique. *Remote Sensing*, *7*(2), 1758-1776. https://doi.org/10.3390/rs70201758.

47- Veysi, S., Nouri, M., and Jabbari, A. 2024. Reference evapotranspiration estimation using reanalysis and WaPOR products in dryland Croplands. *Heliyon*, *10*(4).

48-Wang, Q., Xia, J., She, D., Zhang, X., Liu, J., Zhang, Y., 2021. Assessment of four latest long-term satellite-based precipitation products in capturing the extreme precipitation and streamflow across a humid region of southern China. Atmos. *Res. 257, 105554*. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105554.

49- Wei, L., Jiang, S., and Ren, L. 2020. Evaluation and comparison of three long-term gauge-based precipitation products for drought monitoring over mainland China from 1961 to 2016. *Natural Hazards*, *104*, 1371-1387. https://doi.org/10.1007/s11069-020-04222-2.

50- Xu, C. Y. 2021. Issues influencing accuracy of hydrological modeling in a changing environment. *Water Science and Engineering*, *14*(2), 167-170. https://doi.org/10.1016/j.wse.2021.06.005.

51- Xie, P., Chen, M., Yang, S., Yatagai, A., Hayasaka, T., Fukushima, Y., and Liu, C. 2007. A gauge-based analysis of daily precipitation over East Asia. *Journal of Hydrometeorology*, *8*(3), 607-626. https://doi.org/10.1175/JHM583.1.

52- Xiong, W., Tang, G., Wang, T., Ma, Z., and Wan, W. 2022. Evaluation of IMERG and ERA5 precipitation-phase partitioning on the global scale. *Water*, *14*(7), 1122. https://doi.org/10.3390/w14071122.

53- Yang, Y., Ji, W., Niu, L., Zheng, Z., Huang, W., Zhang, C., ... and Li, H. 2024. Assessing satellite and reanalysis-based precipitation products in cold and arid mountainous regions. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, *51*, 101612. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101612.

54- Yu, C., Hu, D., Liu, M., Wang, S., and Di, Y. 2020. Spatio-temporal accuracy evaluation of three high-resolution satellite precipitation products in China area. *Atmospheric research*, *241*, 104952. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104952.

55- Yin, J., Guo, S., Gu, L., Zeng, Z., Liu, D., Chen, J., ... and Xu, C. Y. 2021. Blending multi-satellite, atmospheric reanalysis and gauge precipitation products to facilitate hydrological modelling. *Journal of Hydrology*, *593*, 125878. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125878.

56- Zhang, L., Ren, D., Nan, Z., Wang, W., Zhao, Y., Zhao, Y., ... and Wu, X. 2020. Interpolated or satellite-based precipitation? Implications for hydrological modeling in a meso-scale mountainous watershed on the Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Hydrology*, *583*, 124629. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124629.

57- Zhou, Z., Guo, B., Xing, W., Zhou, J., Xu, F., and Xu, Y. 2020. Comprehensive evaluation of latest GPM era IMERG and GSMaP precipitation products over mainland China. *Atmospheric Research*, *246*, 105132. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105132.

Evaluation Spatiotemporal Gridded datasets precipitation (CHIRPS, ERA5, PERSIANN-CDR), Case Study (Lorestan province)

A. Heidari Motlagh[1], Sh. Veysi[2*] and Amir Soltani Mohammadi[3]

1- Phd Student of Irrigation and drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2- Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. shadman2010@yahoo.com*
3- Professor, Irrigation and drainage department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran .

Abstract
Precipitation is one of the important variables in hydrological and water resources studies. Therefore, accurate estimation of precipitation is an important issue. In this study, the performance of three datasets, CHIRPS, ERA5, and PERSIANN-CDR, was evaluated for estimating precipitation in Lorestan Province on daily, monthly, seasonal and annual scales using statistical indices (i.e. nRMSE, RMSE, rMBE, and NSE), as well as precipitation occurrence indices POD, CSI, and FAR. Daily precipitation data from 9 synoptic stations from(2001 to 2022) were collected and compared with the results from the three datasets. Main suppose of this study is that remote sensing and reanalysis precipitation data can be used in locations facing data scarcity or gaps in time series. Results showed that they are reliable at seasonal and annual scales, but at daily and monthly scales, they require bias correction. The results indicated that the PERSIANN-CDR and CHIRPS datasets performed better in various seasons and annually. Based on the NSE and RMSE indices, the best performance was observed from the PERSIANN-CDR dataset in autumn and from ERA5 in spring. Additionally, in winter and on an annual scale, the CHIRPS and PERSIANN-CDR datasets showed better performance. The rMBE index revealed that the CHIRPS and PERSIANN-CDR databsets underestimated precipitation, while ERA5 overestimated it. According to the precipitation occurrence probability indices, ERA5 demonstrated the best performance with an average (POD) of 93% and (CSI) of 82%, and CHIRPS outperformed other datasets with an average (FAR) of 7%. It is recommended to use the seasonal and annual data from these datasets in areas with data scarcity, and to use the daily and monthly data with caution.
Key words: Reanalysis, Remote sensing data, Bias correction, Data scarcity

Introduction
Precipitation is an important factor in hydrological processes, climate modeling, and agricultural production (Huffman et al., 2007; Xu, 2021), which shows significant variability both spatially and temporally (Zhang et al., 2020). Different techniques, such as rain gauges, ground radars, and satellite remote sensing, have been used to collect precipitation data. Therefore, a quantitative assessment of the accuracy characteristics of precipitation products can be useful in wide range of hydrological and climatic research applications, including water resources management, runoff simulation, flood forecasting, and drought monitoring (Jiang et al., 2021). Meanwhile, several quasi-global multi-satellite-based precipitation products have emerged in recent decades, providing new methods for rapidly capturing continuous precipitation information and presenting the most effective means for global-scale precipitation observation.

Methodology
In this study, daily precipitation data from meteorological stations in the study area in a time series were used as a criterion for evaluating CHIRPS, ERA5, and PERSIANN-CDR products in the study area. In this research, a precipitation -related database was used. ERA5 is the fifth generation of atmospheric phenomena analysis and reanalysis, the output data of which is based on information extracted from the ECMWF model, in which the data analysis is carried out with the influence of ground observations. This database, with a spatial resolution of 0.25, provides the user with precipitation data in the form of monthly cumulative and other data in the form of averages. The data is available since 1979. PERSIANN-CDR precipitation data is presented in this database with a spatial resolution of 0.25 by 0.25 degrees for hydrological and hydroclimatological studies. The basis is satellite remote sensing data whose error is based on corrected data. CHIRPS provides precipitation data from the beginning of 1981 to the present with a spatial resolution of 0.05. This database is used to estimate daily precipitation. In this study, various statistical criteria were used to evaluate and compare the products provided by databases and daily precipitation

values from ground stations. In order to evaluate the accuracy and efficiency of the models, the statistics of root mean square error (RMSE), normalized mean square error (nRMSE), relative mean error (rMBE), Nash coefficient (NS) were used. Also in this study, the evaluation of satellite reanalysis precipitation against observed data was performed using classification scores and continuous statistical measures. The classification scores used in this study include probability of detection (POD), false alarm ratio (FAR), and critical success index (CSI).

Results and Discussion

The results showed that the nRMSE values of the CHIRPS, ERA۵, and PERSIANN-CDR datasets, on a seasonal and annual scale, performed better for the PERSIANN-CDR, ERA۵, CHIRPS, and PERSIANN-CDR datasets, respectively, in the autumn, spring, winter, and annual seasons. Based on the NSE and RMSE indices, the CHIRPS, ERA5 and PERSIANN-CDR databases recorded the best performance among all the synoptic stations of Azna in the autumn season with values of 0.89, 17.48 mm respectively in the PERSIANN-CDR database. In the spring season, the best performance was recorded by the synoptic stations of Boroujerd, 0.72, Kohdasht, 39.39 mm in the ERA5, PERSIANN-CDR and ERA5 databases. Also, in the winter season, the best performance was recorded by the stations of Aleshtar, 0.75, Aligudarz, 28.14 mm in the CHIRPS database. On an annual scale, the synoptic stations of Noorabad, 0.79, Aligudarz, 49.64 mm in the PERSIANN-CDR database. Based on the precipitation detection power indices, the results showed that ERA5 with an average value (POD) of 93 percent and an average value (CSI) of 82 percent showed better precipitation detection skill than other products. On the other hand, the Chrips database had better performance than other databases based on the False Alarm Ratio (FAR) with an average of 7 percent.

Concluson

Based on the NSE and RMSE indices, the best performance was observed from the PERSIANN-CDR database in autumn and from ERA5 in spring. Additionally, in winter and on an annual scale, the CHIRPS and PERSIANN databases showed better performance. The rMBE index revealed that the CHRIPS and PERSIANN-CDR databases underestimated precipitation, while ERA5 overestimated it. According to the (POD) and (CSI), ERA5 demonstrated the best performance and the (FAR) of CHIRPS outperformed other databases.

Acknowledgements

The authors of the article hereby express their gratitude to the Meteorological Department of Lorestan Province for providing the required statistics and information.

REFERENCES

1- Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Nelkin, E. J., Wolff, D. B., Adler, R. F., Gu, G., ... and Stocker, E. F., 2007. The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. *Journal of hydrometeorology*, *8*(1), 38-55.

2- Jiang, Q., Li, W., Fan, Z., He, X., Sun, W., Chen, S., ... and Wang, J., 2021. Evaluation of the ERA5 reanalysis precipitation dataset over Chinese Mainland. *Journal of hydrology*, *595*, 125660.

3- Xu, C. Y. 2021. Issues influencing accuracy of hydrological modeling in a changing environment. *Water Science and Engineering*, *14*(2), 167-170.

4- Zhang, L., Ren, D., Nan, Z., Wang, W., Zhao, Y., Zhao, Y., ... and Wu, X. 2020. Interpolated or satellite-based precipitation? Implications for hydrological modeling in a meso-scale mountainous watershed on the Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Hydrology*, *583*, 124629.