

## ارزیابی دقت زمانی-مکانی برآورد بارش پایگاه داده ERA-5 بر روی ایران

اسرین بهرامی<sup>۱</sup> و محمد دارند<sup>۲\*</sup>

۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۲ استاد گروه آب و هواشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

(دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۵، پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۲)

### چکیده

در این پژوهش میزان دقت زمانی-مکانی پایگاه داده ERA-5 در برآورد بارش بر روی گستره‌ی ایران طی بازه آماری ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹ مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور از داده‌های بارش پایگاه ERA-5 با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی در مقایسه با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی استفاده شد. جهت ارزیابی دقت برآورد بارش این پایگاه داده از نمایه‌های مختلف آماری شامل ضریب همبستگی (R)، مقدار درصد اربیبی (PBias)، ریشه‌ی دوم میانگین مربعات خطا (RMSE)، احتمال تشخیص (POD)، نسبت هشدار اشتباه (FAR)، شاخص آستانه موفقیت (CSI) و دیاگرام تیلور بهره گرفته شد. یافته‌ها نشان داد که پایگاه داده ERA-5 الگوی توزیع مکانی بارش را در اغلب گستره‌ی ایران به خوبی نشان می‌دهد و میانگین پهنه‌ای ضریب همبستگی بین داده‌های ایستگاهی و پایگاه داده در کلیه‌ی ماه‌های سال بیش از ۰/۹ است. اگرچه بین سری زمانی مقادیر بارش برآورد شده توسط پایگاه داده و مقادیر بارش مشاهده شده بر روی ایستگاه‌های هواشناسی هماهنگی بالایی در اغلب مناطق ایران دیده می‌شود ولی میزان بارش برآورد شده‌ی پایگاه داده در ماه‌های پر بارش بر روی مناطق پر بارش بیشتر از مقادیر بارش ایستگاهی است (PBias > 100%). در حالی که در مناطق خشک داخلی کشور، پایگاه داده مقادیر بارش را کم برآورد کرده است (PBias < 100%). میزان RMSE در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل و دسامبر بر روی نواحی پر بارش بر روی بلندی‌های زاگرس در غرب کشور و جنوب غرب دریای خزر، به ۱۰۰ میلی‌متر می‌رسد. بر روی مناطق کم بارش داخلی در اغلب ماه‌های سال مقدار RMSE کمتر از ۲۰ میلی‌متر است. پایگاه داده در ماه‌های پر بارش سال به درستی روزهای بارانی و روزهای خشک را بر روی مناطق پر بارش تشخیص می‌دهد. دقت تشخیص درست روزهای بارانی در ماه‌های ژانویه تا آوریل و نوامبر و دسامبر بیش از ۰/۹ است و نسبت هشدار اشتباه روزهای خشک در ماه‌های بارانی کمتر از ۴۰ درصد است. به طور کلی بر روی مناطق پر بارش کشور دقت تشخیص روزهای بارانی و خشک به بیش از ۰/۶ می‌رسد.

**کلید واژه:** پایگاه داده شبکه‌ای، ERA-5، بارش، ایران

## ۱ مقدمه

بارش از میان مؤلفه‌های اقلیمی به دلیل دارا بودن پراکنش مکانی و زمانی متغیر، از پیچیده‌ترین پدیده‌ها در چرخه آب شناسی و انرژی جهانی محسوب می‌شود (عزیزیان و رضانی اعتدالی، ۱۳۹۸). آگاهی از این ویژگی‌ها نقش مهمی در مدیریت و برنامه‌ریزی کشاورزی، بلایای طبیعی، منابع آب، صنایع و محیط زیست ایفا می‌کند (میری و همکاران، ۱۳۹۸). شناخت پراکنش مکانی و زمانی بارش به کمک داده‌های ایستگاهی انجام می‌شود. ایستگاه‌های باران‌سنجی بر روی اقیانوس‌ها و بخش بزرگی از خشکی‌ها به دلیل شرایط خاص جغرافیایی و مشکلات اقتصادی، دارای توزیع یکنواخت نیستند؛ در نتیجه مناطق وسیعی ممکن است فاقد آمار باشند (دارند و زندکریمی، ۱۳۹۵ et Beck al., 2019).

طی سال‌های اخیر پیشرفت‌های چشم‌گیری در زمینه‌ی سنجش از راه دور، فناوری ماهواره‌ها و بانک‌های اطلاعاتی صورت گرفته است. این امر باعث شده تا نسل جدیدی از داده‌های هواشناسی با عنوان پایگاه داده به وجود آید که داده‌های هواشناسی را به صورت رایگان، بدون داده‌های گمشده آماری، با توزیع مکانی یکنواخت و به‌روز در اختیار کاربران قرار دهند (میری و همکاران، ۱۳۹۵). پایگاه داده‌ی بازتحلیل ERA-5 نسل پنجم محصولات مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپایی (European Center for Medium-Range Weather Forecasting (ECMWF)) می‌باشد (Tarek et al., 2019). پژوهش‌های متعددی در ارتباط با ارزیابی دقت بارش نسخه‌های مختلف این پایگاه داده در مناطق مختلف کره‌ی زمین انجام شده است که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. در پژوهشی وارلاس و همکاران (۲۰۲۲) ویژگی‌های آب و هوایی و روند سالانه‌ی بارش را در کشور یونان به کمک داده‌های ERA-5 به عنوان یک پایگاه داده مورد اعتماد واکاوی کردند. یافته‌ها بیانگر روند کاهشی معنادار بارش

سالانه منطقه مورد مطالعه بود. روند کاهشی در فصل زمستان در غرب و شرق یونان بارزتر دیده شد درحالی‌که در فصول بهار، تابستان و پاییز عمدتاً معنی‌دار نبود. در کشور چین جیائو و همکاران (۲۰۲۱) عملکرد داده‌های بارش پایگاه داده ERA-5 را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که داده‌های ERA-5 می‌تواند الگوهای سالانه و فصلی بارش مشاهده شده در چین را با دقت بالا و با ضریب همبستگی بین ۰/۷۹۶ تا ۰/۹۴۵ نشان دهد، اما بارش را در تابستان کمی بیش از میزان واقعی برآورد می‌کند.

مورالیس-ویلازکیوز و همکاران (۲۰۲۱) مقادیر بارش برآورد شده پایگاه‌های داده‌ی ERA5، GLDAS، TRMM 3B42 و CHIRPS را بر روی حوضه‌های رودخانه‌ی لاسیرا در جنوب مکزیک ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که CHIRPS و ERA5 بالاترین کیفیت محصولات بارش را در منطقه‌ی مورد مطالعه دارند.

در کشور ایران نیز پژوهش‌هایی بر روی ارزیابی دقت عملکرد برآورد پایگاه داده ERA-5 در تخمین بارش و انواع آن (همرفتی، بارش برف و باران) در مقیاس مکانی مختلف و با اهداف مختلف انجام شده است. برای نمونه پایگاه‌فره ارزیابی عملکرد پایگاه داده ERA-5 را در برآورد انواع مختلف CAPE و CIN در ایستگاه‌های جو بالا بر روی گستره‌ی ایران پرداخت. یافته‌های پژوهش وی نشان داد که دو پارامتر همرفتی ML-CAPE و ML-CIN در برآورد CAPE و CIN در بیشتر ایستگاه‌ها عملکرد بهتری دارد و می‌توان برای محاسبه CAPE و CIN با استفاده از داده‌های بازتحلیل ERA-5 در ایستگاه‌های مذکور از دو پارامتر فوق استفاده شود. مجیدی کرهرودی و همکاران (۱۴۰۳) عملکرد دو پایگاه داده ERA-5 و MERRA2 را در تخمین عمق برف منطقه شمال غرب کشور را ارزیابی کردند و یافته‌های آنها نشان داد که داده‌های ERA5 در تخمین میزان عمق برف نسبت به داده‌های مشاهداتی برآورد کمتری دارند در حالی که داده‌های MERRA2

برای انجام این پژوهش از داده‌های بارش روزانه‌ی برآورد شده مرکز پیش بینی میان‌مدت جوی اروپایی (ECMWF) نسخه‌ی ERA-5 و داده‌های بارش روزانه‌ی ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی استفاده شد.

پایگاه داده ERA-5: مرکز پیش بینی میان مدت جوی اروپایی (ECMWF) از مهمترین مراکز بین المللی بازتحلیل داده های هواشناسی است که نسخه‌های متفاوتی از پایگاه داده های هواشناسی را تولید کرده است. داده‌های بازتحلیل در کنار مشاهدات زمینی و حتی به‌عنوان جایگزین مشاهدات زمینی در مناطق فاقد ایستگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۹). پایگاه داده ERA-5 پنجمین نسل از تجزیه و بازتحلیل جوی می‌باشد که توسط سرویس تغییرات آب و هوایی کوپرنیک (C3S) تولید و در ECMWF پردازش و ارائه می‌شود (Hersbach et al., 2020؛ دارند و زند کریمی، ۹۴). قدرت تفکیک مکانی پایگاه داده ERA-5، ۰/۲۵ درجه قوسی و قدرت تفکیک زمانی آن ساعتی است که برای ۱۳۷ تراز از تراز ۱۰۰۰ تا ۰/۱ هکتوپاسکال برای کل کره زمین طی بازه زمانی ۱۹۷۹ تا کنون مقادیر سنجه‌های جوی را در اختیار کاربران قرار می‌دهد.

داده‌ی بارش ایستگاه هواشناسی: به منظور ارزیابی دقت بارش پایگاه داده‌ی ERA-5، از داده‌های بارش روزانه ۲۸۵ ایستگاه هواشناسی همدیدی که در بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹ فاقد گپ آماری بودند، به عنوان مرجع بهره گرفته شد (شکل ۱).

### ۳-۲ دروش پژوهش

به منظور ارزیابی و بررسی دقت مقادیر بارش مشاهده شده در مقایسه با مقادیر بارش برآورد شده توسط پایگاه داده‌ی بازتحلیل ERA-5 از تابع نزدیکترین همسایه بهره گرفته شد. بدین صورت که نزدیکترین یاخته پایگاه داده ERA-5 به ایستگاه هواشناسی در نظر گرفته شد و از نمایه‌های آماری

بیشتر ایستگاه‌ها در تخمین میزان عمق برف میانگین بیش برآوردی دارند. در مقیاس های مکانی ریزتر (استانی و حوضه آبریز) نیز پژوهش هایی در ارتباط با ارزیابی عملکرد تخمین بارش پایگاه داده ERA-5 انجام شده است (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۹؛ پورانتظاری و همکاران، ۱۴۰۱ و رضایی و همکاران، ۱۴۰۱).

با واکاوی پژوهش‌های انجام شده می‌توان دریافت که تاکنون پژوهشی جامع در زمینه‌ی ارزیابی دقت زمانی مکانی برآورد مقادیر بارش و ویژگی های دیگر پایگاه داده‌ی ERA-5 بر روی گستره‌ی ایران صورت نگرفته است. این پژوهش بر آن است که دقت عملکرد داده‌های بارش برآورد شده‌ی پایگاه داده‌ی ERA-5 را بر روی گستره‌ی ایران به کمک داده‌های ایستگاهی به عنوان مرجع طی بازه‌ی زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹ مورد کندوکاو قرار دهد.

## ۲ داده و روش ها

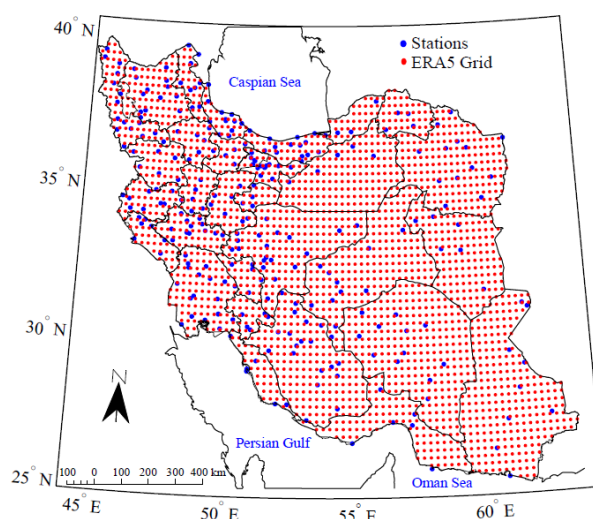
### ۱-۲ منطقه مورد مطالعه

کشور ایران با مساحت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع در جنوب غربی قاره آسیا قرار گرفته است و به لحاظ مکانی در محدوده‌ی ۴۰-۲۵ درجه عرض شمالی و ۶۴-۴۴ درجه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). پهنه‌ی ایران دارای توپوگرافی پیچیده با کوه‌های مرتفع در مناطق شمالی و غربی و همچنین بیابان‌هایی در نواحی مرکزی می‌باشد. شرایط آب و هوایی در ایران از تنوع بسیار بالایی برخوردار است؛ با این وجود اقلیم غالب منطقه را آب و هوای خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهد. میانگین سالانه بارش حدود ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. بارش در ایران دارای تغییرات مکانی بالایی می‌باشد؛ به طوری که میزان بارش در سواحل دریای خزر واقع در شمال کشور به بیش از ۱۸۰۰ میلی‌متر و در مناطق بیابانی مرکزی به کمتر از ۵۰ میلی‌متر می‌رسد.

### ۲-۲ داده ها

ضریب همبستگی پیرسون (R) برای شناخت هم‌نواپی و هماهنگی بین دو سری داده، از شاخص مقدار درصد اریبی (PBias) برای محاسبه میانگین نرخ نسبت خطا به کل بارش، از شاخص ریشه‌ی دوم میانگین مربعات خطا (Root Mean Square Error (MSE) برای شناخت مقدار خطای برآورد بارش، از شاخص احتمال تشخیص (Probability of Detection (POD) برای محاسبه میزان دقت تشخیص درست روزهای بارانی، نسبت هشدار اشتباه

False Alarm Ratio (FAR)) برای محاسبه‌ی میزان میزان دقت تشخیص درست روزهای خشک غیربارانی، شاخص آستانه‌ی موفقیت (Critical Success Index (CSI) برای ارزیابی کلی قدرت تشخیص روزهای بارانی و خشک و دیگرام تیلور برای ارزیابی کلی و مقایسه بین این دو دسته داده برپایه‌ی آماره‌های آماری مختلف مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱. توزیع مکانی یاخته‌ها و ایستگاه‌های زمینی مورد واکاوی.

$$POD = \frac{RR}{RN + RR} \quad (۴) \quad R = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}} \quad (۱)$$

$$FAR = \frac{NR}{RR + NR} \quad (۵) \quad PBias = \frac{\sum_{i=0}^n (p_i - o_i)}{N * 100} \quad (۲)$$

$$CSI = \frac{RR}{RR + RN + NR} \quad (۶) \quad RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2}{n}} \quad (۳)$$

در روابط ۴ الی ۶، RR بیانگر تعداد دفعات بارش مشاهده شده درست، RN تعداد دفعات بارش مشاهده شده به اشتباه و NR تعداد دفعاتی است که بارش توسط پایگاه داده

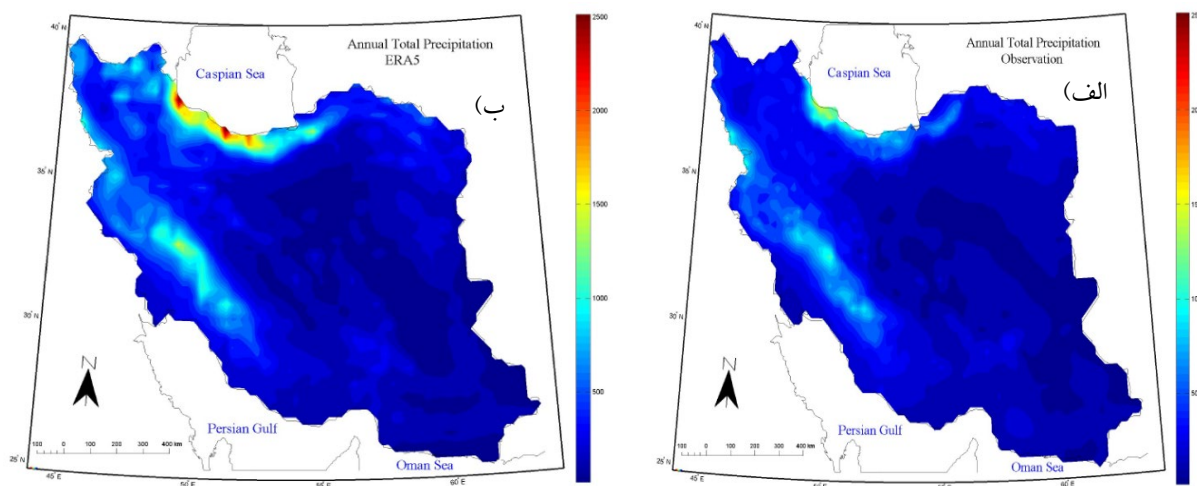
که  $O_i$  مقادیر بارش ایستگاه‌های زمینی،  $p_i$  میزان بارش ERA-5 و n تعداد داده‌های مورد مقایسه می‌باشد.

هواشناسی آمده است. الگوی مکانی پراکنش بارش برآورد شده‌ی پایگاه داده ERA-5 شباهت بسیار زیادی با الگوی مکانی پراکنش مقادیر مشاهده شده بر روی ایستگاههای هواشناسی دارد. هسته‌های پربارش بر روی سواحل جنوبی دریای خزر در شمال کشور و بر روی زاگرس در غرب کشور توسط پایگاه داده نیز شناسایی شده است. پراکنش مکانی مناطق کم بارش مرکزی برآورد شده پایگاه داده نیز مشابه با مقادیر واقعی مشاهده شده ایستگاههای هواشناسی است.

شناسایی شده است؛ اما در واقع بارشی رخ نداده است (پورانتظاری و همکاران، ۱۴۰۱؛ Wilks, 2006). برای تک تک ایستگاه‌های هواشناسی محاسبات جداگانه حساب شد.

### ۳ بحث

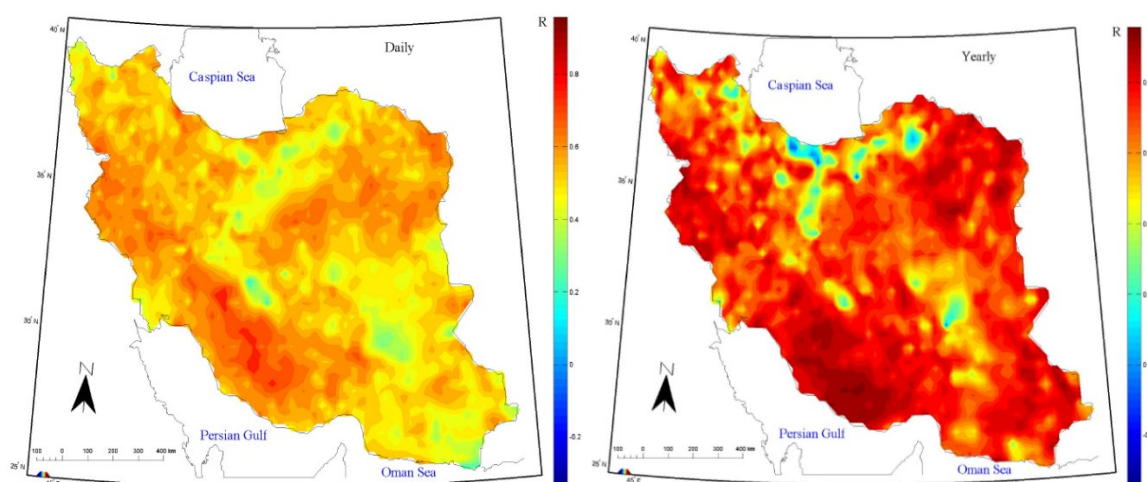
در شکل ۲ پراکنش مکانی مقدار بارش دریافتی سالانه گستره‌ی ایران برآورد شده‌ی پایگاه داده ERA-5 در مقایسه با مقادیر مشاهده شده بر روی ایستگاههای



شکل ۲. توزیع مکانی میانگین بلند مدت بارش سالانه ایران به کمک داده‌های ایستگاهی (الف) و پایگاه داده‌ی ERA-5 (ب) طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

روزانه در شکل ۳ آمده است. همانطور که پیداست میزان هماهنگی بین مقادیر سری زمانی بارش روزانه و سالانه بر روی جنوب غرب، غرب و شمال شرق کشور بیشتر از سایر مناطق دیگر کشور است. برخلاف مناطق یاد شده بر روی مناطق کم بارش مرکزی و سواحل جنوبی دریای خزر نرخ همبستگی کمتر از صفر و معکوس است.

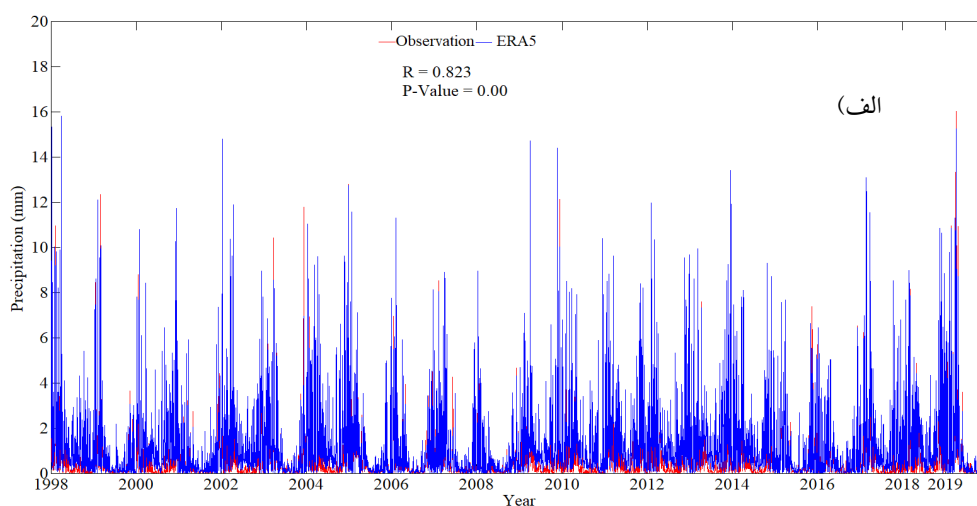
برای دو مقیاس زمانی سالانه و روزانه، سری زمانی مقادیر بارش سالانه و سری زمانی روزانه جداگانه مورد واکاوی قرار گرفت. پراکنش مکانی شاخص ضریب همبستگی (R) برای ارزیابی هماهنگی سری زمانی مقادیر بارش برآورد شده‌ی پایگاه داده و مقادیر مشاهده شده بر روی ایستگاه‌های هواشناسی برای دو مقیاس زمانی سالانه و

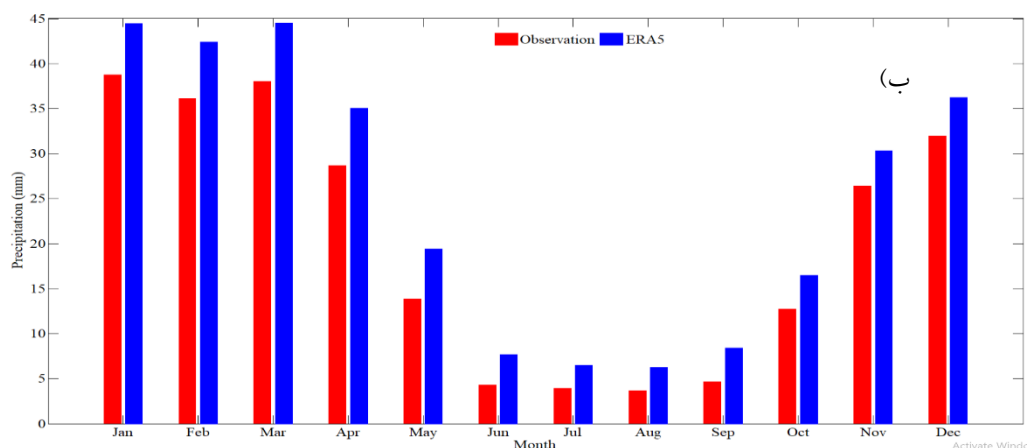


شکل ۳. پراکنش مکانی شاخص ضریب همبستگی (R) در مقیاس روزانه (الف) و سالانه (ب) طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

و معناداری در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد با این وجود بین مقادیر سری زمانی آن‌ها تفاوت‌هایی دیده می‌شود. مقادیر برآورد شده‌ی بارش پایگاه داده‌ی ERA-5 بیشتر از مقادیر مشاهده شده می‌باشد. به صورت کلی این پایگاه داده بارش را بیشتر از داده‌های ایستگاهی نشان می‌دهد و بر روی ایران بیش‌برآوردی بارش دارد و این بیش‌برآوردی در طول ماه‌های پر بارش سال بیشتر از ماه‌های گرم است.

شکل ۴ سری زمانی متوسط مکانی بارش برآورد شده توسط پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقایسه با مقادیر واقعی مشاهده شده در ایستگاه‌های هواشناسی بر روی گستره‌ی ایران را در بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹ در مقیاس زمانی روزانه و متوسط بلند مدت ماهانه را نشان می‌دهد. همانطور که پیداست بین سری زمانی روزانه و ماهانه داده‌های بارش برآورد شده‌ی پایگاه داده‌ی ERA-5 و مقادیر مشاهده شده در ایستگاه‌های هواشناسی هماهنگی بسیار بالا ( $R=0.823$ )

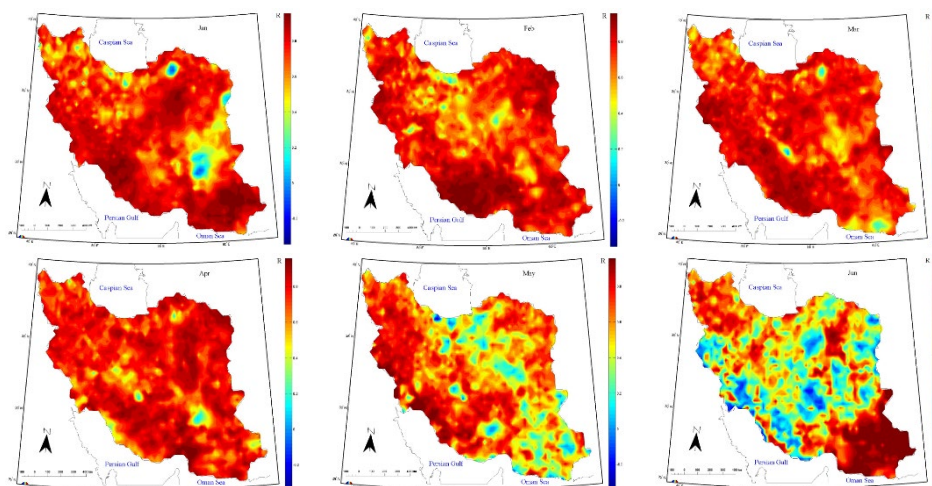


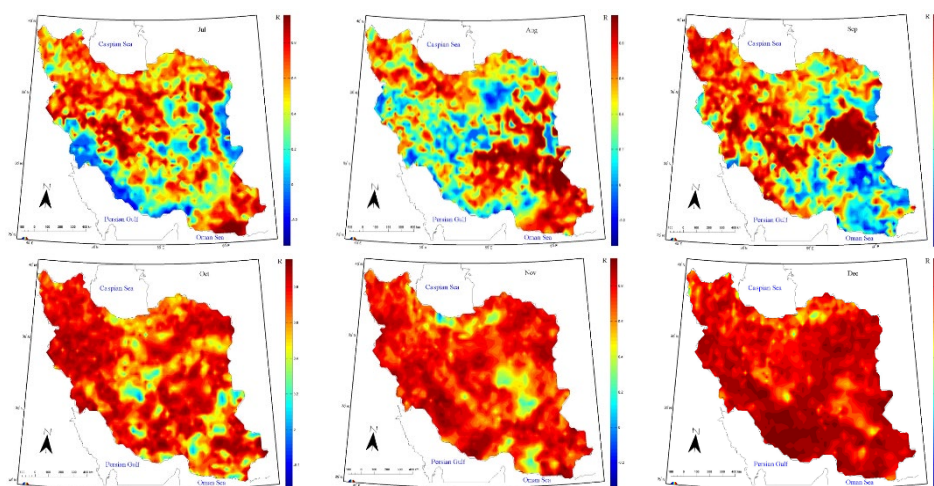


شکل ۴. سری زمانی مقادیر بارش داده‌های مشاهده شده و پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی روزانه (الف) و ماهانه (ب) طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

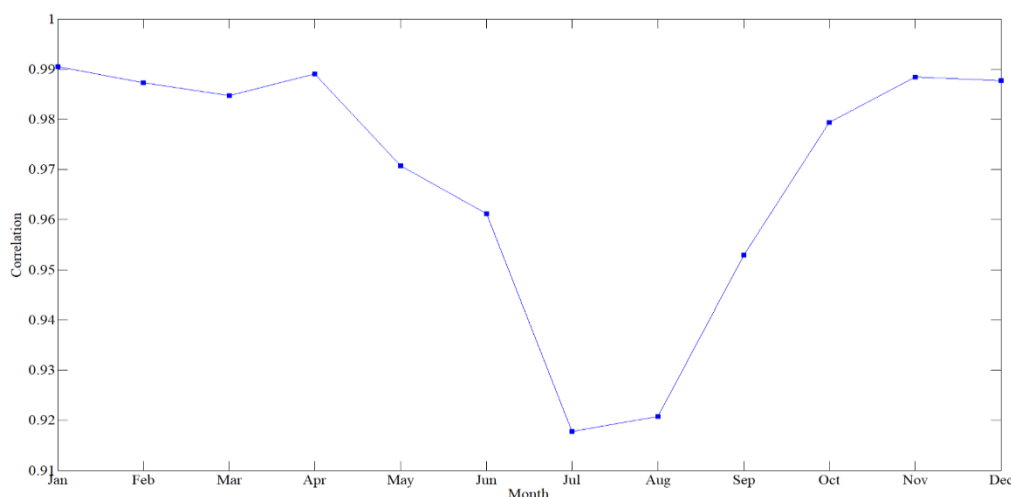
ERA-5 و ایستگاه‌های هواشناسی بر روی اغلب گستره‌ی ایران وجود دارد. بر روی مناطق جنوب غرب، غرب و شمال شرق کشور نرخ همبستگی بیش از ۰/۹ است. طی ماه‌های خشک و کم بارش سال از جمله ماه‌های ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر میزان همبستگی و هماهنگی به مراتب کمتر است. در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت بر روی مناطق جنوب غرب و مرکزی کشور همبستگی معکوس است.

در شکل ۵ پراکنش مکانی شاخص ضریب همبستگی (R) مقادیر بارش برآورد شده‌ی پایگاه داده و مقادیر مشاهده شده بر روی ایستگاه‌های هواشناسی در ماه‌های مختلف سال نشان داده شده است. بیشترین میزان R در ماه ژانویه و کمترین آن در ماه جولای مشاهده می‌شود. همچنین بر پایه‌ی آن می‌توان دریافت که طی ماه‌های پر بارش ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، نوامبر و دسامبر هماهنگی بالا بین سری زمانی مقادیر بارش برآورد شده پایگاه داده





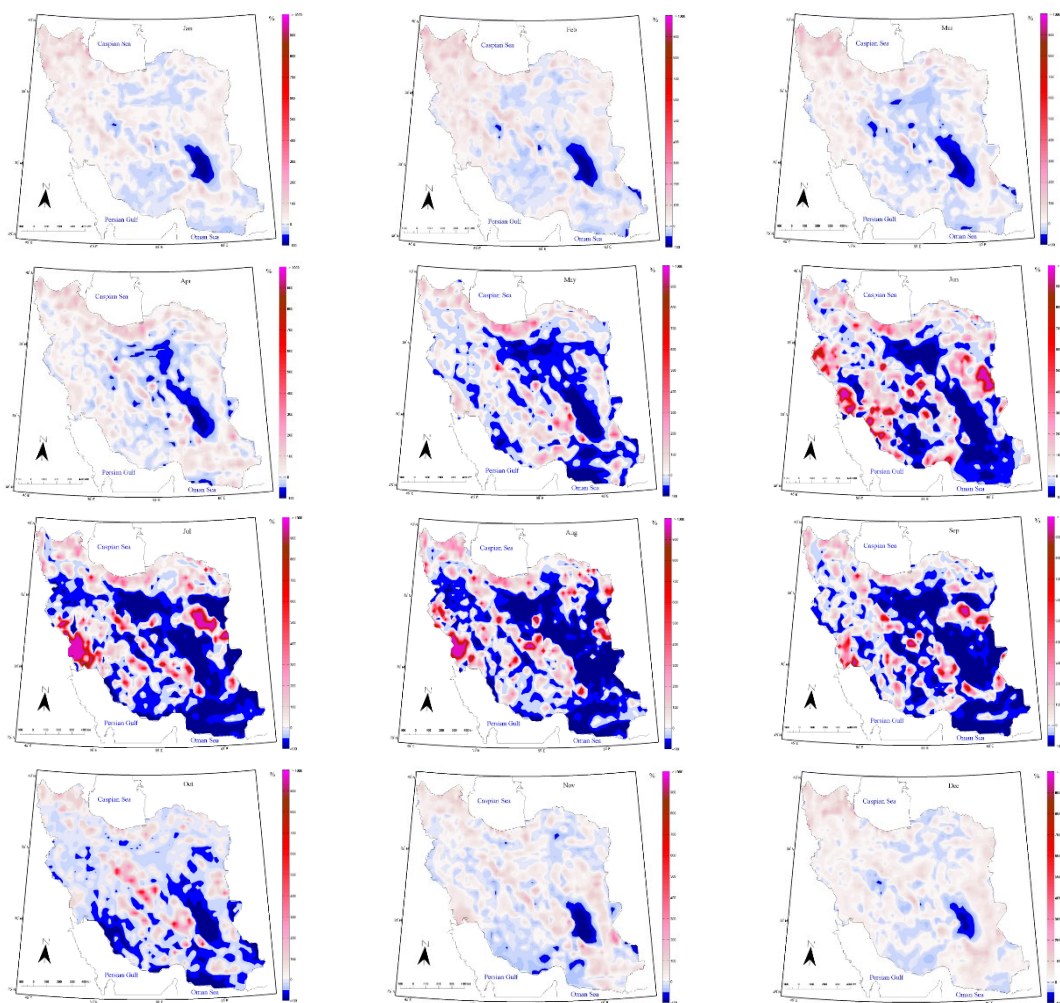
شکل ۵. پراکنش مکانی مقادیر R بارش بین مقادیر مشاهده شده و پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.



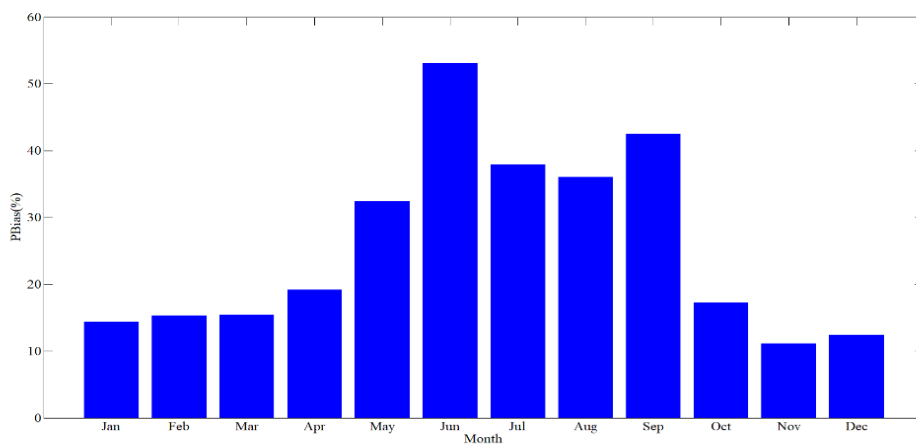
شکل ۶. نمودار سری زمانی مقادیر R بارش بین مقادیر مشاهده شده و پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

بارش (ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، نوامبر و دسامبر) بر روی مناطق پر بارش کشور بیش برآوردی دارد ولی بر روی مناطق خشک مرکزی کم برآوردی پایگاه داده مشهود است. در طول ماههای خشک و گرم سال شیو مکانی مقادیر PBias به مراتب بیشتر از ماههای پر بارش و سرد سال است. بر روی جنوب غرب، غرب و برخی مناطق شرقی کشور بیش برآوردی با نرخ بیش از ۱۰ برابر مقدار مشاهده

شاخص مقدار درصد اریبی (PBias) میزان بیش برآوردی یا کم برآوردی پایگاه داده‌ی مورد واکاوی را نسبت به مقادیر واقعی مشاهده شده بر روی ایستگاههای هواشناسی می‌سنجد. پراکنش مکانی PBias پایگاه داده ERA-5 طی ماه‌های مختلف در شکل ۷ آمده است. به طور کلی از روی پراکنش مکانی این نمایه می‌توان دریافت که PBias پایگاه داده-ERA در طول ماه‌های سرد و پر



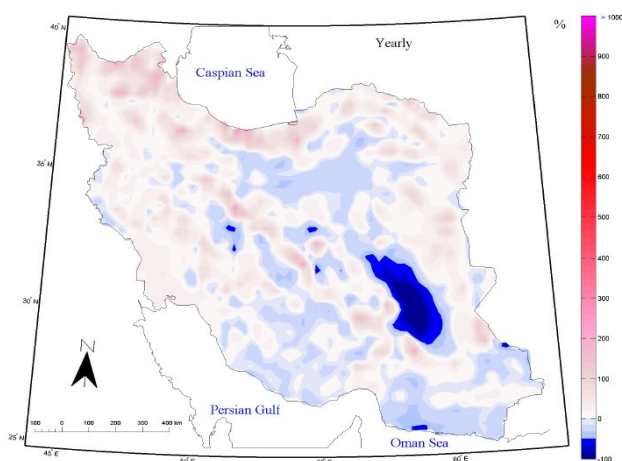
شکل ۷. پراکنش مکانی مقادیر PBias پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.



شکل ۸. نمودار سری زمانی مقادیر PBias پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

محاسبه نمایه PBias در مقیاس زمانی سالانه در شکل ۹ نشان داد که مقادیر این نمایه بر روی ایران تغییرات مکانی قابل توجهی دارد. در مناطق خشک و کم بارش، بیابان‌های مرکزی از دامنه‌های جنوبی البرز تا سواحل جنوبی کشور مقادیر نمایه منفی است و در مناطق بیابان لوت به بیشترین میزان خود رسیده است. در مقابل در مناطق کوهستانی البرز، شمال غرب و زاگرس عمدتاً مقادیر نمایه مثبت است که نشان می‌دهد در این مناطق پایگاه داده‌ی ERA-5 بارش را بیشتر از مقادیر ایستگاهی تخمین زده است. به صورت کلی گستره‌ای از ایران که بیش‌برآوردی بارش ERA-5 را نشان می‌دهد به مراتب بیشتر از گستره‌ی کم برآوردی است.

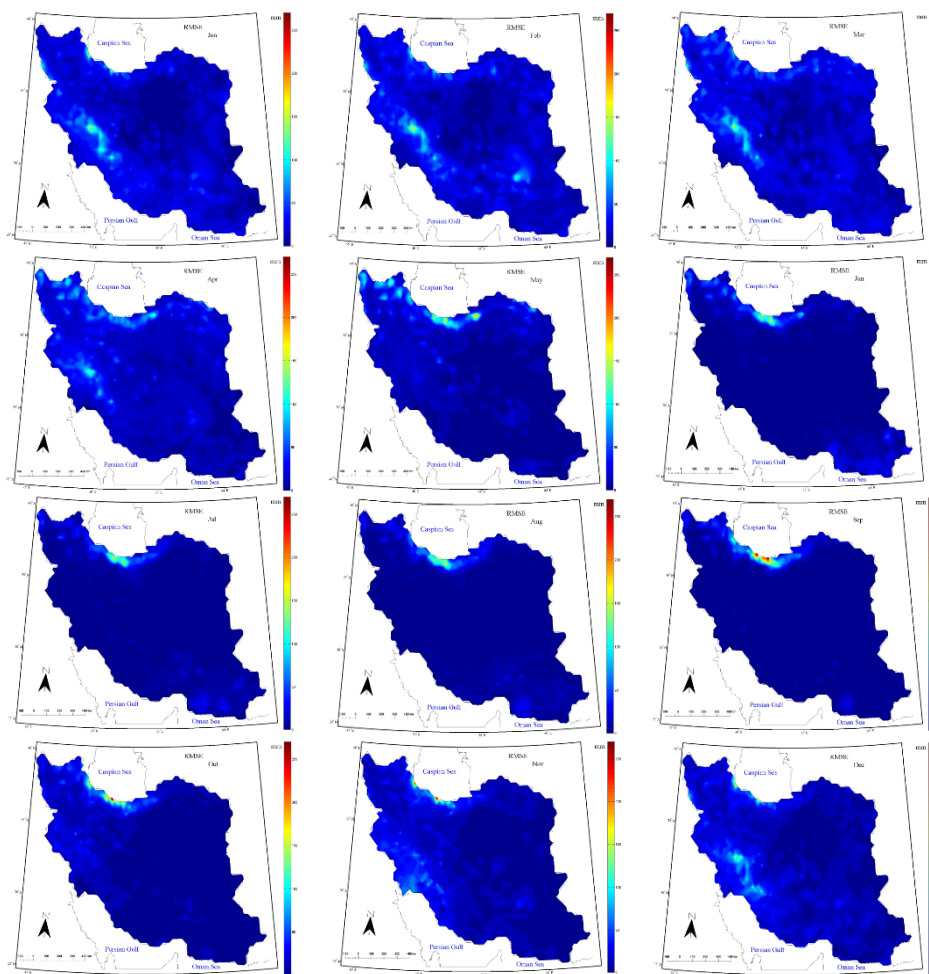
شده بر روی ایستگاهها دیده می‌شود و بر روی مناطق مرکزی و خشک کشور نرخ کم برآوردی با نرخ ۱ برابر کمتر دیده می‌شود. میانگین پهنه‌ای مقادیر PBias پایگاه داده-ERA در برآورد بارش در شکل ۸ آمده است. به طور کلی از روی این شکل می‌توان دریافت که از آن جایی که مقدار بیش برآوردی پایگاه داده به مراتب بیشتر از مقدار کم برآوردی بوده است، در طول کلیه‌ی ماههای سال میانگین پهنه‌ای شاخص عددی مثبت را نشان می‌دهد. در طول ماههای سرد و پربارش کشور، نرخ بیش برآوردی به مراتب کمتر از ماههای گرم و خشک سال است.



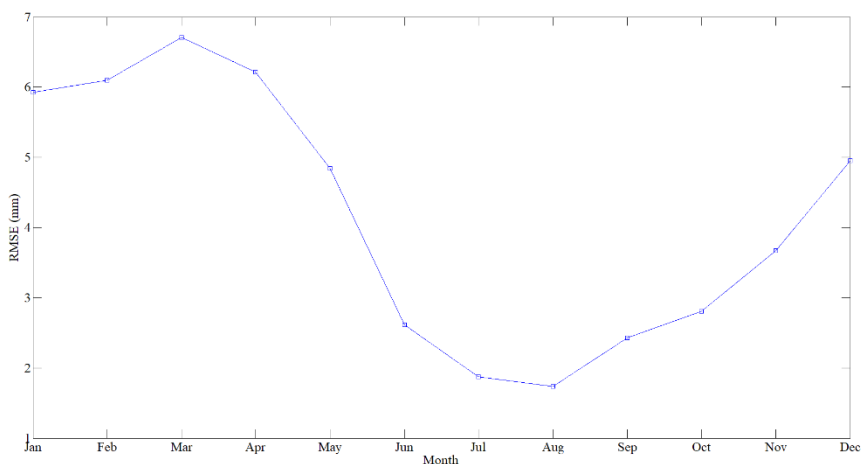
شکل ۹. پراکنش مکانی مقادیر PBias پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی سالانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

دریای خزر، به ۱۰۰ میلی‌متر می‌رسد. از ماه می تا نوامبر بیشینه‌ی مقدار RMSE بر روی سواحل جنوبی دریای خزر دیده می‌شود و مقدار آن به بیش از ۲۰۰ میلی‌متر می‌رسد. بر روی مناطق کم بارش داخلی در اغلب ماههای سال مقدار RMSE کمتر از ۲۰ میلی‌متر است. بیشترین RMSE در ماه مارس و کمترین آن در ماه اوت مشاهده می‌شود. به طور کلی میزان بیشترین RMSE در مناطق پربارش ایران بیشتر از مناطق خشک و کم بارش است.

ریشه‌ی دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) تفاوت میان مقادیر بارش برآورد شده توسط پایگاه داده را با مقادیر واقعی نشان می‌دهد. نتایج حاصل از شاخص RMSE در طول ماههای مختلف سال و نمودار سری زمانی آن در شکل ۹ و ۱۰ نشان می‌دهد که میزان RMSE در ماههای پربارش سال بیشتر است. میزان RMSE در ماههای ژانویه، فوریه، مارس، آوریل و دسامبر بر روی نواحی پربارش بر روی بلندی‌های زاگرس در غرب کشور و جنوب غرب



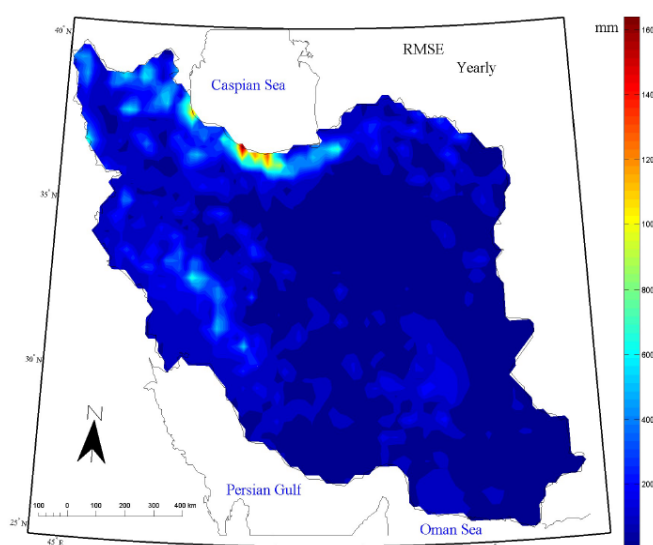
شکل ۱۰. پراکنش مکانی مقادیر RMSE پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.



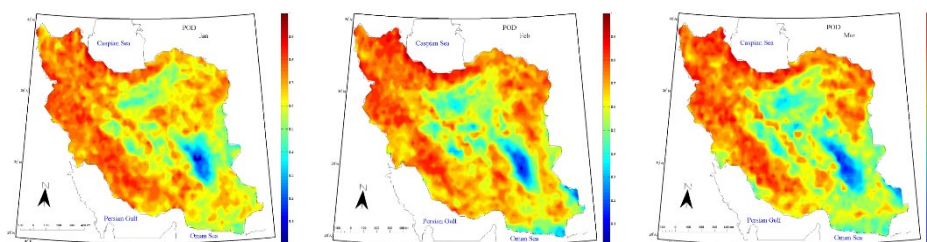
شکل ۱۱. نمودار سری زمانی مقادیر RMSE پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

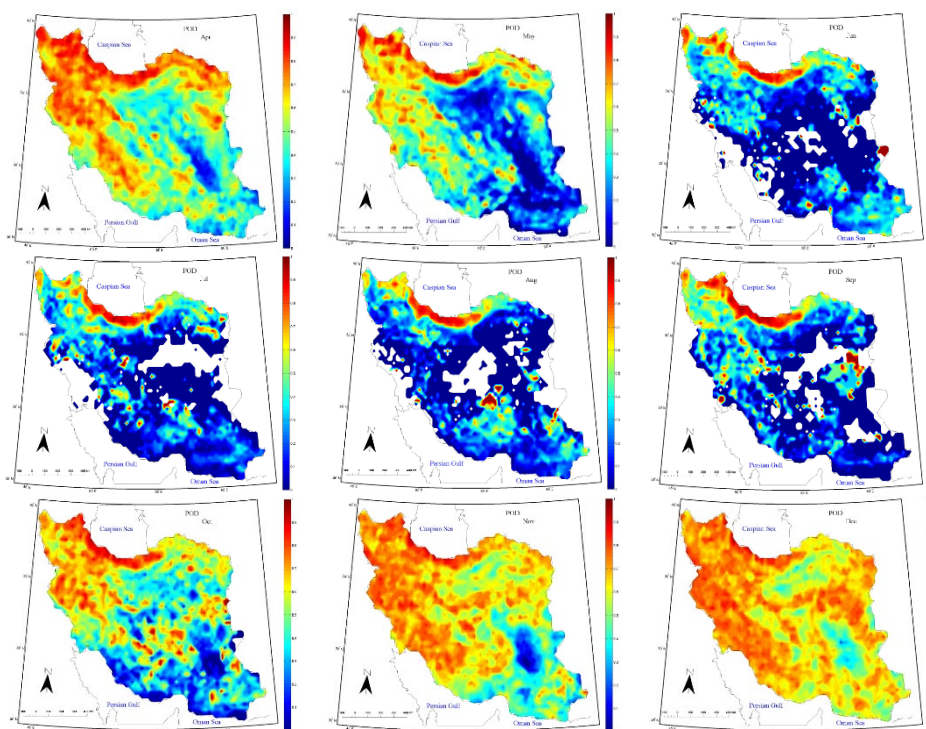
می‌دهد که بیشترین میزان POD در ماه‌های پربارش ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر بر روی مناطق پربارش و هسته پربارش روی زاگرس و سواحل جنوبی دریای خزر دیده می‌شود. در ماه‌های پربارش یاد شده در مناطق مرکزی مقدار شاخص کمینه است و بیانگر دقت پایین پایگاه داده در تشخیص درست روزهای بارانی بر روی مناطق یاد شده است. مقدار شاخص در ماه‌های کم بارش از می تا اکتبر به جز بر روی مناطق پربارش سواحل جنوبی دریای خزر و شمال غرب کشور، بر روی سایر مناطق دیگر کشور به حداقل می‌رسد. کمترین و بیشترین میزان شاخص به ترتیب در ماه‌های ژوئن و فوریه مشاهده می‌گردد. به طور کلی میزان POD در ماه‌های پربارش سال بیشتر از ماه‌های کم بارش می‌باشد.

در شکل ۱۲ مقادیر نمایه RMSE پایگاه داده در برآورد بارش سالانه آمده است. بیشترین مقدار RMSE بر روی مناطق پربارش کشور در سواحل جنوبی دریای خزر دیده می‌شود. نرخ آن در استانهای گیلان و مازندران به ۱۵۰۰ میلی‌متر می‌رسد. بر روی مناطق کم بارش مرکزی کشور مقدار RMSE کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر است. نمایه احتمال تشخیص (POD) روزهای بارانی نشان می‌دهد چه درصدی از بسامد روزهای بارانی مشاهده شده به درستی توسط پایگاه داده تشخیص داده شده‌اند. مقدار شاخص بین عدد ۰ تا ۱ متغیر است و هرچه مقدار آن به یک نزدیک باشد بیانگر احتمال تشخیص درست به طور کامل در شناسایی روزهای بارانی است. بررسی شاخص POD طی ماه‌های مختلف سال در شکل ۱۳ و ۱۴ نشان

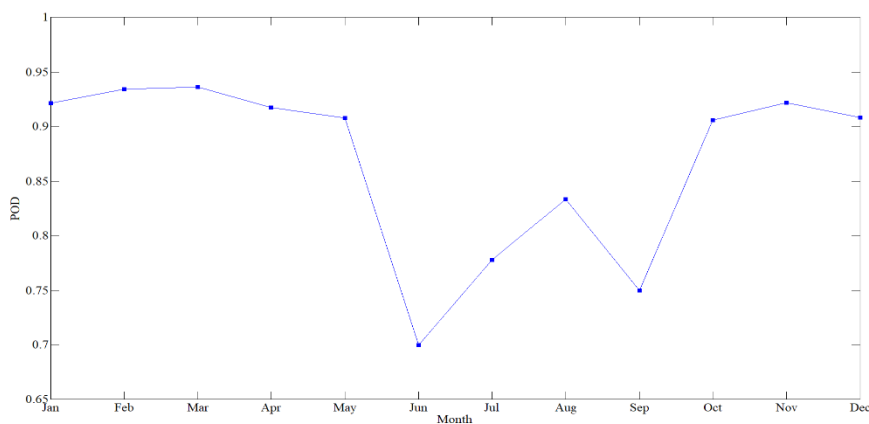


شکل ۱۲. پراکنش مکانی مقادیر RMSE پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی سالانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.





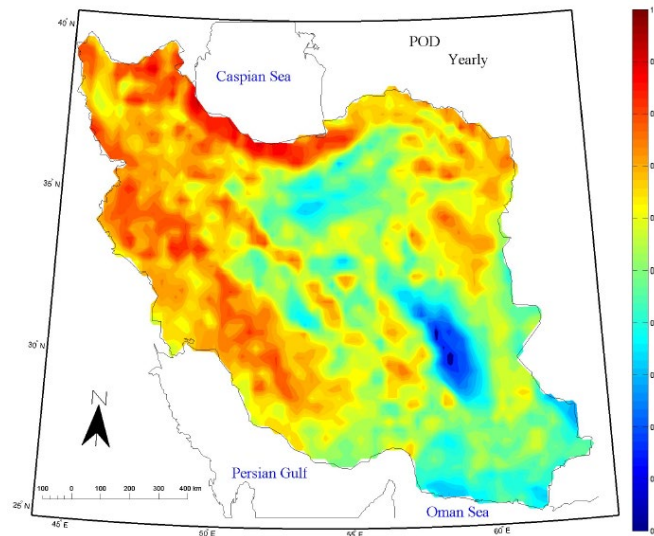
شکل ۱۳. پراکنش مکانی مقادیر POD پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.



شکل ۱۴. نمودار سری زمانی مقادیر POD پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

روی بلندی های پربارش کشور از جمله نیمه‌ی غربی، شمال و شمال شرق کشور دارد. در حالی که بر روی مناطق داخلی که مناطق کم بارش کشور به حساب می آید، دقت پایگاه داده در شناخت درست روزهای بارانی، پایین است.

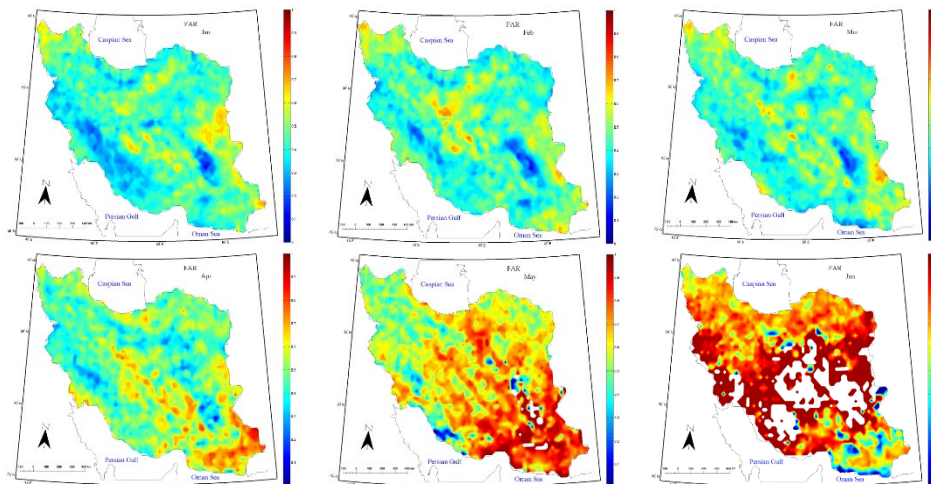
به طور کلی از روی نقشه‌ی مربوط به پراکنش نمایه‌ی POD در مقیاس زمانی سالانه که در شکل ۱۵ آمده است می توان دریافت که دقت بالایی در شناسایی روزهای بارانی ایران بر روی اغلب گستره‌ی ایران زمین به ویژه بر

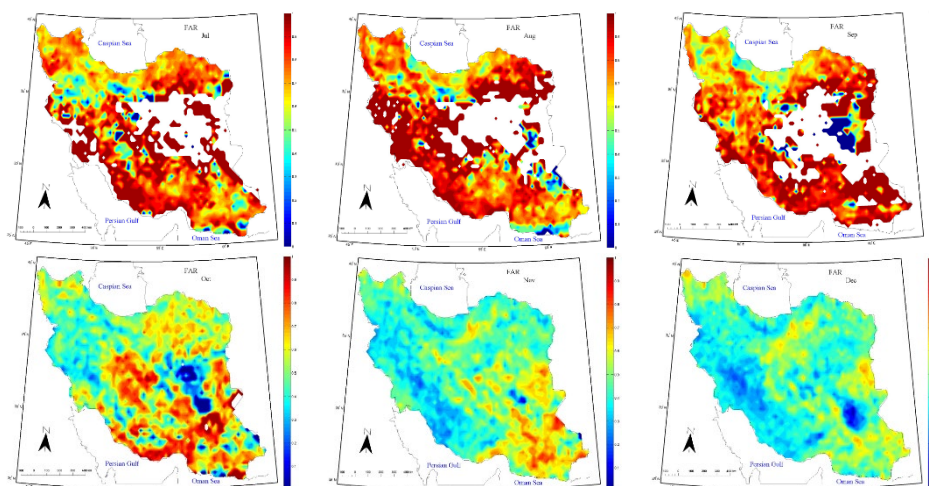


شکل ۱۵. پراکنش مکانی مقادیر POD پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی سالانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

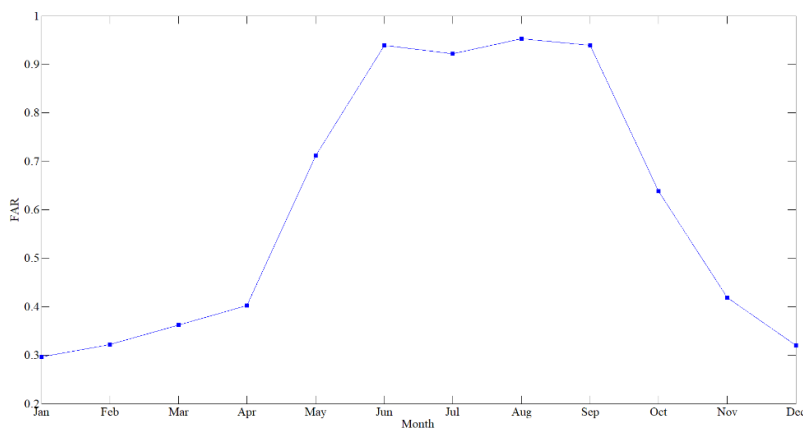
خشک در ماه‌های سرد و بارانی سال (ژانویه تا آوریل و نوامبر و دسامبر) به مراتب بیشتر از ماه‌های گرم و خشک سال است. به طور متوسط، در ماه‌های یاد شده نرخ شاخص کوچکتر از ۰/۴ است. در ماه‌های می تا اکتبر بر روی مناطق مرکزی و جنوبی کشور دقت شناخت روزهای خشک بسیار پایین است و مقدار شاخص به عدد یک نزدیک است. بیشترین دقت پایگاه داده در شناخت روزهای خشک بر روی جنوب غرب و بیابان لوت و مناطق پراکنده در شمال کشور در ماه ژانویه دیده می‌شود.

شاخص نسبت هشدار اشتباه (FAR) بیانگر درصدی از روزهاست که به اشتباه بارش باران توسط پایگاه داده ERA-5 گزارش شده است ولی ایستگاه هواشناسی رخداد بارشی را در آن روز ثبت نکرده است. همانند شاخص POD، مقدار شاخص بین عدد ۰ تا ۱ متغیر است و هرچه مقدار آن به عدد ۰ نزدیک باشد بیانگر دقت بالای پایگاه داده در شناسایی روزهای غیر بارانی و خشک است. نتایج حاصل از محاسبه این شاخص برای ماه‌های مختلف سال بر روی گستره‌ی ایران و به طور میانگین پهنه‌ای در شکل‌های ۱۶ و ۱۷ نشان داده شده است. دقت شناخت روزهای





شکل ۱۶. پراکنش مکانی مقادیر FAR پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.



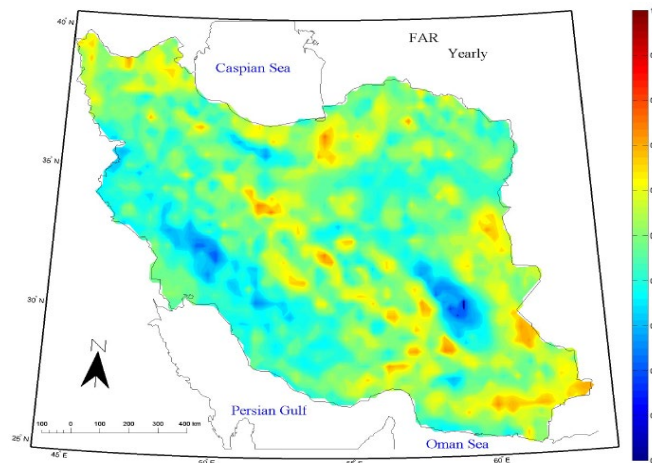
شکل ۱۷. نمودار سری زمانی مقادیر FAR پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

این شاخص، ترکیب دو شاخص POD و FAR است. همانند دو شاخص قبلی، مقادیر این شاخص نیز بین دو عدد صفر و یک متغیر است و هر چقدر مقدار آن به عدد یک نزدیک باشد، بیانگر دقت بالای پایگاه داده در تشخیص روزهای بارانی و خشک است. نتایج حاصل از محاسبه‌ی این شاخص بر روی گستره ایران در شکل ۱۹ آمده است. همانطور که پیداست که بر روی مناطق پربارش کشور در جنوب غرب، غرب و شمال کشور طی ماههای سرد و پربارش (ژانویه تا آوریل، نوامبر و دسامبر) مقدار این شاخص نسبت به سایر مناطق دیگر کشور بالاتر است و

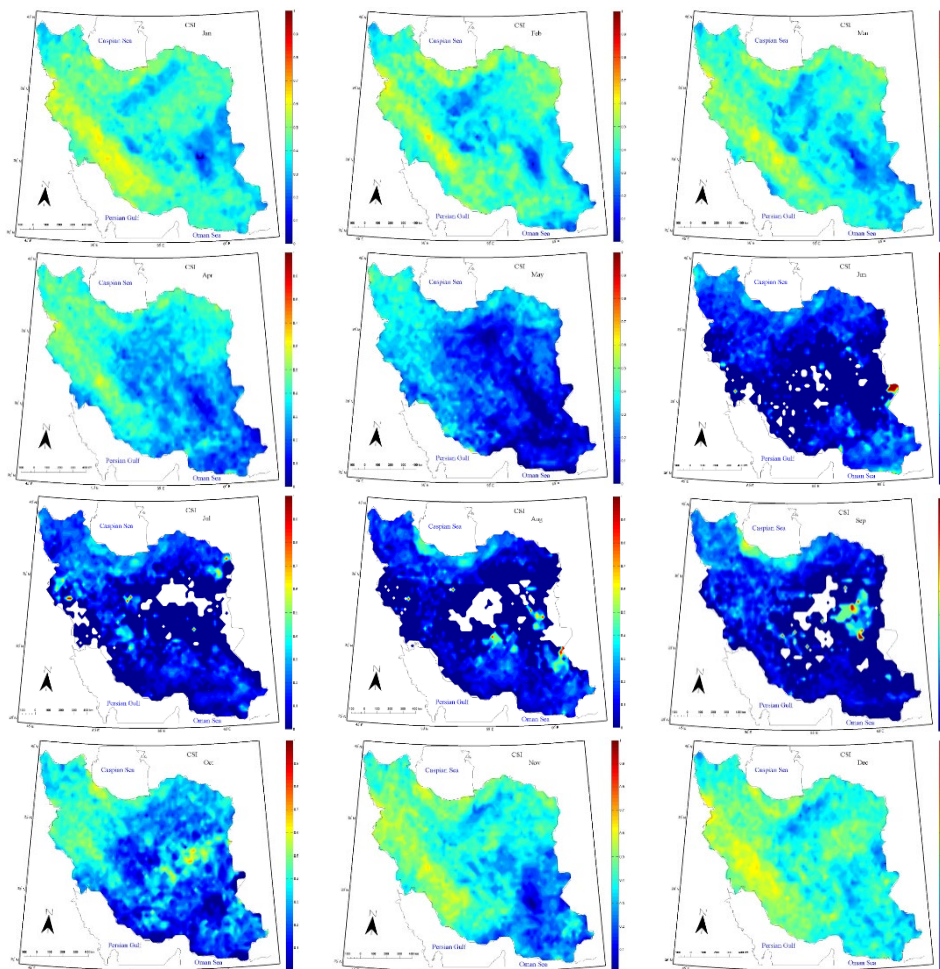
نقشه‌ی میانگین بلند مدت سالانه‌ی شاخص نسبت هشدار اشتباه (FAR) نشان می‌دهد که میزان آن در قسمت‌هایی پراکنده از کشور کمتر از سایر مناطق می‌باشد. به لحاظ مکانی کمترین مقدار شاخص FAR برای پایگاه داده ERA-5 در کویر لوت و کوه‌های زرد کوه و دنا در زاگرس دیده می‌شود. این امر گویای اشتباه کمتر ERA-5 در تشخیص روزهای خشک و غیربارانی در این نواحی می‌باشد (شکل ۱۸).

بررسی شاخص آستانه موفقیت (CSI) احتمال شناخت درست روزهای بارانی و غیر بارانی را بیان می‌کند. در واقع

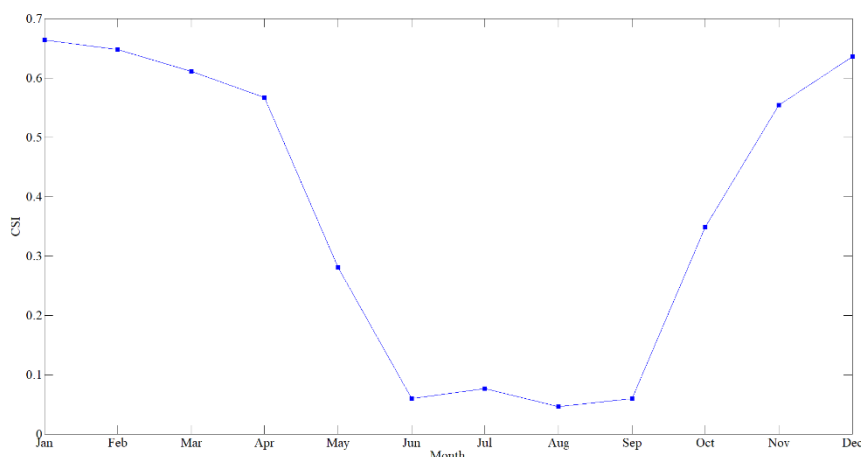
مقدار شاخص بر روی مناطق یاد شده بیش از ۰/۶ است. این شاخص در طول ماه‌های کم‌بارش سال (می تا اکتبر) وضعیت متفاوتی دارد. بیشترین میزان CSI بر روی مناطق پر بارش و بیشینه‌ی آن بر روی ارتفاعات دنا و زرد کوه مشاهده می‌شود.



شکل ۱۸. پراکنش مکانی مقادیر FAR پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی سالانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.



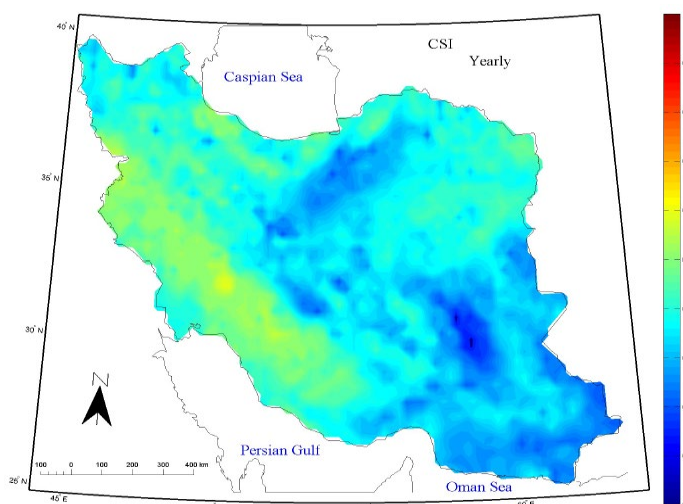
شکل ۱۹. پراکنش مکانی مقادیر CSI پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.



شکل ۲۰. نمودار سری زمانی مقادیر CSI پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

شمال شرق کشور بین ۰/۵ تا ۰/۷ است که بیانگر دقت بالای این پایگاه در تشخیص روزهای بارانی و خشک بر روی مناطق یاد شده است. در حالی که بر روی سایر مناطق دیگر کشور عملکرد بسیار پایینی در شناسایی و تشخیص روزهای بارانی و خشک دارد. بر روی مناطق بیابانی و خشک لوت مقدار شاخص CSI کمتر از ۰/۱ است و ضعیف ترین عملکرد را در شناسایی روزهای بارانی و خشک دارد.

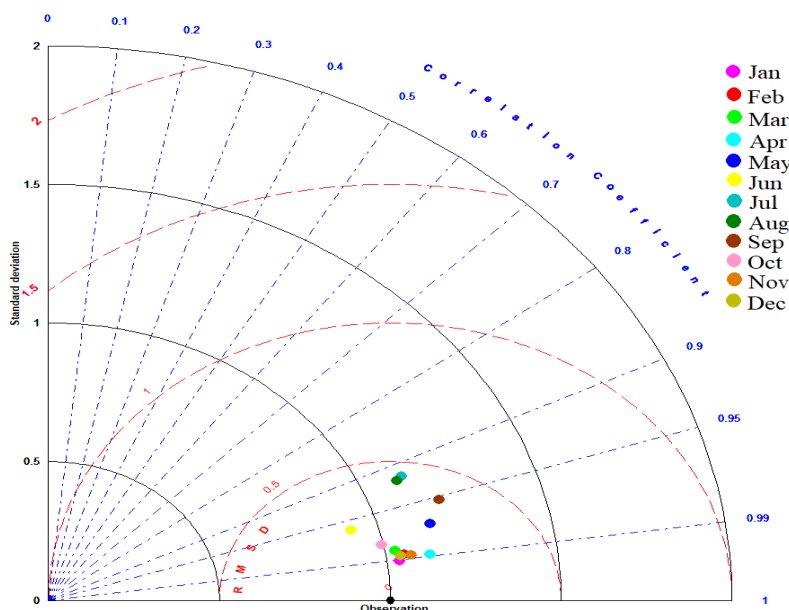
مقادیر شاخص آستانه موفقیت (CSI) در تشخیص روزهای بارانی و خشک در مقیاس زمانی سالانه در شکل ۲۱ آمده است. هر چه مقدار شاخص به عدد ۱ نزدیک باشد بیانگر دقت بالای پایگاه داده در تشخیص روزهای بارانی و خشک است و برعکس هر چه به عدد صفر نزدیک شود بیانگر عملکرد ضعیف پایگاه داده در تشخیص روزهای بارانی و خشک است. همانطور که پیداست مقدار این شاخص در مناطق پربارش جنوب غرب، غرب و شمال و



شکل ۲۱. پراکنش مکانی مقادیر شاخص CSI پایگاه داده‌ی ERA-5 در شناخت روزهای بارانی و خشک در مقیاس زمانی سالانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

علمکرد پایگاه داده در ماه‌های سرد و پربارش بیشتر از ماه‌های خشک و گرم سال است. برپایه‌ی سه پارامتر یاد شده، علمکرد پایگاه داده در ماه ژانویه، نسبت به سایر ماه‌های دیگر سال بهتر است و در ماه ژوئیه علمکرد به مراتب ضعیف‌تری را از خود نشان می‌دهد.

از نمودار تیلور برای ارزیابی کلی دقت و علمکرد پایگاه داده ERA-5 در برآورد بارش بر روی گستره‌ی ایران در ماه‌های مختلف سال کمک گرفته شد (شکل ۲۲). این نمودار برپایه سه پارامتر انحراف معیار، ضریب همبستگی و ریشه دوم میانگین مربعات خطا، دقت علمکرد پایگاه داده را واکاوی می‌کند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود دقت



شکل ۲۲. نمودار تیلور پایگاه داده‌ی ERA-5 در مقیاس زمانی ماهانه طی بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹.

پایگاه داده هماهنگی بالایی ( $R > 0.9$ ) با مقادیر واقعی مشاهده شده در ایستگاه‌های هواشناسی دارد. محاسبه شاخص‌های آماری بکار گرفته شده در این پژوهش روشن ساخت که با وجود هماهنگی بالای بین دو سری زمانی مقادیر بارش و دقت بالا در تشخیص الگوی مکانی بارش توسط پایگاه داده، نرخ بارش برآورد شده توسط پایگاه داده بیشتر از مقادیر واقعی مشاهده شده است و پایگاه داده بیش‌برآوردی دارد. به لحاظ زمانی بیش‌برآوردی پایگاه داده در ماه‌های پربارش کشور (ژانویه تا آوریل و نوامبر و دسامبر) بیشتر است. به لحاظ مکانی نیز بیشترین بیش‌برآوردی بر روی مناطق پربارش و هسته‌های پربارش کشور در جنوب غرب، غرب و شمال کشور مشاهده می‌-

#### ۴ نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش شناخت دقت زمانی-مکانی برآورد بارش پایگاه داده‌ی ERA-5 بر روی گستره‌ی ایران بود. برای نیل به این هدف از داده‌های مقادیر بارش ایستگاه‌های هواشناسی بر روی گستره ایران به عنوان مرجع استفاده شد. از شاخص‌های آماری مختلف برای شناخت ویژگی‌های گوناگون سری زمانی مقادیر بارش در طول ماه‌های مختلف سال بهره گرفته شد. یافته‌ها نشان داد که الگوی توزیع مکانی بارش در قالب هسته‌های پربارش و کم‌بارش بر روی ایران به خوبی توسط پایگاه داده-ERA-5 مورد واکاوی تشخیص داده شده است. علاوه بر آن سری زمانی میانگین پهنه‌ای ماهانه‌ی مقادیر بارش برآورد شده

## منابع

- شود و نرخ RMSE به بیش از ۱۰۰ میلی متر در ماههای یاد شده می رسد که بیش برآوردی گزارش شده در این پژوهش هماهنگ با یافته های جیانو و همکاران (۲۰۲۱) بر روی کشور چین است. ممکن است دلیل بیش برآوردی پایگاه داده ERA-5 در ارتباط با الگوریتم های معکوس استفاده شده برای محصولات ماهواره ای و برآورد نادرست از بارش جامد (برف) باشد (جیانگ و همکاران، ۲۰۲۰).
- در مناطق خشک داخلی برعکس پایگاه داده مقادیر بارش را حدود ۲۰ میلی متر کمتر از مقادیر واقعی برآورد می کند. نرخ کم برآوردی پایگاه داده در مناطق یاد شده در طول کلیه ماههای سال دیده می شود و اغلب کمتر از یک برابر بارش ( $PBias \leq 100\%$ ) خطای کم برآوردی بر روی این مناطق دیده می شود. میزان دقت تشخیص درست روزهای بارانی (POD) و روزهای خشک (FAR) پایگاه داده در مناطق مختلف کشور هم اندازه و یکسان نیست. بیشترین دقت آن در مناطق پربارش جنوب غرب و غرب کشور در در ماههای ژانویه تا آوریل و نوامبر و دسامبر دیده می شود که مقدار شاخص POD بیش از ۰/۹ می رسد ولی بر روی مناطق خشک داخلی عملکرد ضعیفی دارد. نسبت هشدار اشتباه روزهای خشک در ماههای بارانی کمتر از ۴۰ درصد است. به طور کلی برپایه یافته های این پژوهش می توان دریافت که پایگاه داده ERA-5 عملکرد خوبی در برآورد مقادیر بارش، شناخت روزهای خشک و بارانی و وردایی زمانی مقادیر بارش در طول ماههای مختلف سال بر روی مناطق جنوب غرب و غرب کشور دارد و مقدار شاخص CSI به بیش از ۰/۶ می رسد. دقت عملکرد این پایگاه داده در ماههای پربارش سال به مراتب بیشتر از ماههای گرم سال است و می توان از آن به عنوان یک پایگاه داده جایگزین در مواقعی که نیاز به داده های شبکه ای برای انجام مدل سازی های آب شناسی و مدیریت منابع آب و پرکردن خلأ سری زمانی داده های بارش بر روی مناطق یاد شده استفاده کرد.
- پورانظاری، س. اسماعیلی، ک. فرید، ح. غفاری، ا. ۱۴۰۱، ارزیابی هیدروگراف جریان با استفاده از داده های بارش ERA5 در نرم افزار HEC-HMS. آب و خاک. دانشگاه فردوسی مشهد.
- پگاه فر، ن. ۱۴۰۳، ارزیابی عملکرد داده های ERA5 در برآورد انواع مختلف CAPE و CIN در ایستگاه های جو بالا در ایران. فیزیک زمین و فضا، ۵۰، ۲۴۹-۲۳۱. دارند، م. زندکریمی، س. ۱۳۹۵، ارزیابی دقت داده های بارش مرکز اقلیم شناسی بارش جهانی بر روی ایران، مجله ژئوفیزیک ایران، جلد ۱۰، شماره ۳، ص ۹۵-۱۱۳.
- دارند، م؛ زندکریمی، س. ۱۳۹۴، واکاوی سنجش دقت زمانی-مکانی بارش پایگاه داده مرکز پیش بینی میان مدت جوی اروپایی (ECMWF) بر روی ایران زمین، پژوهش های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۴، ص ۶۵۱-۶۷۵.
- رضایی، م. اژدری مقدم، م. عزیزیان، غ. شمسی پور، ع. ا. ۱۴۰۱، ارزیابی پایگاه های داده شبکه ای بارش در حوزه آبخیز بلوچستان جنوبی. محیط زیست و مهندسی آب. ۹ (۱)، ۶۱-۷۶.
- سیاوشی، ز. ۱۳۹۹، ارزیابی دقت برآورد داده های بارش پایگاه GSMaP بر روی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، ۱۱۷ صفحه.
- عزیزی، ج. رسول زاده، ع. رحمتی، ا. شایقی، ا. باختر، آ. ۱۳۹۹، ارزیابی عملکرد داده های بازتحلیل شده ERA5 در تخمین بارش روزانه و ماهانه در استان اردبیل. تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۱، ص ۲۹۵۱-۲۹۳۸.
- عزیزیان، ا. رضوانی اعتدالی، ه. ۱۳۹۸، پایش زمانی و مکانی داده های بازتحلیل شده ECMWF و منابع

- Sánchez, R., 2021, Evaluating reanalysis and satellite-based precipitation at regional scale: A case study in southern Mexico. *Atmósfera*, 34(2): 189-206.
- Tarek, M., Brissette, F.P., & Arsenault, R., 2019, Evaluation of the ERA5 reanalysis as a potential reference dataset for hydrological modeling over North-America. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 1-35.
- Varlas, G., Stefanidis, K., Papaioannou, G., Panagopoulos, Y., Pytharoulis, I., Katsafados, P., Dimitriou, E., 2022, Unravelling precipitation trends in Greece since 1950s using ERA5 climate reanalysis data. *Climate* 10(2), 12.
- Vieira, T., Fernandes, M.J., & Lázaro, C., 2019, Impact of the New ERA5 Reanalysis in the Computation of Radar Altimeter Wet Path Delays. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 57(12): 9849-9857.
- Wilks, D.S., 2006, *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Elsevier, London.
- بارشی مبتنی بر تکنیک‌های سنجش از دور، تحقیقات منابع آب ایران، سال ۱۵، شماره ۲.
- مجیدی کهرودی، ف.س. قرایلو، م. ثابت قدم، س.س. ۱۴۰۳، ارزیابی عملکرد بانک داده‌های بازتحلیل ERA5 و MERRA2 در تخمین میزان عمق برف در شمال غرب ایران، فیزیک زمین و فضا، ۵۰(۱)، ۲۵۱-۲۶۳.
- میری، م. رحیمی، م. نوروزی، ع. ۱۳۹۸، ارزیابی دقت برآورد بارش روزانه پایگاه داده در مقابل GPM و TRMM داده‌های مشاهده‌ای در ایران، نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۱۱، شماره ۴، ص ۹۷۲-۹۸۳.
- میری، م. رضیعی، ط. رحیمی، م. ۱۳۹۵، ارزیابی و مقایسه آماری داده‌های بارش TRMM و GPCP با داده‌های مشاهده‌ای در ایران، فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۲، شماره ۳، ص ۶۵۷-۶۷۲.
- Bidlot, J.R., Abdalla, S. Hersbach, H., 2017, ERA5 wave data. *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 19, EGU2017-8707, 2017.
- Beck, H.E., Pan, M., Roy, T., Weedon, G.P., Pappenberger, F., Van Dijk, A. I., Wood, E.F., 2019, Daily evaluation of 26 precipitation datasets using Stage-IV gauge-radar data for the CONUS. *Hydrology and Earth System Sciences*, 23(1):207-224.
- Davison, S., Benetazzo, A., Barbariol, F., Cavaleri, L., & Pezzutto, P. Assessment of ERA5 winds in the Mediterranean Sea.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., and Thépaut, J.N., 2020, The ERA-5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730): 1999-2049.
- Jiao, D., Xu, N., Yang, F., Xu, K., 2021, Evaluation of spatial-temporal variation performance of ERA5 precipitation data in China. *Scientific Reports*, 11:17956.
- Jiang, Q., Li, W., Fan, Z., He, X., Sun W., Chen, S., Wen, J., Gao, J., Wang, J., 2020, Evaluation of the ERA5 reanalysis precipitation dataset over Chinese Mainland. *J. Hydrol.* 125660.
- Morales-Velázquez, M.I., Socorro Herrera, G., Aparicio, J., Rafiecinab, A., Lobato-

## Evaluation of spatio-temporal accuracy of precipitation estimation of ERA-5 database over Iran

Asrin Bahrami<sup>1</sup> and Mohammad Darand<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> M.Sc. Graduate, Department of Climatology, Natural Resources Faculty, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

<sup>2</sup> Professor, Department of Climatology, Natural Resources Faculty, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

(Received: 04 May 2024, Accepted: 02 July 2024)

### Summary

Precipitation is one of the most important climatic elements. It is one of the main components of the global water cycle which has influences on socioeconomic development, environmental planning, and life on the Earth. Proper knowledge of the spatial and temporal distribution of precipitation cannot be acquired unless there is a good distribution of meteorological stations. Despite the importance of precipitation, rain gauge datasets for hydroclimate applications, due to some limitations, such as the lack of long data records, the distribution and density of meteorological stations, and late updating, particularly in the case of complex terrains like those in Iran, has been a huge challenge both spatially and temporally. Gridded precipitation datasets are good alternatives for the monitoring of precipitation characteristics over regions where gaugebased observations are sparse or nonexistent. In the current study, the tempo-spatial accuracy of the ERA-5 database was evaluated in the estimation of precipitation over Iran during the statistical period of 1998-2019. For this purpose, the precipitation data of ERA-5 base with a spatial resolution of 0.25 degrees of arc was used in comparison with the data of meteorological stations. In order to evaluate the accuracy of the rainfall estimation of ERA-5, different statistical methods including correlation coefficient (R), percentage bias (PBias), root mean square error (RMSE), probability of detection (POD), false alarm ratio (FAR), success threshold index (CSI) and Taylor diagram have been used. The findings showed that the ERA-5 database shows the spatial distribution pattern of precipitation in Iran well. Area-averaged correlation between the ERA-5 database and gaugebased observations is more than 0.9. There is a high agreement between the time series of precipitation values estimated by ERA-5 and the precipitation values observed on meteorological stations in most regions of Iran. The amount of precipitation estimated by the database in the rainy months is more than dry months. This overestimation is high in the high precipitation regions than in other areas of the country (PBias >100%). While in the dry interior regions of the country, the database has underestimated the amount of precipitation (PBias <100%). The RMSE values are more than 100 mm in January, February, March, April and December in the high precipitation regions on the Zagros heights in the west of the country and the southwest of the Caspian Sea. The RMSE value is less than 20 mm in most of the months of the year in the dry regions. The database correctly detects rainy days and dry days in the rainy months of the year over the rainy areas.

The accuracy of detecting rainy days in the months of January to April, November and December is more than 0.9, and the rate of misdiagnosis of dry days in the mentioned months is less than 0.3. In general, the accuracy of detecting rainy and dry days reaches more than 0.6 in the high precipitation regions of the country.

**Keywords:** Gridded database, ERA-5, precipitation, Iran