

مقاله علمی-پژوهشی

## ارزیابی محصول ماهواره‌ای CHIRPS در بررسی روند تغییر بارش‌های جنوب شرق ایران

آمنه میان‌آبادی<sup>۱\*</sup>، خسرو سالاری<sup>۲</sup>، یاور پورمحمد<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۷

### چکیده

کاهش قابل ملاحظه حجم آب دو تالاب مهم هامون و جازموربان در منطقه خشک جنوب شرق کشور تبعات اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی متعددی را به دنبال داشته است. با اینکه کاهش آب این دو تالاب تحت تأثیر عوامل اقلیمی و انسانی است، اما اغلب تغییرات اقلیمی به‌ویژه کاهش بارش به‌عنوان عامل اصلی در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین در این مطالعه، روند تغییرات بارش در منطقه جنوب شرق کشور با استفاده از محصول ماهواره‌ای CHIRPS مورد بررسی قرار گرفت. برای ارزیابی دقت CHIRPS در مقایسه با داده‌های بارش ایستگاه‌ها از شاخص‌های طبقه‌بندی آماری شامل احتمال آشکارسازی (POD)، نرخ هشدار اشتباه (FAR) و شاخص آستانه موفقیت (CSI) و معیارهای خطا سنجی شامل ضریب تبیین ( $R^2$ )، ضریب همبستگی پیرسون (PCC)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطاها (ME) در سه مقیاس زمانی روزانه، ماهانه و سالانه استفاده شد. نتایج نشان داد که این محصول در ردیابی تعداد روزهای بارانی و غیر بارانی از دقت مناسبی برخوردار نیست (POD و CSI کمتر از ۰/۲ و FAR بیشتر از ۰/۶). این محصول تخمین دقیقی از بارش روزانه ارائه نمی‌کند ( $R^2$  کمتر از ۰/۲ و PCC کمتر از ۰/۴)، اما در مقیاس ماهانه و سالانه از دقت نسبتاً مناسبی برخوردار است ( $R^2$  بیشتر از ۰/۶ و PCC بیشتر از ۰/۸). بررسی روند بارش در منطقه جنوب شرق کشور نشان داد که به‌طور کلی مقدار بارش در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه در ۴۰ سال گذشته افزایشی بوده است و یا در صورت کاهشی بودن، کاهش آن معنی‌دار نبوده است. بر این اساس کاهش سطح آب تالاب‌ها نمی‌تواند تنها ناشی از تغییرات بارش باشد و باید نقش سایر عوامل و به‌ویژه فعالیت‌های انسانی را نیز در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: بارش، تغییر اقلیم، خشک‌سالی، CHIRPS

### مقدمه

شدن این دو تالاب تبعات اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی فراوانی را هم در این دو استان و هم در استان‌های مجاور به دنبال داشته است. به‌عنوان مثال، خشک شدن تالاب هامون باعث بروز مشکلاتی در بخش اقتصادی شده و کاهش درآمد و بیکاری را به دنبال داشته است. از منظر محیط‌زیستی، خشک شدن بستر تالاب‌ها همچنین باعث وقوع طوفان‌های گردوغباری در منطقه شده است. این مسائل در کنار هم باعث افزایش مهاجرت روستاییان به شهرها و استان‌های اطراف شده که به‌نوبه خود مشکلات عدیده‌ای را در مناطق مقصد ایجاد کرده است (Mianabadi et al., 2021). کاهش میزان آب این دو تالاب تابعی از عوامل اقلیمی و انسانی می‌باشد. این دو عامل جفت شده و جدایی‌ناپذیر بوده (Mianabadi et al., 2015) و هر کدام به نحوی بر میزان خشک شدن تالاب‌ها مؤثر هستند. مطالعات گذشته نشان داده است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، گرمایش جهانی باعث کاهش بارش (UNFCCC, 2007) و افزایش شدت و فراوانی خشک‌سالی‌ها شده است (Heathcote, 1983). با این حال برخی مطالعات دیگر نشان داده است که شواهد کمی وجود دارد که نشان دهد در اثر گرمایش جهانی مناطق خشک، خشک‌تر و مناطق

تالاب‌ها زیستگاه گونه‌های متعددی از گیاهان و جانوران آبی و زمینی هستند. این محیط‌های طبیعی برای حفاظت در برابر سیل، بهبود کیفیت آب، کنترل فرسایش خاک، تولید محصولات طبیعی، تفریح و زیبایی بسیار ارزشمند هستند. دو تالاب مهم هامون در استان سیستان و بلوچستان (مرز بین ایران و افغانستان) و تالاب جازموربان در مرز بین استان کرمان و استان سیستان و بلوچستان، در منطقه جنوب شرق کشور در سال‌های اخیر با کاهش قابل ملاحظه حجم آب روبه‌رو بوده و در برخی سال‌ها به‌طور کامل خشک شده‌اند. خشک

۱- گروه اکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

۲- دانش‌آموخته هوشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه بویزی، آیداهو، آمریکا  
(\*) نویسنده مسئول: (Email: a.mianabadi@kgut.ac.ir)

استفاده نمود. در مطالعه حاضر از محصول<sup>۱</sup> CHIRPS که ۴۰ سال داده بارش را فراهم نموده (۱۹۸۱-۲۰۲۰) - که این مزیت قابل توجهی برای این محصول در مدل‌سازی هیدرولوژیکی و اقلیمی است (Ghozat et al., 2021) و به سهولت در اختیار کاربران قرار می‌دهد، استفاده شد.

محصول ماهواره‌ای CHIRPS توسط فانک و همکاران در سال ۲۰۱۵ معرفی شد. مقادیر بارش تخمین زده شده در مقیاس‌های مختلف زمانی توسط CHIRPS در مناطق مختلفی مورد بررسی و صحت‌سنجی قرار گرفته است (Ayehu et al., 2018; Dinku et al., 2018; Gao et al., 2018; Rivera et al., 2018; Bai et al., 2018; Prakash, 2019; Paredes Trejo et al., 2016; Katsanos, Retalis and Michaelides, 2016)؛ که برخی از آن‌ها نتایج قابل قبول و برخی دیگر نتایج نامناسبی را گزارش کرده‌اند. خروجی الگوریتم‌های تخمین بارش ماهواره‌ای به دلیل عواملی چون تناوب نمونه‌برداری، میدان دید غیریکنواخت سنجنده‌ها و عدم قطعیت موجود در الگوریتم‌ها ممکن است با خطا همراه باشد. همچنین میزان دقت تخمین بارش در این الگوریتم‌ها به رژیم بارش و ارتفاع منطقه نیز بستگی دارد (Romilly et al., 2011). در نتیجه برای استفاده از این محصولات در هر منطقه باید صحت آن‌ها در تخمین بارش موردسنجش قرار گیرد (Dembélé et al., 2016; Bai et al., 2018). محصول CHIRPS پس از صحت‌سنجی در مطالعات مختلفی برای بررسی روند بارش در مقیاس‌های مختلف زمانی، شاخص‌های حدی بارش و خشک‌سالی مورد استفاده قرار گرفته است (Gebrechorkos et al., 2019; Cavalcante et al., 2020; Bichet et al., 2018; Mianabadi et al., 2020; Gao et al., 2018; Perdigon-Morales et al., 2018; Oliveira - Júnior et al., 2021; Rivera et al., 2019; Katsanos, Retalis, Tymvios et al., 2016)؛ بنابراین در این مطالعه، برای بررسی روند تغییرات بارش در منطقه جنوب شرق کشور، از محصول CHIRPS که دارای داده‌های بارش طولانی‌مدت (۴۰ سال) می‌باشد، استفاده شد. ارزیابی محصول CHIRPS در کل ایران با استفاده از داده‌های بارش ۶۸ ایستگاه و به مدت ۳۰ سال (۱۹۸۷-۲۰۱۷) انجام شده است (Ghozat et al. 2021). همچنین گرجی زاده و همکاران (۱۳۹۸) در بالادست سد مارون در استان کهگیلویه و بویراحمد به ارزیابی محصول CHIRPS به همراه PERSIANN-CDR و ERA-Interim پرداختند. با توجه به اینکه مطالعاتی برای بررسی روند تغییرات بارش با استفاده از این محصول صورت نگرفته است، در این مطالعه به این مسئله پرداخته می‌شود؛ بنابراین هدف این مطالعه، بررسی روند تغییرات بارش در منطقه جنوب شرق کشور است. به این منظور از تعداد ایستگاه‌های بیشتری برای ارزیابی CHIRPS

مرطوب، مرطوب‌تر می‌شوند (Greve et al., 2014). از سوی دیگر، در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی به‌عنوان عامل اصلی و یا تنها عامل خشک شدن تالاب‌ها و نادیده گرفتن نقش فعالیت‌های انسانی، باعث سلب مسئولیت از تصمیم‌گیران و مدیران و عدم ارائه برنامه‌های مناسب برای مدیریت این مسئله می‌شود (Oliver-Smith, 2012). از آنجا که نقش تغییرات اقلیمی و کاهش بارش در کمبود آب و کاهش سطح آب تالاب‌ها و خشک شدن آن‌ها بسیار مورد توجه قرار گرفته است، بنابراین مطالعه روند تغییرات بارش در هر منطقه دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد.

برای بررسی وجود روند در متغیرهای هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌طور گسترده از آزمون غیر پارامتریک من-کندال (Mann, 1945; Kendall, 1975) استفاده می‌شود (Nalley et al., 2013; Pingale et al., 2014; Degefu et al., 2019). سازمان جهانی هواشناسی، بررسی روند متغیرهای اقلیمی نیاز به داده‌های طولانی‌مدت حداقل ۳۰ ساله دارد (Burroughs 2003). اندازه‌گیری بارش معمولاً به ۳ روش انجام می‌شود: باران‌سنج‌ها، رادارهای هواشناسی و تصاویر ماهواره‌ای (Ashouri et al. 2015). با توجه به پراکنش نامناسب مکانی و یا عدم وجود ایستگاه‌های همدیدی و باران‌سنجی و نیز رادارهای هواشناسی به‌ویژه در مناطق دور از دسترس مانند مناطق کوهستانی و اقیانوس‌ها و همچنین در کشورهای درحال توسعه و در برخی موارد محدودیت یا عدم دسترسی به داده‌های ثبت‌شده، امکان استفاده از ایستگاه‌ها و رادارها به‌سادگی میسر نیست. از سوی دیگر روش‌های مختلف درون‌یابی که برای تخمین بارش در نقاط فاقد ایستگاه استفاده می‌شود، دارای معایبی هستند که از آن جمله می‌توان به عدم دقت مناسب این روش‌ها و یا نیاز به داده‌های فراوان اشاره نمود. برای برطرف کردن این مشکلات، در سال‌های اخیر استفاده از فناوری سنجش‌ازدور برای تخمین بارش مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. تلاش‌های این محققان منجر به تولید محصولات ماهواره‌ای تخمین بارش در مقیاس جهانی و با توان تفکیک مکانی و زمانی مناسب شده است که از آن جمله می‌توان به محصولات PERSIANN (Hsu et al., 1997)، CMORPH (Hong et al., 2004)، PERSIANN-CCS (Joyce et al., 2004)، TMPA (Huffman et al., 2006)، PERSIANN-CDR (Ashouri et al., 2015)، MSWEP (Funk et al., 2015) و PERSIANN-PDIR-Now (Nguyen et al., 2020) اشاره کرد. از بین این محصولات، CHIRPS، PERSIANN-CDR و MSWEP مقدار بارش روزانه را برای دوره‌ای بیش از ۳۰ سال تخمین زده‌اند و بنابراین می‌توان از این محصولات برای بررسی روند

1- Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station Data

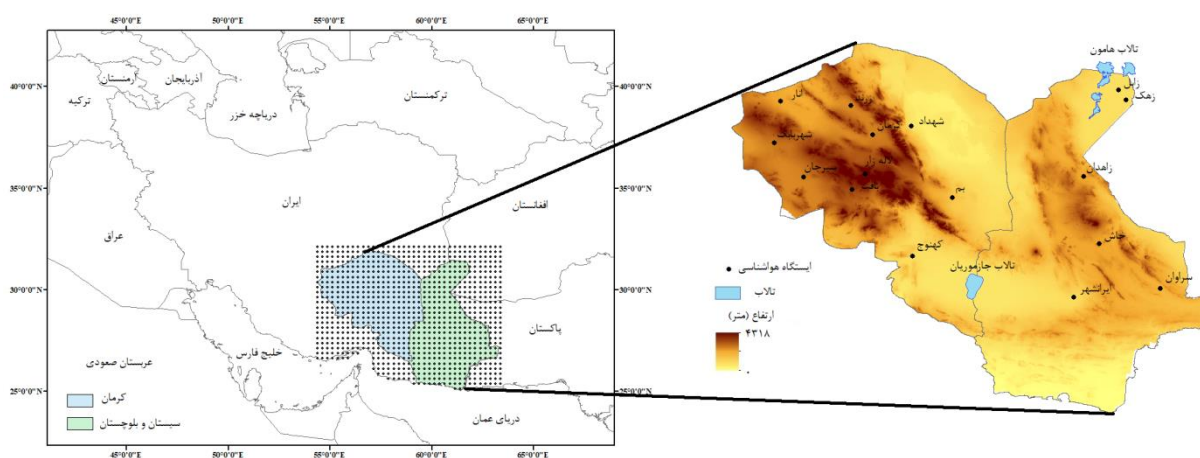
منطقه قرار دارد. متوسط بارش در مراکز این دو استان (کرمان و زاهدان) در دوره آماری ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۹ به ترتیب برابر ۱۳۰ و ۷۶ میلی‌متر بوده است. بیشترین بارش در فصل زمستان و در ماه فوریه (بهمن) و کمترین مقدار بارش در تابستان و در ماه سپتامبر (شهریور) رخ می‌دهد. متوسط دما نیز در این دو ایستگاه ۱۵/۹ و ۱۸/۷ درجه سلسیوس و میزان تبخیر-تعرق پتانسیل ۲۵۶۰ و ۲۲۸۱ میلی‌متر در سال می‌باشد (Mianabadi et al., 2019). ارتفاع در این منطقه از صفر در سواحل دریای عمان تا حدود ۴۰۰۰ متر در مناطق کوهستانی کرمان متغیر است. توپوگرافی منطقه در شکل ۱ دیده می‌شود.

تخمین بارش در جنوب شرق کشور و نیز تعداد سال‌های بیشتری برای بررسی روند استفاده شد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه، ارزیابی محصول CHIRPS و بررسی روند تغییرات بارش در منطقه جنوب شرق ایران (شامل دو استان کرمان و سیستان و بلوچستان) صورت گرفت. شکل ۱ موقعیت این منطقه را نشان می‌دهد. این دو استان جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران به شمار می‌روند. دشت لوت به‌عنوان گرم‌ترین نقطه ایران در این



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه، محل قرارگیری نقاط شبکه CHIRPS و ایستگاه‌های منتخب

۰/۲۵ دقت نسبتاً مشابهی دارند (Aadhar et al., 2017; Geleta et al., 2021; Duan et al., 2016)؛ بنابراین در این مطالعه مقادیر بارش روزانه تخمین زده شده با توان تفکیک ۰/۲۵ و از سال ۱۹۸۱ تا پایان سال ۲۰۲۰ (به مدت ۴۰ سال) برای بررسی تغییرات روند بارش در منطقه جنوب شرق کشور استفاده شد (شکل ۱). این داده‌ها از سایت <ftp://ftp.chg.ucsb.edu> استخراج شد.

### داده‌های بارش ایستگاهی

برای ارزیابی مقدار بارش تخمین زده شده توسط CHIRPS از داده‌های بارش روزانه ۱۶ ایستگاه همدیدی در استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان استفاده شد. به دلیل دسترسی محدود به داده‌های ایستگاه‌ها، داده‌های ۱۵ سال از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۹ برای این منظور مورداستفاده قرار گرفت. شکل ۱ ایستگاه‌های منتخب و موقعیت آن‌ها را نشان می‌دهد.

### محصول ماهواره‌ای CHIRPS

محصول CHIRPS با همکاری سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS) و گروه بلایای اقلیمی سانتا باربارا در دانشگاه کالیفرنیا (Funk et al., 2015) و بر اساس تخمین بارش مدت‌زمان ابر سرد (Cold Cloud Duration; CCD) مادون‌قرمز که توسط TMPA 3B42 v7 (Huffman et al., 2006) واسنجی شده است، توسعه یافته است. در توسعه این محصول داده‌های بارش ایستگاه‌ها که با استفاده از روش IDW درون‌یابی شده است، برای تصحیح خطا مورداستفاده قرار گرفته است. مقادیر بارش تخمین زده شده با توان تفکیک ۰/۵ و ۰/۲۵، از تاریخ اول ژانویه ۱۹۸۱ و از ۵۰ درجه شمالی تا ۵۰ درجه جنوبی موجود می‌باشد. بر اساس مطالعات صورت گرفته پیشین، استفاده از توان تفکیک ۰/۵ در مقیاس‌های کوچک‌تر از جمله برای مطالعات هیدرولوژی در مقیاس حوضه آبریز توصیه شده است، درحالی‌که در مقیاس‌های بزرگ‌تر توان تفکیک ۰/۵ نسبت به

### معیارهای خطا سنجی

برای بررسی دقت بارش تخمین زده شده توسط CHIRPS از معیارهای خطا سنجی شامل ضریب تبیین ( $R^2$ )، ضریب همبستگی پیرسون (PCC)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطاها (ME) استفاده شد. دقت مدل با استفاده از این معیارها در سه مقیاس زمانی روزانه، ماهانه و سالانه مورد ارزیابی قرار گرفت.

$$R^2 \quad (1)$$

$$= \left( \frac{n \sum_{i=1}^n x_{ic} \cdot x_{ig} - \sum_{i=1}^n x_{ic} \sum_{i=1}^n x_{ig}}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_{ic}^2 - \sum_{i=1}^n x_{ic}^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n x_{ig}^2 - \sum_{i=1}^n x_{ig}^2}} \right)^2 \quad (2)$$

$$PCC = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ic} - \bar{x}_c)(x_{ig} - \bar{x}_g)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ic} - \bar{x}_c)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ig} - \bar{x}_g)^2}} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ic} - x_{ig})^2}{n}} \quad (4)$$

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ic} - x_{ig})}{n}$$

در این معادلات  $x_{ic}$  و  $x_{ig}$  به ترتیب مقادیر بارش تخمین زده شده توسط CHIRPS و اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های منتخب در زمان  $t_i$ ،  $\bar{x}_c$  و  $\bar{x}_g$  بارش متوسط تخمین زده شده توسط CHIRPS و اندازه‌گیری شده در دوره زمانی موردنظر و  $n$  تعداد مشاهدات می‌باشد. علاوه بر این معیارها، سه شاخص آماری طبقه‌بندی<sup>۱</sup> (CSIs)، شامل احتمال آشکارسازی<sup>۲</sup> (POD)، نرخ هشدار اشتباه<sup>۳</sup> (FAR) و شاخص آستانه موفقیت<sup>۴</sup> (CSI) برای میزان دقت مدل در تخمین روزهای بارانی نیز مورد استفاده قرار گرفت. شاخص POD میزان دقت مدل در تشخیص وقوع بارش را نشان می‌دهد. FAR نشان‌دهنده وقوع بارش در مدل و عدم وقوع بارش در ایستگاه و CSI نشان‌دهنده نسبی از وقوع بارش است که توسط مدل به خوبی تشخیص داده شده است. این سه شاخص با روابط زیر محاسبه می‌شوند (Ebert et al., 2007):

$$POD = \frac{RR}{RR + RN} \quad (5)$$

$$FAR = \frac{NR}{RR + NR} \quad (6)$$

$$CSI = \frac{RR}{RR + RN + NR} \quad (7)$$

در این روابط، R نشانه وقوع بارش و N نشانه عدم وقوع بارش و در هر ترکیب حرف اول مربوط به ایستگاه و حرف دوم مربوط به محصول CHIRPS است. در بهترین حالت ممکن، وقتی داده‌های بارش تخمین زده شده همبستگی کاملی با بارش ایستگاه دارد مقدار POD، FAR و CSI به ترتیب برابر ۱، ۰ و ۱ است.

### بررسی روند تغییرات بارش

روند تغییرات متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژی دارای توزیع غیر نرمال اغلب با آزمون غیر پارامتریک من-کندال بررسی می‌شود. آزمون من-کندال با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (8)$$

که در این رابطه

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad (9)$$

$$V(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)]}{18} \quad (10)$$

در این معادلات،  $V(S)$  واریانس  $S$ ،  $n$  تعداد جفت داده‌ها،  $t_i$  تعداد پیوندها برای مقدار  $i$  ام،  $m$  تعداد گروه پیوندها و  $x_j$  و  $x_k$  مقادیر داده‌های متوالی می‌باشند. مقادیر مثبت  $z_{MK}$  روند افزایشی و مقادیر منفی آن روند کاهشی را نشان می‌دهد.

در این پژوهش نیز برای بررسی روند بارش در منطقه جنوب شرق ایران از آزمون غیر پارامتریک من-کندال استفاده شده است.

### سطح آب دریاچه‌ها

برای مقایسه روند تغییرات بارش و کاهش حجم آب تالاب‌های هامون و جازموریان، مساحت آبی این دو تالاب با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat تخمین زده شد. به این منظور، تصاویر ماهواره‌ای موجود از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۲۰ دانلود و مساحت آبی تالاب‌ها در نرم‌افزار ArcGIS محاسبه شد.

### نتایج و بحث

#### ارزیابی دقت محصول CHIRPS در تخمین بارش

یافته‌های آماری نشان داد CHIRPS نه تنها مقدار بارش روزانه، بلکه روزهای بارانی را نیز به خوبی تخمین نمی‌زند. بر اساس جدول ۱ مقدار POD و CSI در همه ایستگاه‌ها کمتر از ۰/۸ و مقدار FAR بیشتر از ۰/۶ است. این نتایج نشان می‌دهد که CHIRPS به خوبی نتوانسته است روزهای بارانی و غیر بارانی را از هم تفکیک کند. جدول ۲ نشان می‌دهد که مقدار  $R^2$  در مقیاس روزانه نیز کمتر از ۰/۲ و مقدار PCC کمتر از ۰/۴۲ می‌باشد؛ بنابراین بارش تخمین زده شده توسط CHIRPS در مقیاس روزانه از دقت نامناسبی برخوردار است. با افزایش مقیاس زمانی، نتایج بهبود می‌یابد. در اکثر ایستگاه‌ها در مقیاس ماهانه و سالانه مقدار  $R^2$  بیشتر از ۰/۶ و مقدار PCC بیشتر از ۰/۸ است. میزان همبستگی در ایستگاه‌هایی که تعداد روزهای بارانی بیشتری دارند، بالاتر است. جدول ۳ نشان می‌دهد که مقدار RMSE

1- Categorical Statistical Indices

2- Probability Of Detection

3- False Alarm Ratio

4- Critical Success Index

و همکاران (۱۳۹۲) بیان کرده‌اند که با توجه به اینکه محصولات ماهواره‌ای بارش در مناطق پرباران نسبت به مناطق خشک تخمین بهتری از بارش ارائه کرده‌اند (Zambrano et al., 2016; Bai et al., 2018)، به نظر می‌رسد که در مناطق خشک و نیمه‌خشک که ابرها پس از تشکیل دوام زیادی نداشته و به سرعت از بین می‌روند، سنجنده‌ها فرصت کافی برای روندیابی دمای بالای ابرها را نداشته و لذا میزان خطای آن‌ها در این مناطق بیشتر می‌شود. علاوه بر شبکه محصولات ماهواره‌ای بارش و نیز خطای حاصل از درون‌یابی، همپوشانی ابرها نیز می‌تواند باعث خطای تخمین بارش در الگوریتم‌های محصولات ماهواره‌ای شود. به این معنی که تصاویر مادون قرمز دمای ابر بالا را نشان می‌دهند، اما تصاویر مایکروویو بارش حاصل از ابر پایین را ردیابی می‌کنند (میان‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۲). علاوه بر این استفاده از روش IDW برای درون‌یابی داده‌های بارش ایستگاهی برای وارد کردن در الگوریتم CHIRPS می‌تواند باعث عدم قطعیت و ایجاد خطا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک گردد. این مسئله توسط فانک و همکاران (۲۰۱۵) به‌عنوان یکی از نقاط ضعف اساسی الگوریتم CHIRPS مطرح شده است (Funk et al., 2015). همچنین باید توجه داشت که تعداد مشاهدات ایستگاهی روزانه‌ای که محصول ماهواره‌ای CHIRPS در الگوریتم خود استفاده می‌کند، از سالی به سال دیگر متغیر بوده و بنابراین خروجی آن نیز می‌تواند متغیر باشد (Montes et al., 2021).

در اکثر ایستگاه‌ها در مقیاس روزانه کمتر از ۴ میلی‌متر در روز، در مقیاس ماهانه کمتر از ۱۵ میلی‌متر در ماه و در مقیاس سالانه کمتر از ۶۰ میلی‌متر در سال است. مقدار ME در جدول ۳ نشان می‌دهد که به‌طور کلی میزان بارش تخمین زده شده توسط CHIRPS در ایستگاه‌های کوهستانی بیش برآورد و در ایستگاه‌های دشت کم‌برآورد داشته است که مشابه با نتایج مطالعات پیشین است (Messmer et al., 2021; Geleta et al., 2021; Nawaz et al., 2021). با این حال سعیدی زند و همکاران (۲۰۱۸) با ارزیابی بارش CHIRPS در دوره ۱۰ ساله ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ نشان دادند که این محصول به‌طور کلی مقدار بارش را بیشتر از ایستگاه‌ها برآورد می‌کند (Saeidizand et al., 2018). بر اساس جدول ۴، تعداد روزهای بارانی CHIRPS نیز از تعداد روزهای بارانی ایستگاه‌ها بیشتر است. این مسئله می‌تواند بر میزان ضریب همبستگی و RMSE تأثیر قابل توجهی داشته باشد (میان‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین با توجه به عدم هم‌زمانی بارش تخمین زده شده توسط CHIRPS و بارش ثبت‌شده در ایستگاه‌ها، در مقیاس ماهانه و سالانه مقادیر RMSE و ME بالایی دیده می‌شود (میان‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۲). برخی مطالعات گذشته نیز نشان داده است که محصولات ماهواره‌ای از جمله CHIRPS در تخمین مقدار و زمان بارش در مقیاس روزانه از دقت مناسبی برخوردار نیستند، اما در مقیاس ماهانه عملکرد بهتری دارند (Dembélé et al., 2016; Rivera et al., 2018; Nawaz et al., 2021; Ghizat et al., 2021; Oliveira - Júnior et al., 2021; Guo et al., 2017).

جدول ۱- مقایسه بارش محصول CHIRPS با بارش ایستگاه‌های منتخب با استفاده از شاخص‌های آماری طبقه‌بندی

ایستگاه	POD	FAR	CSI
انار	0/04	0/83	0/03
ایرانشهر	0/04	0/74	0/04
بافت	0/08	0/64	0/07
بم	0/03	0/86	0/03
خاش	0/06	0/67	0/05
زابل	0/04	0/80	0/03
زاهدان	0/08	0/60	0/07
زرند	0/06	0/73	0/05
زهک	0/03	0/82	0/03
سراوان	0/05	0/74	0/04
سیرجان	0/05	0/74	0/04
شهداد	0/02	0/89	0/02
شهربابک	0/05	0/75	0/05
کرمان	0/08	0/68	0/07
کهنوج	0/04	0/78	0/04
لاله‌زار	0/08	0/70	0/07

جدول ۲- مقایسه بارش محصول CHIRPS با بارش ایستگاه‌های منتخب با استفاده از آماره‌های  $R^2$  و PCC

ایستگاه	روزانه		ماهانه		سالانه	
	PCC	$R^2$	PCC	$R^2$	PCC	$R^2$
انار	0/13	0/02	0/64	0/38	0/45	0/21
ایرانشهر	0/40	0/16	0/77	0/56	0/80	0/64
بافت	0/35	0/12	0/89	0/78	0/89	0/78
بم	0/13	0/02	0/75	0/54	0/44	0/19
خاش	0/42	0/18	0/83	0/67	0/75	0/56
زابل	0/18	0/03	0/77	0/57	0/78	0/61
زاهدان	0/20	0/04	0/73	0/52	0/78	0/61
زرند	0/21	0/04	0/85	0/71	0/74	0/54
زهک	0/16	0/03	0/76	0/56	0/57	0/33
سراوان	0/25	0/06	0/64	0/39	0/42	0/18
سیرجان	0/32	0/10	0/85	0/70	0/77	0/59
شهداد	0/12	0/01	0/63	0/37	0/32	0/10
شهربابک	0/26	0/07	0/82	0/65	0/80	0/64
کرمان	0/23	0/05	0/85	0/70	0/64	0/41
کهنوج	0/24	0/06	0/81	0/64	0/67	0/45
لاله‌زار	0/25	0/06	0/82	0/65	0/74	0/55

جدول ۳- مقایسه بارش محصول CHIRPS با بارش ایستگاه‌های منتخب با استفاده از آماره‌های ME و RMSE

ایستگاه	روزانه		ماهانه		سالانه	
	ME	RMSE	ME	RMSE	ME	RMSE
انار	0/12	1/56	3/63	8/96	43/60	51/31
ایرانشهر	-0/03	2/07	-0/80	12/12	-9/57	34/70
بافت	-0/12	3/43	-3/62	14/88	-43/46	57/38
بم	0/05	1/40	1/50	5/91	17/99	30/23
خاش	-0/14	2/57	-4/33	17/58	-52/01	71/24
زابل	0/04	1/05	1/22	5/22	14/64	26/76
زاهدان	-0/01	1/64	-0/16	7/72	-1/91	22/35
زرند	0/12	1/91	3/68	8/74	44/11	49/91
زهک	0/00	1/12	-0/05	5/06	-0/55	22/25
سراوان	-0/06	2/26	-1/79	12/96	-21/53	48/27
سیرجان	0/01	2/36	0/42	9/67	4/99	30/75
شهداد	0/23	1/49	7/13	12/80	85/59	89/21
شهربابک	0/05	2/33	1/63	10/42	19/55	41/75
کرمان	0/15	2/17	4/44	10/10	53/22	61/35
کهنوج	-0/15	3/46	-4/58	17/72	-54/97	84/15
لاله‌زار	0/07	3/48	2/17	14/70	26/03	45/22

جدول ۴- مقایسه تعداد روزهای بارانی تخمین زده شده توسط CHIRPS و ثبت شده در ایستگاهها

ایستگاه	متوسط تعداد روزهای بارانی	
	اندازه گیری شده	CHIRPS
انار	8	25
ایران شهر	9	19
بافت	16	23
بم	7	26
خاش	11	18
زابل	8	21
زاهدان	14	19
زرنند	12	25
زهک	6	19
سراوان	9	19
سیرجان	11	22
شهداد	5	24
شهربابک	12	24
کرمان	15	24
کهنوج	8	20
لاله زار	15	26

### روند تغییرات بارش

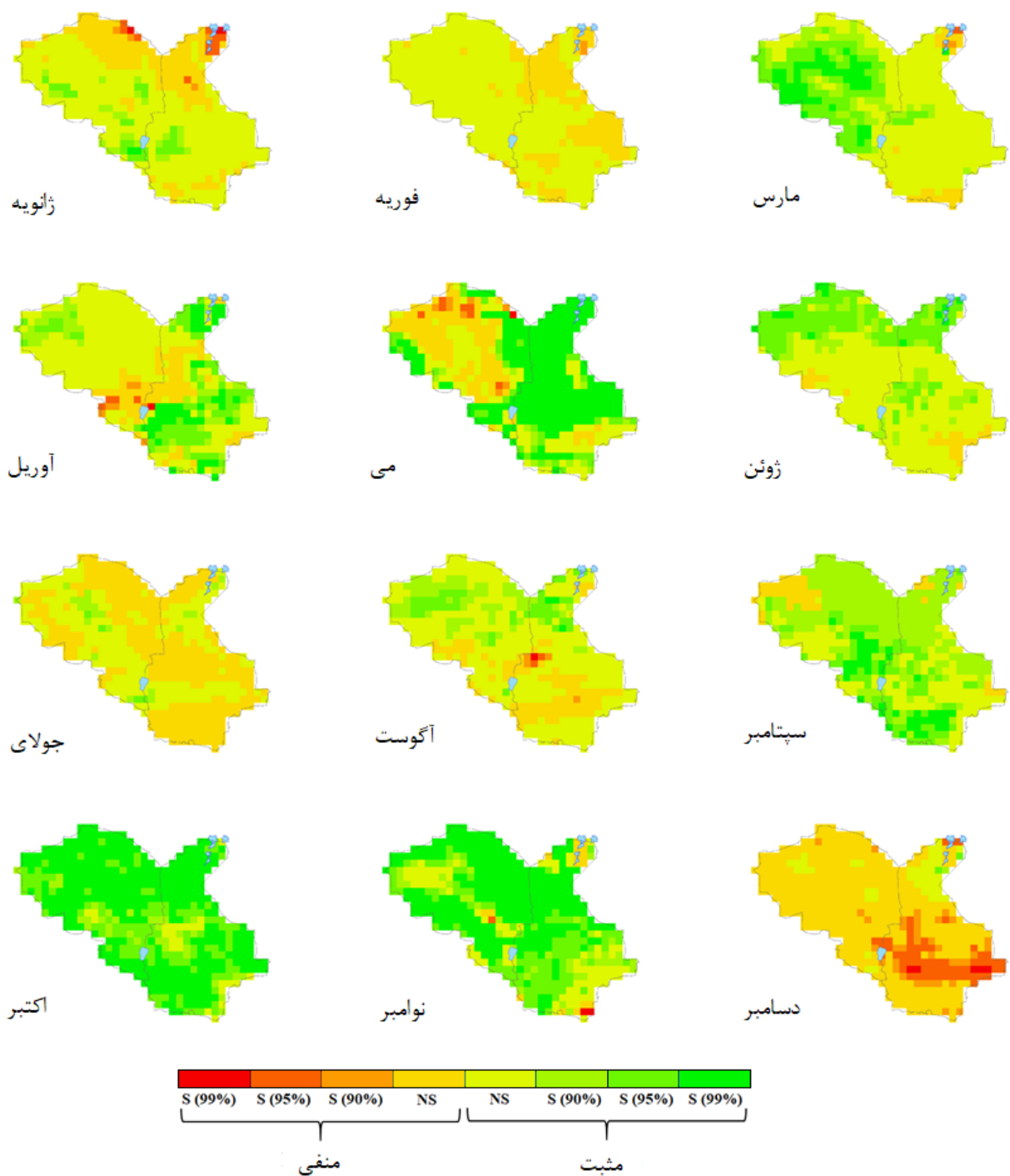
با توجه به اینکه مقادیر بارش تخمین زده شده توسط CHIRPS در مقیاس ماهانه و سالانه از دقت قابل قبولی برخوردار است، از آن برای بررسی روند تغییرات بارش در مقیاس مکانی و زمانی در جنوب شرق کشور استفاده شد. شکل ۲ توزیع مکانی مقدار Z را برای دوره ۴۰ ساله مورد بررسی (۱۹۸۱-۲۰۲۰) و در مقیاس ماهانه نشان می دهد. بر اساس این شکل مقدار بارش تقریباً در تمام ماهها روند افزایشی داشته است. در برخی از ماهها نیز روند کاهشی دیده می شود که به جز ماه دسامبر، در بقیه موارد این روند کاهشی معنی دار نیست. روند بارش در اطراف تالاب هامون تنها در ماه ژانویه و دسامبر کاهش معنی دار دارد و در بقیه ماهها روند یا افزایشی بوده و یا در صورت کاهشی بودن، کاهش آن معنی دار نیست. در محدوده تالاب جازموریان نیز روند بارش افزایشی بوده است؛ بنابراین خشک شدن این دو تالاب را نمی توان تنها به کاهش بارش در این دو منطقه نسبت داد. با توجه به شکل ۳، بارش فصلی و سالانه نیز به جز در بخش هایی از جنوب سیستان و بلوچستان در فصل پاییز، روند افزایشی دارد. شکل ۴ روند میانگین بارش کل هر دو استان در همه مقیاس های زمانی را نشان می دهد که نتایج شکل ۳ را تأیید می کند. افزایش بارش در فصل زمستان می تواند به دلیل تغییر شکل بارش از برف به باران باشد که در اثر افزایش دما رخ می دهد. این مسئله می تواند باعث کاهش پوشش برفی به ویژه در مناطق کوهستانی و

کاهش جریان آب رودخانه ها در فصل بهار شود.

شکل ۵ روند تغییرات بارش را به تفکیک ۱۰ ساله نشان می دهد. این شکل نشان می دهد که در دوره ۱۰ ساله اول (۱۹۸۱-۱۹۹۰) مقدار بارش روند کاهشی داشته است، اما از ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰ در همه دوره های ۱۰ ساله، روند بارش افزایشی بوده است. بر اساس این شکل کمترین مقدار بارش در استان کرمان در سال ۱۹۸۵ و در استان سیستان و بلوچستان در سال ۲۰۰۲ رخ داده است. بیشترین مقدار بارش نیز در هر دو استان در سال ۲۰۱۹ بوده است. متوسط بارش استان کرمان در هر کدام از این دهه ها به ترتیب ۹۳، ۱۰۴، ۱۱۵ و ۱۲۵ میلی متر است. این مقادیر برای استان سیستان و بلوچستان به ترتیب ۷۶، ۷۳، ۷۹ و ۸۵ میلی متر است. ملاحظه می شود که مقدار بارش در هر دهه نسبت به دهه قبل افزایش داشته است.

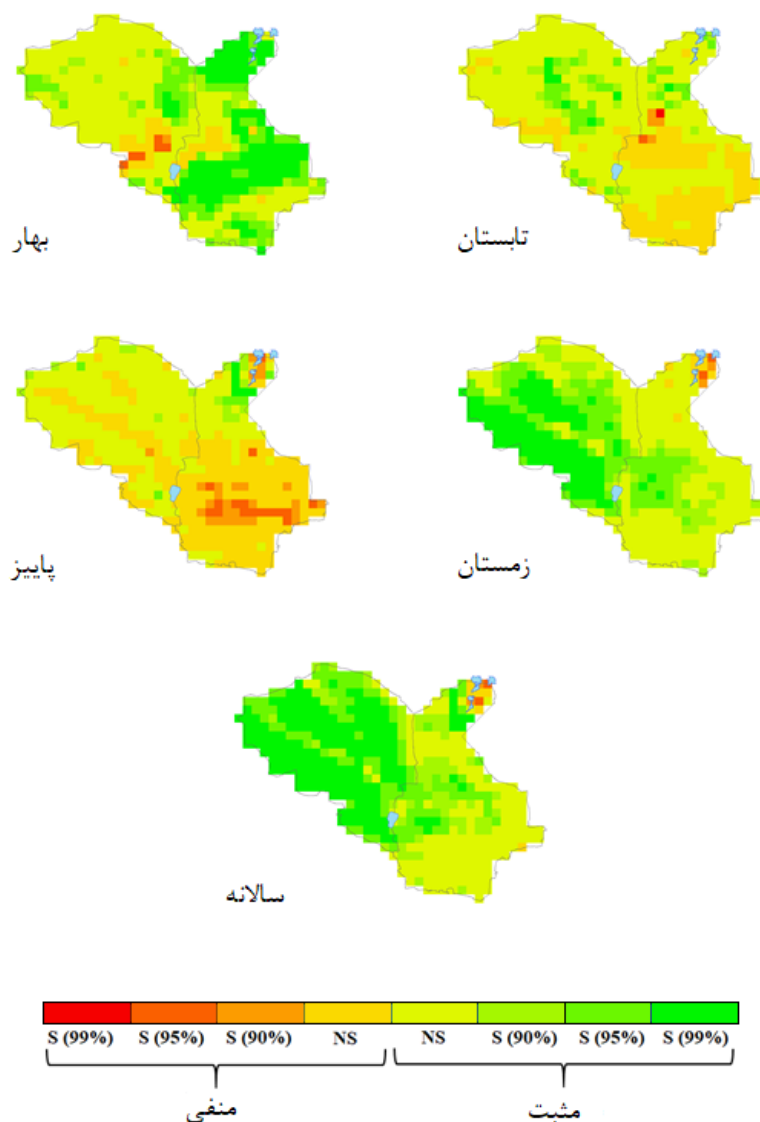
شکل ۶ تغییرات بارش و مساحت آبی دو تالاب جازموریان و هامون را نشان می دهد. بر اساس این شکل، تغییرات سطح دریاچه ها (به دست آمده از تصاویر ماهواره ای Landsat) تبعیت چندانی از تغییرات میزان بارش ندارد. به عنوان مثال در سال هایی که بارش منطقه از بارش متوسط بیشتر بوده است، میزان آب تالابها کمتر و حتی در مواردی کاملاً خشک بوده است. در مورد تالاب هامون مشاهده می شود که علیرغم اینکه بارش در سال ۲۰۱۹ بسیار بیشتر از سال های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۴ بوده است (حدود دو برابر)، اما سطح آب تالاب در این سال بسیار کمتر بوده است (حدود یک چهارم). این شکل نیز نشان می دهد که تغییرات بارش نمی تواند تنها عامل مؤثر

بر کاهش آب تالاب‌ها باشد و باید عوامل دیگر به‌ویژه نقش فعالیت‌های انسانی را نیز در نظر گرفت.



شکل ۲- توزیع مکانی مقادیر Z در مقیاس ماهانه برای دوره ۱۹۸۱-۲۰۲۰



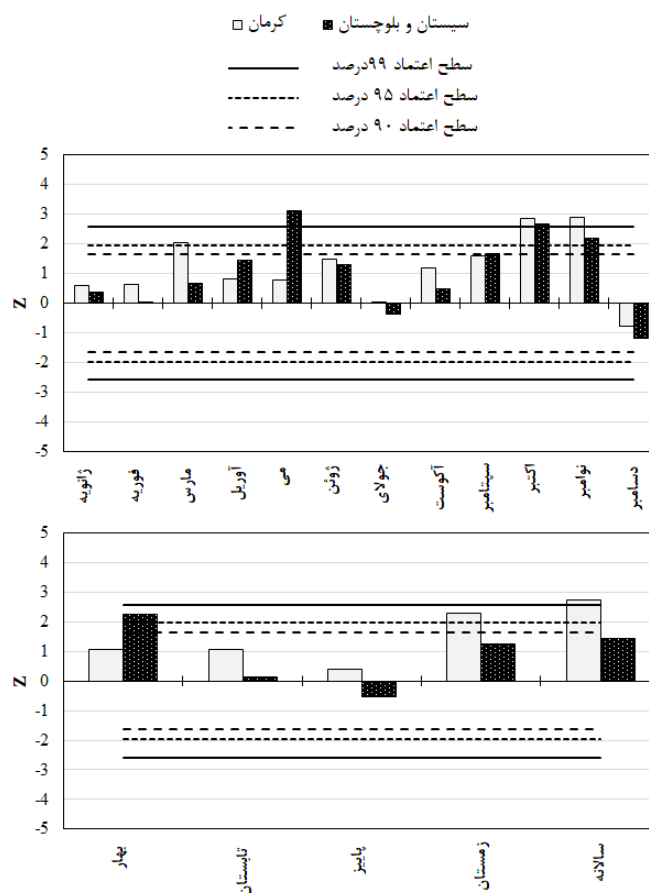


شکل ۳- توزیع مکانی مقادیر Z در مقیاس فصلی و سالانه برای دوره ۱۹۸۱-۲۰۲۰

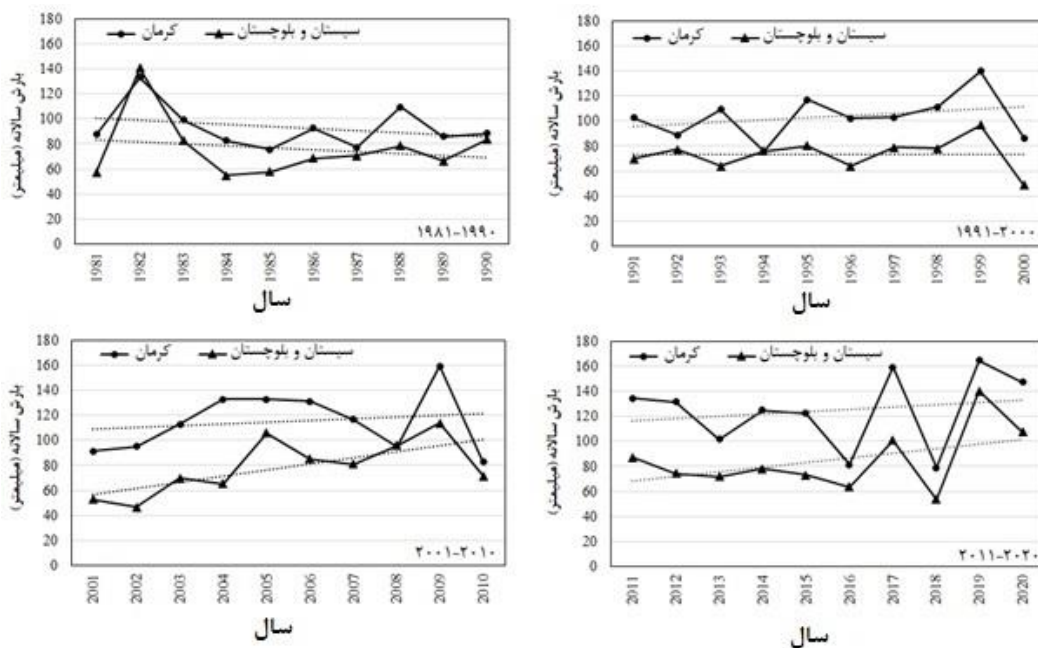
### نتیجه گیری

همبستگی خوبی دارد؛ بنابراین می توان از آن برای بررسی روند بارش ماهانه و سالانه استفاده نمود. نتایج بررسی روند نشان داد که به طور کلی بارش در منطقه جنوب شرق کشور در فاصله سال های ۱۹۸۱ تا ۲۰۲۰ در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه افزایش داشته است و یا در صورت کاهش بودن، کاهش آن معنی دار نبوده است. افزایش بارش در فصل زمستان می تواند به دلیل تغییر شکل بارش از برف به باران باشد که در اثر افزایش دما رخ می دهد. این مسئله می تواند باعث کاهش پوشش برفی به ویژه در مناطق کوهستانی و کاهش ذخیره برف و در نتیجه کاهش جریان آب رودخانه ها در فصل بهار شود. با توجه به نتایج به دست آمده، کاهش سطح آب تالاب ها نمی تواند تنها ناشی از تغییرات بارش باشد و بنابراین باید نقش سایر عوامل و به ویژه فعالیت های انسانی را نیز در نظر گرفت.

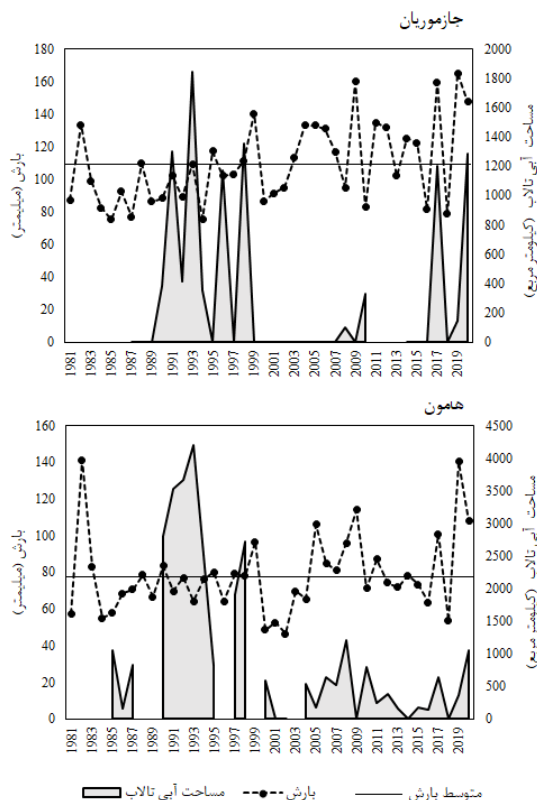
با توجه به کاهش سطح آب در دو تالاب مهم در جنوب شرق کشور در سال های اخیر و تبعات مختلف آن، در این مقاله، تغییرات بارش در این منطقه شامل استان های کرمان و سیستان و بلوچستان تحلیل شد تا نقش تغییرات بارش در کاهش آب این دو تالاب مورد بررسی قرار گیرد. به این منظور از بارش تخمین زده شده محصول ماهواره ای CHIRPS استفاده شد. پیش از استفاده این محصول، دقت آن در تخمین بارش روزانه، ماهانه و سالانه در مقایسه با داده های بارش ایستگاه های همدیدی بررسی شد. نتایج نشان داد که دقت CHIRPS در تخمین بارش روزانه چندان مناسب نبوده، اما در مقیاس ماهانه و سالانه بارش تخمینی با بارش ایستگاه ها



شکل ۴- روند تغییرات بارش در مقیاس ماهانه (بالا) و فصلی و سالانه (پایین) به تفکیک هر استان در دوره ۱۹۸۱-۲۰۲۰



شکل ۵- روند تغییرات بارش به تفکیک استان‌ها در چهار دهه متوالی



شکل ۶- مقایسه بارش و مساحت آبی تالابها

آب و خاک. ۲۷ (۵): ۹۲۷-۹۱۹.

گرچی زاده، ع.، آخوند علی، ع. م.، شهبازی، ع. و مریدی، ع. ۱۳۹۸. مقایسه و ارزیابی بارش برآورد شده توسط مدل‌های ERA-Interim و PERSIANN-CDR در بالادست سد مارون. تحقیقات منابع آب ایران. ۱۵ (۱): ۲۶۷-۲۷۹.

Aadhar, S. and Mishra, V. 2017. High-resolution near real-time drought monitoring in South Asia. Scientific Data. 4(1): 170145.

Ashouri, H., Hsu, K.L., Sorooshian, S., Braithwaite, D.K., Knapp, K.R., Cecil, L.D., Nelson, B.R. and Prat, O.P. 2015. PERSIANN-CDR: Daily Precipitation Climate Data Record from Multisatellite Observations for Hydrological and Climate Studies. American Meteorological Society. 96: 69-84.

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.

البته باید توجه داشت که بیلان آب تالابها تنها به بارش بستگی ندارد و در تخمین رواناب و جریان آب ورودی به تالابها باید مؤلفه‌های دیگری همچون نفوذ، ذوب برف، تبخیر و آب ذخیره‌شده در حوضه را نیز در نظر گرفت. تغییرات سطح زیر کشت و آبیاری شده نیز که جزوی از فعالیت‌های انسانی است، باید موردتوجه قرار گیرد. برای بررسی این مؤلفه‌ها نیز می‌توان از محصولات ماهواره‌ای و فن سنجش از دور استفاده کرد.

## تشکر و قدردانی

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی شماره ۷/ص/۰۰/۲۴۰۹ با استفاده از اعتبارات پژوهشی- پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران انجام شده است.

## منابع

میان‌آبادی، آ.، علیزاده، ا.، ثنایی نژاد، ح.، بنایان اول، م. و فرید حسینی، ع. ۱۳۹۲. ارزیابی آماری خروجی مدل CMORPH در برآورد بارش شمال شرق ایران (مطالعه موردی: خراسان شمالی).

- 1–21.
- Gao, F. et al. 2018. Evaluation of CHIRPS and its application for drought monitoring over the Haihe River Basin, China. *Natural Hazards*. 92(1): 155–172.
- Gebrechorkos, S.H., Hülsmann, S. and Bernhofer, C. 2019. Changes in temperature and precipitation extremes in Ethiopia, Kenya, and Tanzania. *International Journal of Climatology*. 39(1): 18–30.
- Geleta, C.D. and Deressa, T.A. 2021. Evaluation of Climate Hazards Group InfraRed Precipitation Station (CHIRPS) <scp>satellite-based</scp> rainfall estimates over Finchaa and Neshe Watersheds, Ethiopia. *Engineering Reports*. 3(6): 1–16.
- Ghozat, A., Sharafati, A. and Hosseini, S.A. 2021. Long-term spatiotemporal evaluation of CHIRPS satellite precipitation product over different climatic regions of Iran. *Theoretical and Applied Climatology*. 143(1–2): 211–225.
- Greve, P., Orlowsky, B., Mueller, B., Sheffield, J., Reichstein, M. and Seneviratne, S.I. 2014. Global assessment of trends in wetting and drying over land. *Nature Geoscience* 7(10): 716–721.
- Guo, H., Bao, A., Liu, T., Ndayisaba, F., He, D., Kurban, A. and De Maeyer, P. 2017. Meteorological Drought Analysis in the Lower Mekong Basin Using Satellite-Based Long-Term CHIRPS Product. *Sustainability*. 9(6): 901.
- Heathcote, R. 1983. *The arid lands: their use and abuse*. Longman, New York.
- Hong, Y., Hsu, K.-L., Sorooshian, S. and Gao, X. 2004. Precipitation Estimation from Remotely Sensed Imagery Using an Artificial Neural Network Cloud Classification System. *Journal of Applied Meteorology*. 43(12): 1834–1853.
- Hsu, K.-L., Gao, X., Sorooshian, S. and Gupta, H. V. 1997. Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks. *Journal of Applied Meteorology*. 36: 1176–1190.
- Huffman, G.J. et al. 2006. The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales. *Journal of Hydrometeorology*. 8: 38–55.
- Bai, L., Shi, C., Li, L., Yang, Y. and Wu, J. 2018. Accuracy of CHIRPS Satellite-Rainfall Products over Mainland China. *Remote Sensing*. 10(3): 362.
- Beck, H.E., Vergopolan, N., Pan, M., Levizzani, V., Van Dijk, A.I., Weedon, G.P., Brocca, L., Pappenberger, F., Huffman, G.J. and Wood, E.F. 2017. Global-scale evaluation of 22 precipitation datasets using gauge observations and hydrological modeling. *Hydrology and Earth System Sciences*. 21(12): 6201–6217.
- Bichet, A. and Diedhiou, A. 2018. West African Sahel has become wetter during the last 30 years, but dry spells are shorter and more frequent. *Climate Research*. 75(2): 155–162.
- Burroughs, W. 2003. *Climate: Into the 21st Century*. Cambridge, UK,,: Cambridge University Press.
- Cavalcante, R.B.L., da Silva Ferreira, D.B., Pontes, P.R.M., Tedeschi, R.G., da Costa, C.P.W. and de Souza, E.B. 2020. Evaluation of extreme rainfall indices from CHIRPS precipitation estimates over the Brazilian Amazonia. *Atmospheric Research* 238: 104879.
- Degefu, M.A., Alamirew, T., Zeleke, G. and Bewket, W. 2019. Detection of trends in hydrological extremes for Ethiopian watersheds, 1975–2010. *Regional Environmental Change: Online Published*.
- Dembélé, M. and Zwart, S.J. 2016. Evaluation and comparison of satellite-based rainfall products in Burkina Faso, West Africa. *International Journal of Remote Sensing*. 37(17): 3995–4014.
- Dinku, T., Funk, C., Peterson, P., Maidment, R., Tadesse, T., Gadain, H. and Ceccato, P. 2018. Validation of the CHIRPS satellite rainfall estimates over eastern Africa. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 144: 292–312.
- Duan, Z., Liu, J., Tuo, Y., Chiogna, G. and Disse, M. 2016. Evaluation of eight high spatial resolution gridded precipitation products in Adige Basin (Italy) at multiple temporal and spatial scales. *Science of The Total Environment*. 573: 1536–1553.
- Ebert, E.E., Janowiak, J.E. and Kidd, C. 2007. Numerical Models. *Bulletin American Meteorological Society*. 88: 47–64.
- Funk, C. et al. 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*. 2:

- Montes, C., Acharya, N., Hassan, S.M.Q. and Krupnik, T.J. 2021. Intense precipitation events during the monsoon season in Bangladesh as captured by satellite-based products. *Journal of Hydrometeorology* 22: 1405–1419.
- Nalley, D., Adamowski, J., Khalil, B. and Ozga-Zielinski, B. 2013. Trend detection in surface air temperature in Ontario and Quebec, Canada during 1967–2006 using the discrete wavelet transform. *Atmospheric Research* 132–133: 375–398.
- Nawaz, M., Iqbal, M.F. and Mahmood, I. 2021. Validation of CHIRPS satellite-based precipitation dataset over Pakistan. *Atmospheric Research* 248: 105289.
- Nguyen, P., Ombadi, M., Gorooh, V.A., Shearer, E.J., Sadeghi, M., Sorooshian, S., Hsu, K., Bolvin, D. and Ralph, M.F. 2020. PERSIANN Dynamic Infrared-Rain Rate (PDIR-Now): A Near-Real-Time, Quasi-Global Satellite Precipitation Dataset. *Journal of Hydrometeorology* 21(12): 2893–2906.
- de Oliveira-Júnior, J.F., da Silva Junior, C.A., Teodoro, P.E., Rossi, F.S., Blanco, C.J.C., Lima, M., de Gois, G., Correia Filho, W.L.F., de Barros Santiago, D. and dos Santos Vanderley, M.H.G. 2021. Confronting CHIRPS dataset and in situ stations in the detection of wet and drought conditions in the Brazilian Midwest. *International Journal of Climatology*: 1–16.
- Oliver-Smith, A. 2012. Debating environmental migration: society, nature and population displacement in climate change. *Journal of International Development* 24(8): 1058–1070.
- Paredes Trejo, F.J., Barbosa, H.A., Peñaloza-Murillo, M.A., Alejandra Moreno, M. and Farías, A. 2016. Intercomparison of improved satellite rainfall estimation with CHIRPS gridded product and rain gauge data over Venezuela. *Atmosfera* 29(4): 323–342.
- Perdigón-Morales, J., Romero-Centeno, R., Pérez, P.O. and Barrett, B.S. 2018. The midsummer drought in Mexico: perspectives on duration and intensity from the CHIRPS precipitation database. *International Journal of Climatology* 38(5): 2174–2186.
- Pingale, S.M., Khare, D., Jat, M.K. and Adamowski, J. 2014. Spatial and temporal trends of mean and extreme rainfall and temperature for the 33 urban centers of the arid and semi-arid state of Rajasthan, India. *Atmospheric Research* 138: 73–90.
- Joyce, R.J., Janowiak, J.E., Arkin, P.A. and Xie, P. 2004. CMORPH: A Method that Produces Global Precipitation Estimates from Passive Microwave and Infrared Data at High Spatial and Temporal Resolution. *Journal of Hydrometeorology*. 5: 487–503.
- Katsanos, D., Retalis, A. and Michaelides, S. 2016. Validation of a high-resolution precipitation database (CHIRPS) over Cyprus for a 30-year period. *Atmospheric Research*. 169: 459–464.
- Katsanos, D., Retalis, A., Tymvios, F. and Michaelides, S. 2016. Analysis of precipitation extremes based on satellite (CHIRPS) and in situ dataset over Cyprus. *Natural Hazards*. 83(April): 53–63.
- Kendall, M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*. London, UK: Charles Griffin.
- Mann, H.B. 1945. Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*. 13(3): 245–259.
- Messmer, M., González-Rojí, S.J., Raible, C.C. and Stocker, T.F. 2021. Sensitivity of precipitation and temperature over the Mount Kenya area to physics parameterization options in a high-resolution model simulation performed with WRFV3.8.1. *Geoscientific Model Development* 14(5): 2691–2711.
- Mianabadi, A., Shirazi, P., Ghahraman, B., Coenders-Gerrits, A.M.J., Alizadeh, A. and Davary, K. 2019. Assessment of short- and long-term memory in trends of major climatic variables over Iran: 1966–2015. *Theoretical and Applied Climatology* 135(1–2): 677–691.
- Mianabadi, A., Davary, K., Kolahi, M. and Fisher, J. 2021. Water/climate nexus environmental rural-urban migration and coping strategies. *Journal of Environmental Planning and Management*: 1–25.
- Mianabadi, A., Davary, K., Mianabadi, H. and Karimi, P. 2020. International Environmental Conflict Management in Transboundary River Basins. *Water Resources Management* 34(11): 3445–3464.
- Mianabadi, H., Mostert, E. and Van De Giesen, N. 2015. Trans-boundary River Basin Management: Factors Influencing the Success or Failure of International Agreements. In W. K. Hipel, L. Fang, J. Cullmann, & M. Bristow (eds) *Conflict Resolution in Water Resources and Environmental Management*, 133–143. Heidelberg: Springer

- 1505–1514.
- Saeidizand, R., Sabetghadam, S., Tarnavsky, E. and Pierleoni, A. 2018. Evaluation of CHIRPS rainfall estimates over Iran. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 144(S1): 282–291.
- UNFCCC. 2007. *Climate Change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries*. United Nations Framework Convention on Climate Change: 68.
- Zambrano, F., Wardlow, B. and Tadesse, T. 2016. Evaluating satellite-derived long-term historical precipitation datasets for drought monitoring in Chile. In C. M. U. Neale & A. Maltese (eds) *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XVIII*, 9998, 999823.
- Prakash, S. 2019. Performance assessment of CHIRPS, MSWEP, SM2RAIN-CCI, and TMPA precipitation products across India. *Journal of Hydrology* 571: 50–59.
- Rivera, J.A., Hinrichs, S. and Marianetti, G. 2019. Using CHIRPS Dataset to Assess Wet and Dry Conditions along the Semiarid Central-Western Argentina. *Advances in Meteorology* 2019: 1–18.
- Rivera, J.A., Marianetti, G. and Hinrichs, S. 2018. Validation of CHIRPS precipitation dataset along the Central Andes of Argentina. *Atmospheric Research* 213: 437–449.
- Romilly, T.G. and Gebremichael, M. 2011. Evaluation of satellite rainfall estimates over Ethiopian river basins. *Hydrology and Earth System Sciences* 15(5):

## Evaluation of CHIRPS Satellite Product for Trend Analysis of Precipitation in the Southeast of Iran

A. Mianabadi<sup>1\*</sup>, Kh. Salari<sup>2</sup>, Y. Pourmohamad<sup>3</sup>  
Received: Jan.03, 2022 Accepted: Apr.16, 2022

### Abstract

The significant reduction in water volume of the two important wetlands of Hamoun and Jazmourian in the arid region of the southeast of the country has had several economic, social, and environmental consequences. Although the reduction of water in these two wetlands is influenced by climatic and human factors, often climate change, especially the decrease in rainfall is considered as the main factor. Therefore, in this study, the trend of precipitation changes in the southeastern region of the country is investigated using the CHIRPS satellite product. To evaluate the accuracy of CHIRPS compared to station precipitation data, the Categorical Statistical Indices including Probability of Detection (POD), False Alarm ratio (FAR) and Critical Success Index (CSI) and statistical criteria including coefficient of determination ( $R^2$ ), Pearson correlation coefficient (PCC), root mean square error (RMSE) and mean error (ME) were used in three time scales: daily, monthly and annual. The results showed that this product does not have good accuracy in detecting the number of rainy and non-rainy days ( $POD < 0.2$ ,  $CSI < 0.2$ ,  $FAR > 0.6$ ). This product does not provide an accurate estimate of daily precipitation ( $R^2 < 0.2$  and  $PCC < 0.4$ ), but has relatively good accuracy on a monthly and annual scale ( $R^2 > 0.6$  and  $PCC > 0.8$ ). The trend analysis of precipitation in the southeastern region of the country showed that in general, the amount of precipitation on a monthly, seasonal and annual scale has been increasing, or in some cases insignificant decreasing, during the last 40 years. Accordingly, the decrease in the water level of wetlands cannot be due only to changes in rainfall, and the role of other factors, especially human activities should be considered.

**Keywords:** CHIRPS, Climate change, Drought, Precipitation

1- Department of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

2- Water Sciences and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Department of Civil Engineering, Boise State University, Boise, Idaho, USA

(\*- Corresponding Author Email: a.mianabadi@kgut.ac.ir)