

ارزیابی داده‌های بارش CHIRPS در تحلیل روند مشخصه‌های بارش در نواحی اقلیمی مختلف ایران

شاهین شبیری^۱، احمد شرافتی^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد، گروه مدیریت ساخت و آب، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

۲- استادیار، گروه مدیریت ساخت و آب، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

چکیده

بارندگی یکی از مهم‌ترین مولفه‌های چرخه هیدرولوژیکی بوده و برآورد صحیح آن اهمیت زیادی در غلبه بر محدودیت‌ها و مشکلات پیش روی متخصصان و محققان علوم مختلف دارد. داده‌های بارش ماهواره‌ای با داشتن پوشش گسترده نقش مهمی در رفع محدودیت‌های دسترسی به اطلاعات بارش به‌ویژه در کشور های در حال توسعه دارند. در این پژوهش در فاصله زمانی سالهای ۱۹۹۷ الی ۲۰۱۷، داده‌های بارش ماهواره‌ای CHIRPS در فرمت NC4 به‌همراه داده‌های ماهواره‌ای GPCC با ایستگاه‌های مشاهداتی ۶۸گانه ایران به عنوان مرجع مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. به این دلیل که اعتبارسنجی این داده‌ها، یک مسئله مهم در تجزیه و تحلیل سری‌های هیدرولوژیکی است، لذا پس از تعیین روند داده‌های ماهواره‌ای و مشاهداتی در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه بوسیله آزمون من کندال، اعتبارسنجی داده‌ها انجام پذیرفت. مقایسه روند دو خصوصیت عمق بارش و تعداد روزهای بارانی داده‌های ماهواره‌ای و مشاهداتی با پارامترهای HSS و TSS و CSI انجام گرفت. نتایج نشان داد در ۴۱٪ از ایستگاه‌ها، روند تغییرات عمق بارش داده‌های CHIRPS بالای ۶۰٪ انطباق با روند داده‌های مشاهداتی دارد که این میزان در مقایسه با میزان انطباق داده‌های GPCC (۲۸٪) از انطباق بالاتری برخوردار می‌باشد.

کلید واژه‌ها: آزمون من کندال، داده‌های بارش ماهواره ای، CHIRPS، ایران

مقدمه

استفاده کرد و گزارش نمود در بسیاری نقاط کشور روند کاهشی بارش برف و باران وجود دارد. به منظور بررسی روند تغییرات شدت و مدت بارش‌ها، دسترسی به داده‌های دقیق و منظم بارش ضروری می‌باشد. با این حال در بسیاری از مناطق کشور، ایستگاه‌های سنجش وجود ندارند. در بسیاری موارد نیز داده‌های تهیه شده توسط ایستگاه‌های سنجش بارش، از دقت و کیفیت مطلوب برخوردار نمی‌باشند. یکی از معضلات و مشکلات جدی در اتخاذ سیاست‌های صحیح و اصولی در مدیریت منابع آب عدم وجود مطالعات دقیق و تفصیلی در مناطق فاقد داده‌های بارشی است. بمنظور جایگزینی داده‌های بارش در مناطق فاقد اطلاعات، می‌توان از داده‌های ماهواره‌ای به دست آمده از سنجش از دور ماهواره ای استفاده نمود.

به مجموعه‌ای از داده‌های اقلیمی که در شبکه‌ای منظم ارائه می‌شود داده‌های مشبک ماهواره‌ای می‌گویند، در میان این داده‌ها، اطلاعات بارش، دما، خاک، آب و سایر موارد وجود دارد. داده‌های بارش که از داده‌های مشبک ماهواره‌ای استخراج می‌گردد داده‌هایی هستند که در نقاط شبکه‌ای، ارتفاع بارش را نشان می‌دهند. در سالهای اخیر، پژوهشهای بسیاری بر روی داده‌های اقلیمی ماهواره‌ای در سطح جهانی انجام گرفته است.

Black, 2010 از داده‌های بارش ماهواره‌ای GPCC برای مدل‌سازی وقایع بارشی در گذشته و حال و آینده خاورمیانه بمنظور مطالعه تغییرات بارش استفاده کرد و نتیجه گرفت اقلیم خاورمیانه و جنوب اروپا به سمت خشکی آب و هوای بیشتر و بارش کمتر پیش می‌رود (سرمدی و شکوهی ۲۰۱۵) از داده‌های ماهواره GPCC برای مطالعات منطقه‌ای بارش بوسیله آنالیز چندگانه و روش ال مومنت در اقلیم‌های متفاوت ایران استفاده کردند، El Kenawy and McCabe, 2016 بین داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های مشاهداتی مقایسه انجام دادند و مشاهده کردند که در فصول خشک سال، روند داده‌های ماهواره‌ای با روند داده‌های مشاهداتی مطابقت کمی دارد (عبدالمنافی و همکاران، ۲۰۲۰) از داده‌های بارش ماهواره ای ECMWF برای ارزیابی مدل‌های بارش سالیانه در پیش‌بینی نرخ بارش سنگین تا متوسط ایران استفاده کردند، بر اساس این مطالعه مدل‌های پیش‌بینی بارش مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای ECMWF بهترین عملکرد را بین

امروزه بارش از مهم‌ترین عوامل چرخه هیدرولوژیکی بوده به گونه‌ای که تغییرات اقلیمی، خشکسالی و حتی بازده محصولات کشاورزی در ارتباط با تغییرات توزیع و شدت بارش در مناطق گوناگون می‌باشد (شریفی، ۲۰۱۹) به همین دلیل برآورد دقیق میزان بارش بمنظور آمادگی جهت مقابله با نتایج ناشی از تغییرات چرخه هیدرولوژی و اقلیم ضروری است. مخاطراتی چون وقوع سیلاب های شدید، تغییرات دمایی نابهنگام، وقوع خشکسالی های طولانی، بالا آمدن آب اقیانوس‌ها، افزایش بیماری و آفات گیاهی، از بین رفتن تدریجی لایه ازن، گرمایش زمین، ذوب یخچال‌ها و سایر موارد باعث می‌شود که امروزه تغییرات اقلیمی بیش از پیش در جهان مطرح گردد.

یکی از روش‌های متداول جهت تحلیل و بررسی تغییرات اقلیمی مطالعه روند بارش‌ها در سری زمانی مشخص در حوضه‌های مورد مطالعه است. پژوهشگران بمنظور تعیین و تحلیل و بررسی روند تغییرات بارش از روشهای مختلف پارامتری و غیرپارامتری استفاده می‌کنند. در میان آزمون‌های تشخیص روند غیر پارامتری، آزمون من کندال روش مناسبی است، بخصوص هنگامی که داده‌های آزمون به داده‌های هیدرولوژی مربوط باشد.

Onoz at el, 2003 در پژوهشی به بررسی قابلیت آزمون‌های آماری در تعیین روند داده‌ها پرداخت و نشان داد آزمون من کندال از آزمون پارامتری تی عملکرد بهتری دارد (قهرمان، ۲۰۱۴) استفاده از دو آزمون غیرپارامتری من کندال و کندال را برای تشخیص روند مورد بررسی قرار داد و گزارش کرد در هر دو آزمون روند افزایش تغییرات دمای منطقه مورد مطالعه معنی‌دار است Abtew et al, 2011 برای بررسی روند تبخیر پتانسیل از آزمون من کندال استفاده کرد و گزارش کرد که روند تبخیر در بازه زمانی مورد مطالعه در جنوب فلوریدا افزایشی بوده است (صفاری، ۲۰۱۲) از دو آزمون کندال و من کندال جهت بررسی دمای متوسط ۵۰ سال اخیر در ایستگاه‌های سنجش در رواندا استفاده کرد و گزارش نمود روند کاهشی دما در منطقه مورد مطالعه وجود نداشته است (عراقی و همکاران، ۲۰۲۰) از آزمون من کندال برای مطالعه نرخ بارش برف و باران در ۳۳ ایستگاه سینوپتیک ایران

مدل‌های پیش‌بینی دارند (Derin and Yilmaz, 2014). داده‌های بارش ماهواره‌ای را در مناطقی با توپوگرافی پیچیده ارزیابی کردند، بر این اساس هر داده ماهواره‌ای با توجه به روشی که در تهیه داده‌ها استفاده می‌شود، عملکرد متفاوتی نشان می‌دهد (شریفی و همکاران، ۲۰۱۶). به ارزیابی و مقایسه داده‌های ماهواره‌ای با داده‌های مشاهداتی در شرایط متفاوت اقلیمی و ارتفاعی کشور ایران پرداخت. بر این اساس داده‌های بارش IMERG عملکرد بهتری نسبت به سایر داده‌های ماهواره‌ای داشتند (Pour et al., 2020). به بررسی تغییرات بارش مرتبط با زیست اقلیم‌های متفاوت پرداخت. در این پژوهش از داده‌های CRU برای بررسی روند بارش در دوره‌های گرم و سرد دما و از GPCC برای ارزیابی توزیع بارشها مبتنی بر زیست اقلیم ایران استفاده شد.

مقایسه چهار سری داده ماهواره‌ای در مطالعات خشکسالی مربوط به مناطق نیمه‌خشک ایران انجام پرداخت. بر اساس این تحقیق داده‌های ERA و MERRA عملکرد بهتری از خود نشان دادند (Abdelwares et al., 2020). از داده‌های ماهواره‌ای متفاوت برای مقایسه داده‌های بارشی و دما در حوضه شرقی رود نیل استفاده کرد. این پژوهش نشان داد داده‌های GPCC در مطالعات مربوط به بارش و داده‌های Udel در مطالعات مربوط به دما عملکرد بهتری داشتند (Li et al., 2020). از داده‌های ماهواره‌ای متفاوت برای مطالعه بارش در ارتفاعات تبت غربی استفاده کرد و بهترین سری داده برای این تحقیق را HAR گزارش نمود.

در این تحقیق از داده‌های بارش GPCC و CHIRPS به عنوان داده‌های بارش ماهواره‌ای استفاده شده است. هدف از این پژوهش، بررسی روند مطابقت داده‌های ماهواره‌ای CHIRPS در کنار داده‌های GPCC با داده‌های مشاهداتی است به‌گونه‌ای که در مقایسه با این داده‌ها، ایستگاه‌هایی با بیشترین انطباق مشخص گردد. به این منظور لازم است که روند تطابق یا عدم تطابق داده‌های ماهواره‌ای نسبت به داده‌های مشاهداتی در ۶۸ ایستگاه بررسی شود.

منطقه مورد مطالعه

کشور ایران با مساحت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع در جنوب غرب آسیا (طول جغرافیایی ۳۸N-۲۵N و عرض جغرافیایی

E44-E63) واقع شده‌است. ایران دارای دو رشته کوه اصلی با ارتفاع متغیر، به نام‌های زاگرس و البرز می‌باشد، ارتفاع بالای رشته کوه البرز مانع عبور بادهای مرطوب دریای خزر به حاشیه جنوبی این رشته کوه می‌شود. سایر مناطق کشور دارای اقلیم خشک-نیمه خشک است و عمده بارشهای کشور از آذر تا اردیبهشت ماه رخ می‌دهد. کشور ایران دارای ۶ حوضه آبریز اصلی و ۳۰ حوضه آبریز فرعی می‌باشد. ۲۲ ایستگاه از ۶۸ ایستگاه مورد مطالعه در حوضه آبریز فلات مرکزی و ۲۰ عدد در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان و ۴ عدد در حوضه آبریز مرزی شرق و ۲ ایستگاه در حوضه قروه قوم و تعداد ۶ ایستگاه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و ۱۴ ایستگاه در حوضه آبریز دریای خزر قرار دارند.

عمده بارش‌های کشور در امتداد ارتفاعات کوهستانی رخ می‌دهد. بارش‌ها به تدریج از نقاط پر بارش در شمال غرب تا نقاط کم بارش در جنوب شرق کشور کاهش می‌یابد. (مدرس و همکاران، ۲۰۰۶). بر اساس بارش، ایران را به ۸ اقلیم متفاوت تقسیم بندی نمود (شکل ۱). بر اساس نتایج این پژوهش، ناحیه G1 بیشترین مساحت کشور (۵۰٪) و کمترین بارش سالانه را در بر می‌گیرد، در این ناحیه عموماً بارشی در فصل تابستان صورت نمی‌گیرد. ناحیه G2 با مساحتی بالغ بر حدود ۱۲٪ در حاشیه نقاط پر ارتفاع قرار گرفته است و عمده بارش‌ها در این ناحیه در فصول زمستان و بهار صورت می‌گیرد. ناحیه G3 عمدتاً در شمال غربی ایران با مساحتی در حدود ۸ درصد مساحت کل ایران واقع شده است، عمده بارش‌ها در این ناحیه در فصل بهار رخ می‌دهد. ناحیه G4 با مساحتی در حدود ۱۶٪ بعد از G4 بیشترین مساحت نواحی اقلیمی مبتنی بر بارش را به خود اختصاص می‌دهد، این ناحیه مشرف به خلیج فارس بوده و عمده بارندگی‌های این ناحیه در فصل زمستان رخ می‌دهد. رشته کوه زاگرس عمده مساحت ناحیه G5 را در بر می‌گیرد، بارش‌ها در این ناحیه در فصول زمستان و بهار رخ می‌دهد. ناحیه G6 در سواحل دریای خزر با مساحتی در حدود ۳٪ واقع شده است و عمده بارش‌ها در فصل تابستان صورت می‌گیرد. نواحی G6, G7 به لحاظ جغرافیایی و فصل بارش مشابه G5, G6 می‌باشند و مجموعاً ۳٪ مساحت کل ایران را بخود اختصاص می‌دهند.

مدل‌های پیش‌بینی دارند (Derin and Yilmaz, 2014). داده‌های بارش ماهواره‌ای را در مناطقی با توپوگرافی پیچیده ارزیابی کردند، بر این اساس هر داده ماهواره‌ای با توجه به روشی که در تهیه داده‌ها استفاده می‌شود، عملکرد متفاوتی نشان می‌دهد (شریفی و همکاران، ۲۰۱۶). به ارزیابی و مقایسه داده‌های ماهواره‌ای با داده‌های مشاهداتی در شرایط متفاوت اقلیمی و ارتفاعی کشور ایران پرداخت. بر این اساس داده‌های بارش IMERG عملکرد بهتری نسبت به سایر داده‌های ماهواره‌ای داشتند (Pour et al., 2020). به بررسی تغییرات بارش مرتبط با زیست اقلیم‌های متفاوت پرداخت. در این پژوهش از داده‌های CRU برای بررسی روند بارش در دوره‌های گرم و سرد دما و از GPCC برای ارزیابی توزیع بارشها مبتنی بر زیست اقلیم ایران استفاده شد.

مقایسه چهار سری داده ماهواره‌ای در مطالعات خشکسالی مربوط به مناطق نیمه‌خشک ایران انجام پرداخت. بر اساس این تحقیق داده‌های ERA و MERRA عملکرد بهتری از خود نشان دادند (Abdelwares et al., 2020). از داده‌های ماهواره‌ای متفاوت برای مقایسه داده‌های بارشی و دما در حوضه شرقی رود نیل استفاده کرد. این پژوهش نشان داد داده‌های GPCC در مطالعات مربوط به بارش و داده‌های Udel در مطالعات مربوط به دما عملکرد بهتری داشتند (Li et al., 2020). از داده‌های ماهواره‌ای متفاوت برای مطالعه بارش در ارتفاعات تبت غربی استفاده کرد و بهترین سری داده برای این تحقیق را HAR گزارش نمود.

در این تحقیق از داده‌های بارش GPCC و CHIRPS به عنوان داده‌های بارش ماهواره‌ای استفاده شده است. هدف از این پژوهش، بررسی روند مطابقت داده‌های ماهواره‌ای CHIRPS در کنار داده‌های GPCC با داده‌های مشاهداتی است به‌گونه‌ای که در مقایسه با این داده‌ها، ایستگاه‌هایی با بیشترین انطباق مشخص گردد. به این منظور لازم است که روند تطابق یا عدم تطابق داده‌های ماهواره‌ای نسبت به داده‌های مشاهداتی در ۶۸ ایستگاه بررسی شود.

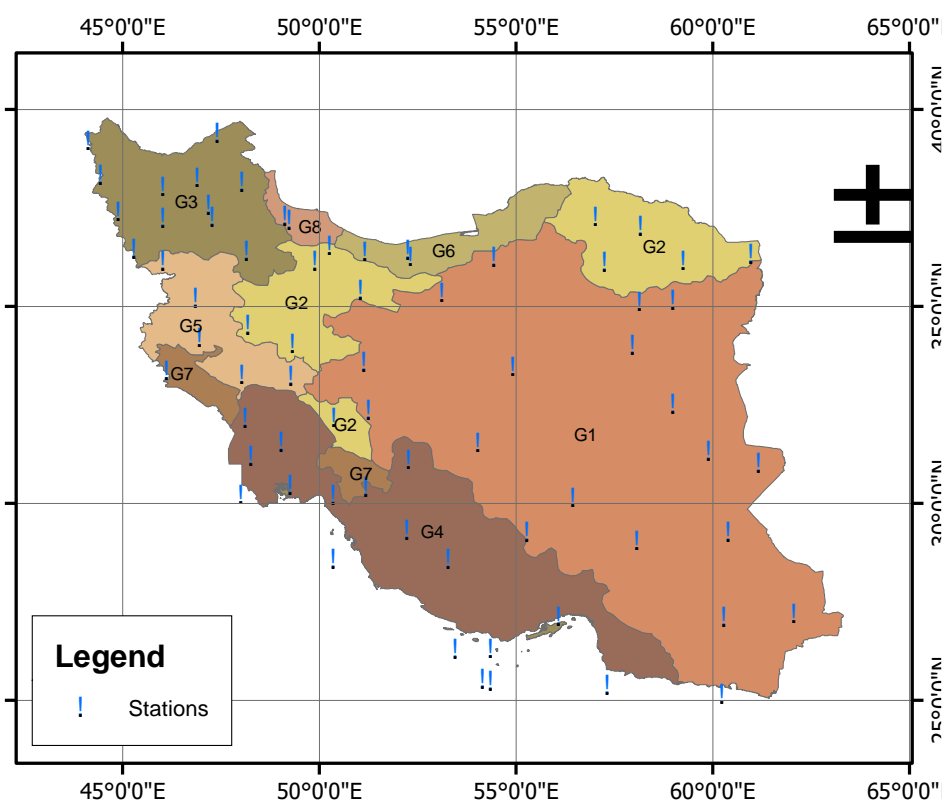
منطقه مورد مطالعه

کشور ایران با مساحت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع در جنوب غرب آسیا (طول جغرافیایی ۳۸N-۲۵N و عرض جغرافیایی

داده‌ها

در ابتدا داده‌های عمق بارش و روزهای بارانی روزانه مربوط به ۶۸ ایستگاه سینوپتیک از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. در مرحله بعد به گردآوری داده‌های بارش عمق و تعداد روزهای بارانی ماهواره GPCP و CHIRPS در فاصله زمانی سالهای ۱۹۹۷ الی ۲۰۱۷ پرداخته شد. داده‌های ماهواره‌ای برای سهولت تحقیق، به قالب فایل‌های اکسل تبدیل گردید. داده‌های تهیه شده ماهواره‌ای بصورت شبکه‌ای ارائه گردیده است. در مرحله بعد برای بدست آوردن اطلاعات بارش هریک از ۶۸ ایستگاه مورد مطالعه از روش میان‌یابی استفاده شد.

برای میان‌یابی داده‌های بارش هر ایستگاه، ابتدا ۴ نقطه که به ایستگاه مورد نظر کمترین فاصله را دارند انتخاب گردید. سپس بوسیله روش وزن دهی معکوس (IDW) بر مبنای معکوس فاصله، داده‌های عمق بارش برای هر ایستگاه محاسبه گردید. با استفاده از هر سری داده ماهواره‌ای، داده بارش مربوط به هر ۶۸ ایستگاه میان‌یابی گردید. اطلاعات میان‌یابی شده به شکل داده‌های بارش روزانه می‌باشد، لذا در مرحله بعد داده‌های روزانه به ماهانه و سالانه تبدیل گردید. از مجموع فایل‌های تهیه شده چهار مجموعه تهیه گردید که دو سری داده متعلق به عمق بارش و دو سری دیگر متعلق به تعداد روزهای بارانی می‌باشد.



شکل ۱- جانمایی ایستگاه‌های سینوپتیک و نواحی بارش

پس از محاسبه عمق و تعداد روزهای بارانی برای هر یک از ایستگاه‌های ۶۸ گانه مشاهداتی، به بررسی وجود یا عدم وجود روند در داده‌های ماهواره‌ای و مشاهداتی پرداخته شد.

روش انجام کار

برای محاسبه روند داده‌های ماهواره‌ای مشاهداتی ابتدا بوسیله آزمون من‌کنرال به مطالعه روند داده‌ها پرداخته شد. سپس در

همچنین از مجموع چهار سری داده تهیه شده، ۲ سری آنها مربوط به داده‌های مشاهداتی ایستگاه‌های ۶۸ گانه زمینی در فاصله زمانی ۱۹۹۷ الی ۲۰۱۷ است. داده‌های بارشی در دو نوع به شرح زیر تهیه گردید:

- ۱- عمق بارش روزانه که تبدیل به بارش ماهانه گردید.
- ۲- تعداد روزهای بارانی روزانه به تعداد روزهای بارانی ماهانه تبدیل گردید.

حذف پیش‌بینی‌های تصادفاً درست نشان می‌دهد Hyvärinen, 2014. مقدار پارامتر HSS از منفی بی نهایت تا ۱ متغیر بوده و ۱ بهینه ترین مقدار پارامتر HSS است. پارامتر HSS از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$HSS = \frac{2 * (ad-bc)}{[(a+c)(c+d) + (a+b)(b+d)]} \quad (۴)$$

تعریف مقادیر a,b,c,d در جدول زیر نمایش داده شده است.

$$TSS = \frac{(ad-bc)}{[(a+c)(b+d)]} \quad (۵)$$

مقادیر a,b,c,d از جدول ۱ قابل محاسبه می‌باشند.

پارامتر CSI

پارامتر CSI یا شاخص اساسی موفقیت پارامتری است که بیانگر نسبتی از رخداد مشاهداتی است که به درستی پیش‌بینی شده است. مقدار پارامتر CSI از ۰ تا ۱ متغیر بوده و ۱ بهینه ترین و صفر بدترین مقدار است. پارامتر CSI از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

(۶)

$$CSI = \frac{a}{(a+b+c)}$$

مقادیر a,b,c از جدول ۱ قابل محاسبه می‌باشند.

جدول ۱- (جدول همسانی) تعریف مقادیر a,b,c,d

داده‌های ماهواره‌ای	داده‌های مشاهداتی	
	روند دارد	روند ندارد
روند دارد	a	b
روند ندارد	c	d

یافته‌های تحقیق

به منظور نمایش نتایج پژوهش، پارامترهای HSS و TSS و CSI با توجه به تقسیم بندی مناطق ۸ گانه بارشی در حالت متوسط (میانگین پارامترهای HSS و TSS و CSI در کل ناحیه بارشی) به نمودار تبدیل شد (شکل ۲). نتایج محاسبه پارامترهای HSS و TSS و CSI در دو حالت عمق بارش و تعداد روزهای بارانی در قالب نقشه پهنه‌بندی کشور بوسیله نرم‌افزار GIS تهیه گردید (شکل ۳ و ۴).

هر ایستگاه تطابق و یا عدم تطابق روند داده‌های ماهواره‌ای و مشاهداتی مورد بررسی قرار گرفت.

آزمون من کندال

آزمون من کندال، آزمونی ناپارامتری جهت مطالعه روند داده‌ها است که اولین بار توسط من و کندال ارائه شد. در این روش فرض صفر H_0 به معنای عدم وجود روند در همه سطوح معنی داری است. پذیرش فرض H_1 به معنای عدم پذیرش فرض صفر و مبنی بر وجود روند در داده‌ها می‌باشد Kendall, 1975. در این آزمون اختلاف بین هر داده با تمام داده‌ها محاسبه شد و سپس پارامتر S مطابق رابطه (۱) به دست آمد:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i) \quad (۱)$$

در این رابطه X_j و X_i داده‌های j ام و i ام سری داده و n تعداد کل داده‌ها هستند. اگر a را $(X_j - X_i)$ در نظر بگیریم در این صورت مقدراتابع علامت یا $\text{Sgn}(a)$ در صورت مثبت بودن a برابر با ۱ و در صورت منفی بودن آن مساوی با -۱ و در صورتیکه a مساوی با صفر باشد تابع علامت ۰ خواهد بود. سپس $\text{Var}(S)$ با رابطه زیر محاسبه گردید.

$\text{Var}(S)$ برای وقتی که تعداد داده‌ها از ۱۰ بیشتر است از رابطه زیر (۲) محاسبه می‌شود:

(۲)

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18}n(n-1)(2n+5) - \sum_{r=1}^k r(r-1)(2r+5)$$

که k و n تعداد سری داده‌هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. r نیز بیانگر فراوانی داده‌های برابر در یک سری داده می‌باشد. در نهایت نیز آماره Z به کمک یکی از روابط زیر محاسبه گردید.

(۳)

$$Z = S - 1 / \sqrt{\text{Var}(S)}$$

$$Z = S + 1 / \sqrt{\text{Var}(S)}$$

پارامتر HSS

پارامتر HSS یا پارامتر امتیازدهی هایدک یکی از پارامترهای مورد استفاده محققین بویژه پژوهشگران علوم آب و هوا است، این پارامتر کسری از پیش‌بینی‌های صحیح را پس از

روند تطابق در عمق بارش

نتایج تحلیل منطقه‌ای تطابق داده‌های CHIRPS با داده‌های مشاهداتی بر اساس شکل ۳-f نشان داد، بیشترین میزان پارامتر CSI در نواحی حاشیه جنوبی زاگرس و نیز حاشیه خلیج فارس و شمال غربی کشور مشاهده گردید. کمترین مقدار هم در حاشیه دریای عمان و شمال رشته کوه البرز دیده شد.

فلاح و همکاران، ۲۰۲۰ در تحقیقی که روی داده‌های ماهواره‌ای CHIRPS انجام داد گزارش کرد داده‌های CHIRPS در مناطق جنوب غربی کشور شامل نیمه جنوبی رشته کوه زاگرس از مطابقت قابل قبولی با داده‌های مشاهداتی برخوردار هستند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. براساس شکل ۳-b بیشترین میزان پارامتر TSS در بررسی تطابق داده‌های CHIRPS و مشاهداتی، بجز یک ایستگاه در شرق کشور، تقریباً در تمام ایستگاه‌های واقع در امتداد جنوبی رشته کوه زاگرس بیشترین تطابق مشاهده گردید (مشابه نتایج بیشترین میزان محاسبه شده پارامتر CSI). کمترین میزان پارامتر TSS نیز با نتایج CSI مطابقت دارد، به این معنی که کمترین مقدار TSS در حاشیه دریای عمان و شمال رشته کوه البرز قرار گرفته است (مشابه نتایج کمترین میزان محاسبه شده پارامتر CSI).

براساس شکل ۳-d بررسی نتایج پارامتر HSS نشان داد تقریباً تمام ایستگاه‌ها با بیشترین میزان HSS در مناطق G1, G4 واقع شده‌اند. کمترین میزان پارامتر HSS به استثنا یک ایستگاه، بقیه در ایستگاه‌هایی که در حاشیه شمالی کشور واقع شده‌اند مشاهده شد، که بجز ایستگاه‌های واقع در کویر مرکزی (G1) در بقیه ایستگاه‌ها با نتایج پارامترهای TSS, CSI مطابقت نشان داد.

میزان پارامتر TSS در نمودار ۲-b نشان داد منطقه G4 با ۲۹ درصد بیشترین و منطقه G8 با ۷- درصد کمترین میزان را داشتند. نمودار ۲-d در تحلیل عددی میزان پارامتر HSS نشان داد منطقه G4 با ۲۷ درصد بیشترین و G6 با ۱۸- درصد کمترین میزان پارامتر TSS را دارد.

بر اساس نمودار ۲-f تحلیل عددی مناطق ۸ گانه بارشی برای پارامتر CSI به شرح ذیل می باشد:

منطقه G4 با ۳۶ درصد بیشترین و منطقه G8 دارای کمترین میزان یعنی ۸.۵ درصد تطابق روند بین داده‌های CHIRPS و داده‌های مشاهداتی را داشتند.

نتایج بررسی تحلیل منطقه‌ای روند عمق بارش داده‌های مشاهداتی و ماهواره‌ای GPCC نشان داد (شکل ۳-a) بیشترین میزان TSS در مناطق G1, G4 در حاشیه جنوبی زاگرس و نیز حاشیه خلیج فارس مشاهده گردید.

کمترین مقدار TSS در ایستگاه‌های واقع در شمال رشته کوه البرز دیده شد. بر اساس نتایج حاصل از (شکل ۲-d) بیشترین میزان HSS در ناحیه G1 و کمترین میزان پارامتر HSS در ایستگاه‌هایی که در حاشیه شمالی کشور واقع شده‌اند مشاهده شد.

همچنین بر اساس شکل ۳-f بیشترین میزان پارامتر CSI در ناحیه G1 واقع در نواحی پست و کم ارتفاع مرکزی و ناحیه G3 واقع در شمال غربی کشور مشاهده گردید. (Pour, Sahar Hadi, et al, 2020) نیز در پژوهشی اعلام کرد داده‌های CPCC در مناطق شمال غربی کشور از کیفیت مناسبی برای جایگزینی داده‌های بارش زمینی برخوردار می باشد که با نتایج پارامتر CSI مطابقت دارد.

نتایج تحلیل نمودار ۲-b که نشان دهنده متوسط پارامتر TSS می باشد، نشان داد در ناحیه G5 با ۱۴ درصد، بالاترین میزان و در ناحیه G2 با منفی ۲۸- درصد، کمترین میزان مشاهده گردید.

بر اساس نمودار ۲-d بیشترین میزان پارامتر HSS در ناحیه G5 با حدود ۶.۵ درصد مشاهده گردید و کمترین میزان این پارامتر در ناحیه G6 با میزان ۱۹.۵- درصد دیده شد.

تحلیل عددی مناطق ۸ گانه بارشی (نمودار ۲-f) برای پارامتر CSI به این ترتیب گزارش گردید: منطقه G5 با ۲۲.۵٪ بیشترین و منطقه G8 با ۴٪ کمترین تطابق داده‌های GPCC و داده‌های مشاهداتی را داشتند.

روند تطابق در تعداد روزهای بارانی

نتایج تحلیل منطقه‌ای بررسی تطابق داده‌های CHIRPS با داده‌های مشاهداتی بر اساس شکل ۴-b نشان داد، بیشترین میزان پارامتر TSS در مناطق مرکزی رشته کوه زاگرس و بخش شمال غربی البرز واقع شده اند. کمترین میزان نیز بجز

براساس شکل c-۴ بررسی نتایج پارامتر HSS نشان داد همانند نتایج پارامتر TSS بیشترین میزان پارامتر HSS در مناطق کم ارتفاع و پست مرکزی و جنوب شرقی کشور در نواحی G1, G2 قرار دارند. کمترین میزان TSS در ایستگاه‌هایی که در سواحل دریای خزر و خلیج فارس و شمال غرب واقع شده‌اند مشاهده شد.

همچنین بر اساس شکل f-۴ بیشترین میزان پارامتر CSI در ناحیه G1, G2 و کمترین میزان در سواحل دریای خزر و خلیج فارس و شمال غرب کشور مشاهده گردید که با نتایج پارامترهای TSS, HSS مطابقت نشان می‌دهد.

بر اساس نمودار a-۲ که نتایج بررسی تحلیل عددی متوسط پارامتر TSS در مناطق ۸ گانه بارش را نشان می‌دهد، منطقه G1 با میزان ۲۸.۵٪ بیشترین و منطقه G6 با ۳۰-درصد کمترین مقدار پارامتر TSS را دارا می‌باشند. داده‌های نمودار c-۲ نشان می‌دهند که مناطق G1 با ۱۷.۵٪ بیشترین و G6 با ۲۰.۵-درصد کمترین مقدار پارامتر HSS دارند.

بر اساس نمودار e-۲ که متوسط میزان پارامتر CSI را نشان می‌دهد، بیشترین میزان این پارامتر ۲۴ دصد در منطقه G1 و کمترین میزان با ۴ درصد در منطقه G6 واقع شده‌اند.

یک ایستگاه، عمدتاً همگی در حاشیه جنوب شرقی و مرکزی کشور در منطقه G1 واقع شده‌اند.

براساس شکل d-۴ بررسی نتایج پارامتر HSS نشان داد تقریباً تمام ایستگاه‌ها با بیشترین میزان HSS در حاشیه غربی ساحل خزر و جنوب غربی زاگرس واقع شده‌اند. کمترین میزان پارامتر HSS به استثنا سه ایستگاه، بقیه در ایستگاه‌هایی که در مناطق مرکزی کشور واقع شده‌اند مشاهده شد.

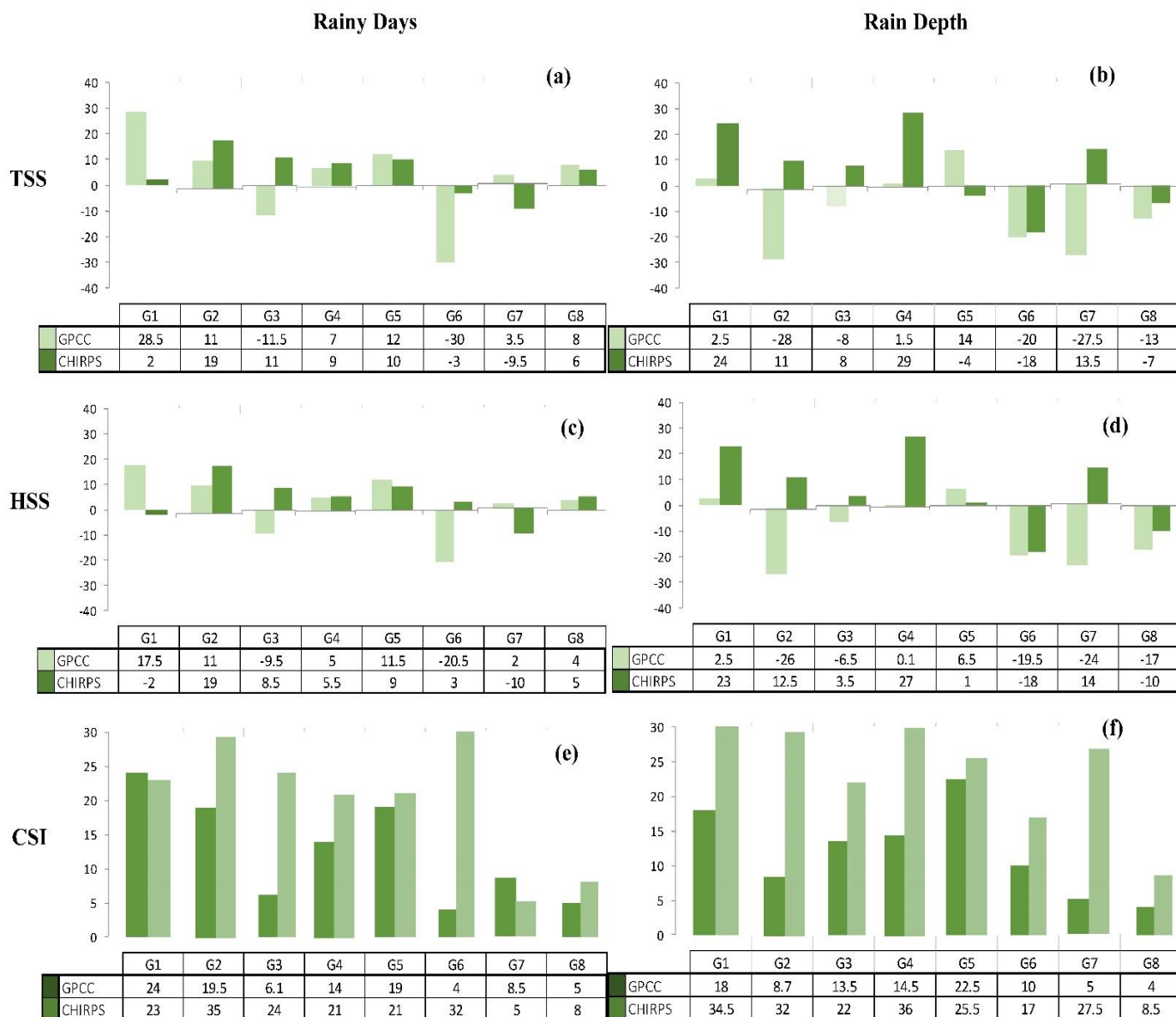
بر اساس شکل f-۴ بیشترین میزان پارامتر CSI در امتداد شمال رشته کوه البرز و زاگرس مرکزی واقع شده‌اند. همچنین مناطقی با کمترین میزان پارامتر CSI در حاشیه ساحلی دریای عمان واقع شده‌اند. مناطق مرکزی و غربی رشته کوه زاگرس در هر سه پارامتر بیشترین میزان انطباق را داشتند.

نتایج متوسط میزان پارامتر TSS در نمودار a-۲ نشان داد منطقه G2 با ۱۹ درصد بیشترین و منطقه G6 با ۳۰-درصد کمترین میزان را داشتند.

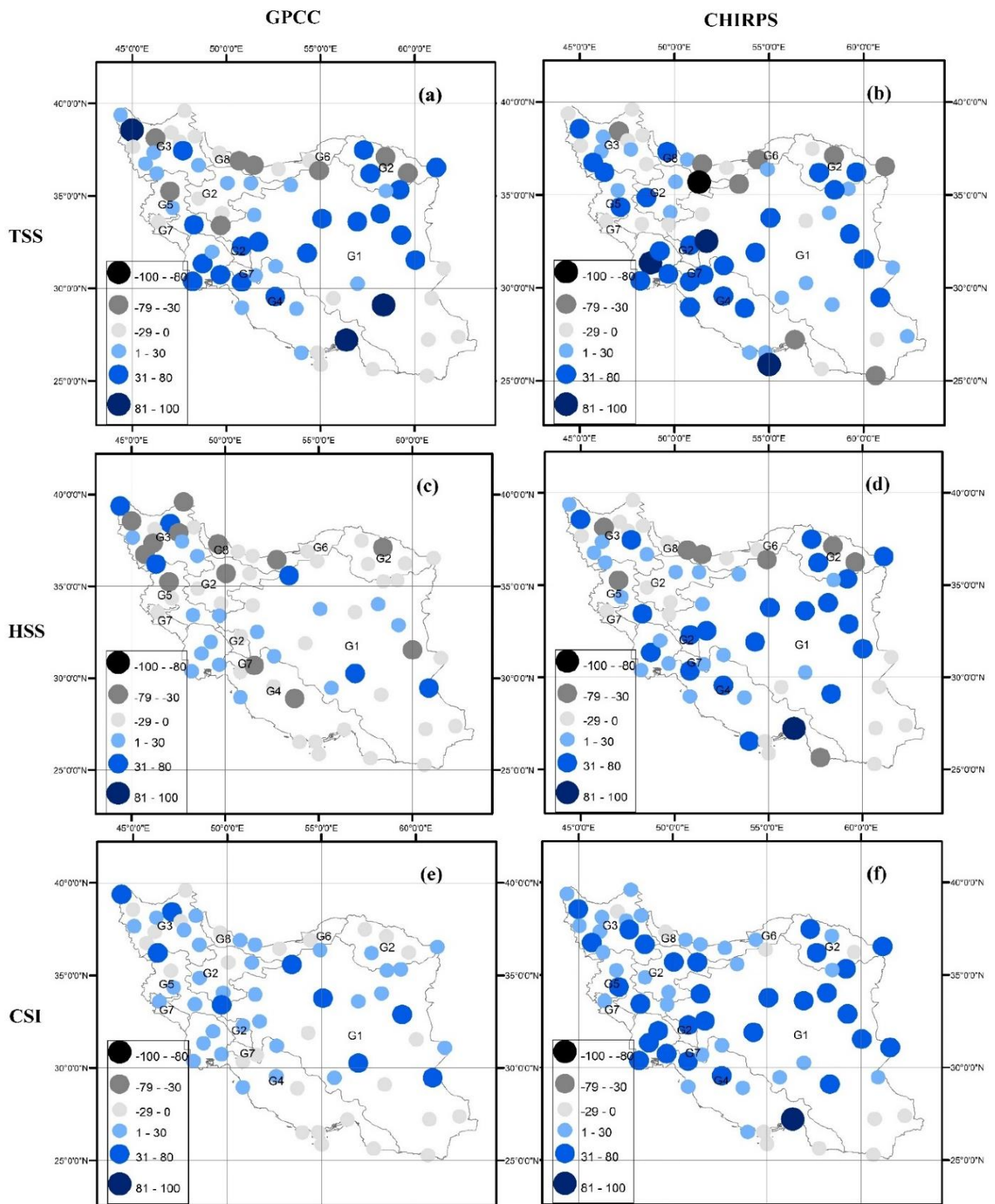
نمودار c-۲ نیز نشان داد منطقه G1 با ۱۷.۵ درصد بیشترین و منطقه G6 با ۲۰.۵-درصد کمترین میزان پارامتر HSS را دارند. بر اساس نمودار e-۲ که نشان‌دهنده متوسط پارامتر CSI می‌باشد منطقه G1 با ۲۴ درصد دارای بیشترین میزان تطابق در داده‌های CHIRPS و داده‌های مشاهداتی بود، و نیز منطقه G6 با ۴ درصد کمترین میزان پارامتر CSI را داشت.

نتایج تحلیل منطقه‌ای مطابقت روند داده‌های ماهواره‌ای GPCC با داده‌های مشاهداتی شکل a-۴ نشان داد که عمده ایستگاه‌ها با بیشترین TSS در مناطق کم ارتفاع و پست مرکزی و جنوب شرقی کشور در نواحی G1, G2 قرار دارند.

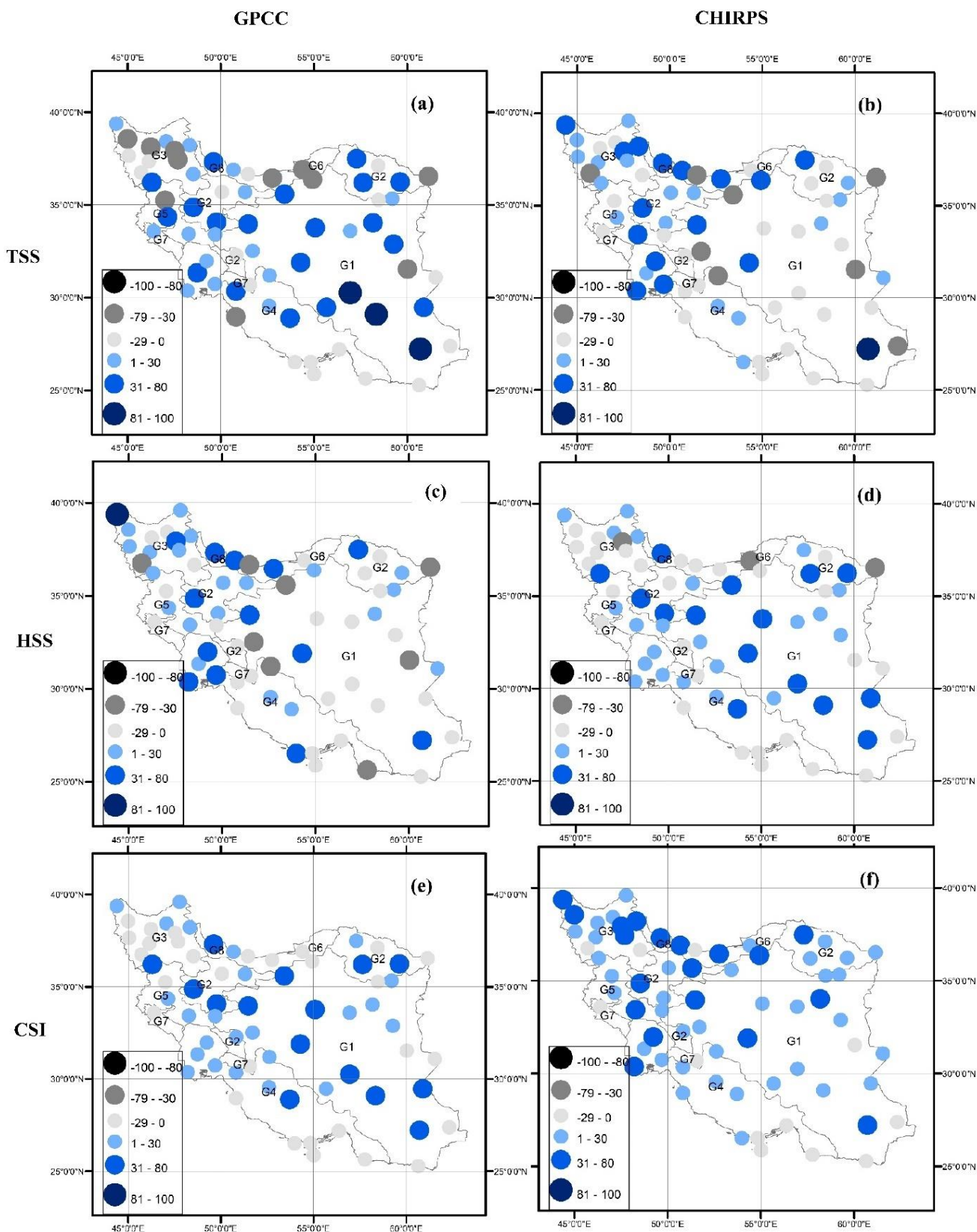
کمترین میزان TSS در ایستگاه‌هایی که عموماً در سواحل دریای خزر و خلیج فارس و شمال غرب کشور واقع شده‌اند مشاهده گردید. (Raziei et al. 2010) نیز پیشتر در پژوهشی اعلام کرد بیشترین مطابقت داده‌های GPCC در جنوب شرقی کشور و کمترین مطابقت این داده‌ها با داده‌های مشاهداتی در حاشیه دریای خزر اتفاق می‌افتد مشاهده شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.



شکل ۲- نمودار پارامترهای HSS, TSS, CSI عمق بارش و تعداد روزهای بارانی داده ماهواره‌های GPCC و CHIRPS در نواحی بارش ۸ گانه



شکل ۳- نقشه پهنبندی پارامترهای HSS, TSS, CSI عمق بارش داده‌های ماهواره‌های GPCC و CHIRPS



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی پارامترهای TSS, HSS, CSI تعداد روزهای بارانی داده‌های ماهواره‌های GPCC و CHIRPS

نتیجه‌گیری

همچنین نتایج بررسی روند تعداد روزهای بارانی داده‌های ماهواره‌ای CHIRPS در مقایسه با داده‌های بارش زمینی نشان داد که در ۳۳٪ ایستگاه‌ها روند بارش از مطابقت بالای ۸۰٪ نسبت به داده‌های بارش مشاهداتی برخوردار می‌باشد. در نتیجه تطابق روند در این داده‌ها در سطح قابل قبولی می‌باشد.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت برای مطالعه روند عمق بارش و همچنین روند تعداد روزهای بارانی در عمده مناطق کشور می‌توان از داده‌های ماهواره CHIRPS بعنوان جایگزینی مطمئن و قابل اتکا برای داده‌های زمینی بویژه در مناطقی که داده مشاهداتی مطمئن در دسترس نیست، استفاده کرد.

منابع

1. Abdelwares, Mohamed, Jos Lelieveld, George Zittis, Mohammed Haggag, and Ahmad Wagdy. 2020a. "A Comparison of Gridded Datasets of Precipitation and Temperature over the Eastern Nile Basin Region." *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration* 5 (1). <https://doi.org/10.1007/s41207-019-0140-y>.
2. ———. 2020b. "A Comparison of Gridded Datasets of Precipitation and Temperature over the Eastern Nile Basin Region." *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*. <https://doi.org/10.1007/s41207-019-0140-y>.
3. Abdolmanafi, Alireza, Bahram Saghafian, and Saleh Aminyavari. 2020. "Evaluation of Global Ensemble Prediction Models for Forecasting Medium to Heavy Precipitations." *Meteorology and Atmospheric Physics*. <https://doi.org/10.1007/s00703-020-00731-8>.
4. Abtew, Wossenu, Jayantha Obeysekera, and Nenad Iricanin. 2011. "Pan Evaporation and

امروزه دست‌یابی به اطلاعات قابل اتکا و صحیح بارش یکی از مهمترین نیازهای علوم آب و هواشناسی است. به همین منظور بکارگیری داده‌های بارش ماهواره‌ای بعنوان جایگزین مناسب اطلاعات بارش مشاهداتی از اهمیت خاصی برخوردار است. در این تحقیق سعی شد، انطباق روند داده‌های بارش مربوط به داده‌های ماهواره GPCC و CHIRPS بر داده‌های مشاهداتی با استفاده از پارامترهای HSS و TSS و CSI مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

اهم نتایج حاصل از ارزیابی روند انطباق داده‌های ماهواره GPCC و CHIRPS و داده‌های زمینی بشرح زیر می‌باشد: نتایج بررسی روند عمق بارش با هر دو پارامترهای HSS و TSS و CSI روی داده‌های ماهواره‌ای CHIRPS در مقایسه با داده‌های بارش زمینی نشان داد که در ۶۰٪ ایستگاه‌ها روند بارش از مطابقت بالایی نسبت به داده‌های بارش مشاهداتی برخوردار می‌باشد که نشان‌دهنده تطابق قابل قبول این داده‌ها است. مناطقی که بیشترین میزان انطباق را داشتند در امتداد جنوبی رشته کوه زاگرس واقع شده بودند، همچنین کمترین مقدار تطابق داده‌های ماهواره‌ای CHIRPS در مقایسه با داده‌های مشاهداتی درحاشیه دریای عمان و شمال رشته کوه البرز مشاهده گردید، وجود رشته کوه البرز در مقابل مناطق حاشیه دریای خزر همچون سدی طبیعی سبب شده‌است تا عمده بارشها در این ناحیه اتفاق بیفتد، عمده این بارشها از شدت و مدت قابل توجهی برخوردار بوده و به همین دلیل تخمین بارش‌هایی که حجم و مدت کمی دارند با خطای زیادی همراه بود، همین امر نیز در بارشهای موسمی و پر حجم در مناطق ساحلی جنوب کشور صادق است.

انطباق بالای داده‌های GPCC با داده‌های مشاهداتی فقط در حدود ۲۸ درصد ایستگاه‌ها مشاهده گردید که نشان‌دهنده تطابق بسیار کم این داده‌ها بر داده‌های مشاهداتی است. داده‌های GPCC در بررسی نتایج انطباق روند تعداد روزهای بارانی نیز نتایج مطلوبی نداشتند بنحوی که تنها ۱۰۵ درصد از ایستگاه‌ها مطابقت کامل با داده‌های مشاهداتی داشتند که مانند نتایج بررسی روند عمق بارش از انطباق بسیار کمی برخوردار است.

12. Ghajarnia, N., A. Liaghat, and P. Daneshkar Arasteh. 2015. "Comparison and Evaluation of High-Resolution Precipitation Estimation Products in Urmia Basin-Iran." *Atmospheric Research*.
13. Heiblum, R. H., I. Koren, and O. Altaratz. 2011. "Analyzing Coastal Precipitation Using TRMM Observations." *Atmospheric Chemistry and Physics*. <https://doi.org/10.5194/acp-11-13201-2011>.
14. Hyvärinen, otto. 2014. "A Probabilistic Derivation of Heidke Skill Score. "
15. DOI: <https://doi.org/10.1175/WAF-D-13-00103.1>
16. Javanmard, S., A. Yatagai, M. I. Nodzu, J. Bodaghjamali, and H. Kawamoto. 2010. "Comparing High-Resolution Gridded Precipitation Data with Satellite Rainfall Estimates of TRMM-3B42 over Iran." *Advances in Geosciences*. <https://doi.org/10.5194/adgeo-25-119-2010>.
17. Katirai-Boroujerdy, Pari Sima, Nasrin Nasrollahi, Kuo lin Hsu, and Soroosh Sorooshian. 2016. "Quantifying the Reliability of Four Global Datasets for Drought Monitoring over a Semiarid Region." *Theoretical and Applied Climatology*. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1360-3>.
18. Kenawy, Ahmed M. El, and Matthew F. McCabe. 2016. "A Multi-Decadal Assessment of the Performance of Gauge- and Model-Based Rainfall Products over Saudi Arabia: Climatology, Anomalies and Trends." *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.4374>.
- Potential Evapotranspiration Trends in South Florida." *Hydrological Processes* 25 (6): 958–69. <https://doi.org/10.1002/hyp.7887>.
5. Aminyavari, Saleh, Bahram Saghafian, and Majid Delavar. 2018. "Evaluation of TIGGE Ensemble Forecasts of Precipitation in Distinct Climate Regions in Iran." *Advances in Atmospheric Sciences* 35 (4): 457–68. <https://doi.org/10.1007/s00376-017-7082-6>.
6. Araghi, Alireza, and Mohammad Mousavi-Baygi. 2020. "Variability in Snowfall/Total Precipitation-Day Ratio in Iran." *Theoretical and Applied Climatology* 140 (1–2): 547–58. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03101-x>.
7. BLACK, EMILLY. 2010. "Past, Present and Future Precipitation in the Middle East: Insights from Models And," 5173–84. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0199>.
8. Derin, Yagmur, and Koray K. Yilmaz. 2014a. "Evaluation of Multiple Satellite-Based Precipitation Products over Complex Topography." *Journal of Hydrometeorology*. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-13-0191.1>.
9. ———. 2014b. "Evaluation of Multiple Satellite-Based Precipitation Products over Complex Topography." *Journal of Hydrometeorology* 15 (4): 1498–1516. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-13-0191.1>.
10. Fallah, A., Sungmin, O., Reza, G., & Peter, R. (2020). Evaluation of precipitation datasets against local observations in southwestern Iran. December 2019, 4102–4116. <https://doi.org/10.1002/joc.6445>
11. Ghahraman, B. 2014. "C r v i h o e c r v i h o F" 9 (3): 14–23.

- 2019a. "Seasonal Drought Pattern Changes Due to Climate Variability: Case Study in Afghanistan." *Water* (Switzerland).
27. —. 2019b. "Seasonal Drought Pattern Changes Due to Climate Variability: Case Study in Afghanistan." *Water* (Switzerland) 11 (5). <https://doi.org/10.3390/w11051096>.
28. Raziei, T., Bordi, I., Pereira, L. S., & Sutera, A. (2010). Space-time variability of hydrological drought and wetness in Iran using NCEP/NCAR and GPCC datasets. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(10), 1919–1930. <https://doi.org/10.5194/hess-14-1919-2010>
29. Safari, Bonfils. 2012. "Trend Analysis of the Mean Annual Temperature in Rwanda during the Last Fifty-Two Years." *Journal of Environmental Protection* 03 (06): 538–51.
30. Haklander, A. J. and Van Delden, A., 2003, Thunderstorm Predictors and Their Forecast Skill for the Netherlands, *Atmospheric Research*, Vol. 67-68, PP. 273-299.
31. Salehi, Somayeh, Majid Dehghani, Sayed M. Mortazavi, and Vijay P. Singh. 2020. "Trend Analysis and Change Point Detection of Seasonal and Annual Precipitation in Iran." *International Journal of Climatology* 40 (1): 308–23. <https://doi.org/10.1002/joc.6211>.
32. Sarmadi, Fahimeh, and Alireza Shokoohi. 2015. "Regionalizing Precipitation in Iran Using GPCC Gridded Data via Multivariate Analysis and L-Moment Methods." *Theoretical and Applied Climatology*. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1292-y>.
33. Sharafati, Ahmad. 2019. "Spatial Assessment of Meteorological Drought Features Over Different Climate Regions in
19. Kendall MG. 1975. *Rank Correlation Methods*, 4th edn. Charles Griffin: London.
20. Kheimi, Marwan M, and Saud Gutub. 2015. "Assessment of Remotely-Sensed Precipitation Products Across the Saudi Arabia Region." *International Journal of Water Resources and Arid Environments*.
21. Li, Duo, Kun Yang, Wenjun Tang, Xin Li, Xu Zhou, and Donglin Guo. 2020. "Characterizing Precipitation in High Altitudes of the Western Tibetan Plateau with a Focus on Major Glacier Areas." *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.6509>.
22. Modarres, R. 2006. "Regional Precipitation Climates of Iran." *Journal of Hydrology New Zealand* 45 (1): 13–27.
23. Modarres, Reza, and Ali Sarhadi. 2009. "Rainfall Trends Analysis of Iran in the Last Half of the Twentieth Century." *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 114 (3): 1–9. <https://doi.org/10.1029/2008JD010707>.
24. Önöz, Bihrat, and Mehmetçik Bayazit. 2003. "The Power of Statistical Tests for Trend Detection." *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences* 27 (4): 247–51. <https://doi.org/10.3906/sag-1205-120>.
25. Pour, Sahar Hadi, Ahmad Khairi Abd Wahab, and Shamsuddin Shahid. 2020. "Spatiotemporal Changes in Precipitation Indicators Related to Bioclimate in Iran." *Theoretical and Applied Climatology*. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03192-6>.
26. Qutbudin, Ishanch, Mohammed Sanusi Shiru, Ahmad Sharafati, Kamal Ahmed, Nadhir Al-Ansari, Zaher Mundher Yaseen, Shamsuddin Shahid, and Xiaojun Wang.

35. WCRP (2017) 7th International verification methods workshop: forecast verification methods across time and space scales. Iran,” no. September. <https://doi.org/10.1002/joc.6307>.
34. Sharifi, Ehsan, Reinhold Steinacker, and Bahram Saghafian. 2016. “Assessment of GPM-IMERG and Other Precipitation Products against Gauge Data under Different Topographic and Climatic Conditions in Iran: Preliminary Results.” Remote Sensing.