Archive of SID

نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال نهم، شماره چهارم، تابستان ۱۳۹۹

ISSN 2251-7480

# ارزیابی منابع بارش جهانی با قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالا در سطح حوضه دره‌رود اردبیل

**علیرضا پیل‌پایه[۱*]، افشین شایقی[۲]، آیدین باختر[۳]، اکبر رحمتی[٤] و افشین وطن‌خواه[٥]**

۱*) گروه مهندسی عمران، واحد پارس آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارس آباد، ایران.

ایمیل نویسنده مسئول مکاتبات: a.pilpayeh54@yahoo.com

۲) کارشناسی ارشد مهندسی مدیریت منابع آب دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

۳) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مدیریت منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، ایران.

٤) کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، ایران.

٥) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مدیریت منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پارس آباد مغان، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات: A.pilpayeh54@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۲۲

**چکیده**

پراکنش نامناسب ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش در سطح زمین، باعث افزایش استفاده از منابع بارش شبکه‌بندی شده متشکل از منابع ماهواره‌ای، بازتحلیل و زمینی شده است. بنابراین، اندازه‌گیری و برآورد دقیق مقدار و رخدادهای بارش از اهمیت زیادی برخوردار است. با توسعه روزافزون تکنولوژی‌های ماهواره‌ای در دهه‌های اخیر، امکان دسترسی به منابع بارشی با تفکیک مکانی و زمانی بالا برای بسیاری از نقاط جهان فراهم شده است. با توجه به این‌که این منابع بارشی به دلیل عدم قطعیت‌هایی که در تخمین ضخامت ابر و بارش دارند، بدون ارزیابی اولیه قابل استفاده نیستند. هدف از این پژوهش ارزیابی منابع بارش CMORPH، PERSIANN و PERSIANN-CDR بر اساس شاخص‌های آماری و همچنین شاخص‌های جدول توافقی در سطح حوضه دره‌رود اردبیل است. بررسی نتایج بدست آمده حاکی از آن است که منبع CMORPH در اکثر ایستگاه‌های مورد بررسی با دارا بودن شاخص RMSE کمتر از ۳ میلی‌متر و شاخص CC بیشتر از ۰/۷، از عملکرد بهتری در برآورد بارش سطح حوضه برخوردار می‌باشد. همچنین از لحاظ شاخص‌های بدست آمده از جدول توافقی بارش نیز، منبع CMORPH در اکثر شاخص‌ها (به جز Bias) بهتر از منابع دیگر عمل کرده است و لذا توصیه می‌شود در صورت استفاده از این منابع بارش در مطالعات آینده در سطح حوضه دره‌رود، می‌توان با تصحیح اریبی از داده‌های منبع CMORPH استفاده نمود.

**کلید واژه‌ها:** ماهواره بارش؛ قدرت تفکیک؛ جدول توافقی؛ شبکه‌بندی

## مقدمه

از میان مولفه‌های مهم اقلیمی، بارش باران به علت دارا بودن تغییرات مکانی و زمانی معنی‌دار، همواره از اهمیت بسیار زیادی در مطالعات منابع آب، مدلسازی هیدرولوژیکی و پیش‌بینی سیلاب برخوردار می‌باشد (Bohnenstengel *et al.*, 2011; Bajracharya *et al.*, 2014; Kumar *et al.*, 2015; Sahlu *et al.*, 2017). رواناب، رطوبت خاک، پوشش گیاهی و تغذیه آب‌های زیرزمینی و ... با تغییر شدت و میزان بارش در منطقه تغییر می‌یابند، به همین دلیل برآورد دقیق بارش از موضوعات مهم در زمینه منابع آب و به خصوص مدلسازی‌های هیدرولوژیکی می‌باشد. به‌طور کلی در مسائل هیدرولوژیکی برای بارش می‌توان از منابع مختلفی بهره برد. از بین این منابع می‌توان به مهمترین آن‌ها که

www.SID.ir

Archive of SID



ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش، ماهواره‌ها و منبع داده‌های باز تحلیل شده می‌باشد، اشاره کرد. در این بین به دلیل تراکم نامناسب ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش اعم از ایستگاه‌های همدیدی، بارانسنجی و کلیماتولوژی در سال‌های اخیر شاهد گسترش روزافزون منابع داده‌های شبکه‌بندی شده می‌باشیم که دارای مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلفی می‌باشد. در دهه‌های اخیر این پایگاه داده‌ها به دو صورت داده‌های مبتنی بر ماهواره و داده‌های مبتنی بر بارانسنج‌ها در دسترس بوده‌اند. اما تفاوت‌های زیادی در برآورد بارش این پایگاه داده‌ها وجـود دارد و بسیاری از آن‌ها ماننـد تولیدات ماهواره‌ای قدرت تفکیک مکانی مناسب و داده‌های طولانی مدت را ندارند. در حالت کلی منابع بارش جهانی به دلیل قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالا برای استفاده در زمینه‌های مختلف منابع‌آبی مناسب هستند، با این حال عدم قطعیت‌هایی که این منابع درتخمین بارش دارند، بدون ارزیابی اولیه نمی‌توان از این منابع استفاده نمود. لذا برای تمامی مطالعات منابع آبی استفاده از این منابع نیازمند یک سری بررسی‌های اولیه هستند. ارزیابی منابع داده‌های بارش در مناطق مختلف به دو شکل مستقیم و غیر مستقیم انجام می‌پذیرد. در ارزیابی به صورت مستقیم میزان بارش برآوردی منابع بارش و بارش مشاهداتی ایستگاه‌های بارانسنجی زمینی، با توجه به معیارهای ارزیابی که متشکل از آزمون‌های آماری پارامتری و غیرپارامتری است، مقایسه می‌شوند ( Ghajarnia *et al.*, 2015). در ادامه به بررسی تعدادی از مطالعات انجام شده در این زمینه پرداخته شده است. در پژوهشی که در آن به ارزیابی دقت دو منبع بارش CMORPH و TRMM 3B42RT V7 در سطح حوضه گرگان‌رود پرداخته شد. در این پژوهش داده‌های دو منبع بارش مذکور با داده‌های ایستگاهی در شش ایستگاه موجود در بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۸٦ در سطح حوضه گرگان‌رود مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که داده‌های ماهواره‌ای در مقیاس ماهانه و فصلی از دقت بالاتری نسبت به مقیاس روزانه برخوردار هستند. بیشترین همبستگی داده‌های TRMM 3B42RT V7 و CMORPH با داده‌های مشاهداتی، در ایستگاه‌های مورد بررسی به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۸۵ بود. همچنین نتایج بررسی با استفاده از شاخص‌های جدول توافقی حاکی از این بود که CMORPH از نظر عملکرد با توجه به شاخص‌های POD و شاخص CSI نسبت به منبع بارش TRMM 3B42RT V7 از عملکرد بهتری برخوردار است (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹٦).

در پژوهشی دیگر منبع بارش CMORPH در شمال شرق ایران مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که منبع بارش CMORPH در مقیاس زمانی ماهانه و فصلی نتایج به مراتب بهتری نسبت به مقیاس روزانه داشته و بیشترین همبستگی آن با داده‌های مشاهداتی در مقیاس روزانه با داده‌های ایستگاهی ۰,۳۱ بوده در حالی که این میزان در مقیاس ماهانه و فصلی تا ۰,۷ نیز بود. از نتایج دیگر این پژوهش این بود که گرچه مدل CMORPH در آشکارسازی روزهای بارانی تا اندازه ای کارآیی داشته، اما در برآورد روزهای تر و خشک، میانگین بارش سالانه و تعیین تعداد روزهای غیر بارانی نتایج قابل قبولی را به همراه نداشت (میان‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۲).

در پژوهشی با استفاده از شاخص‌های آماری دقت داده‌های روزانه، ماهانه و سالانه بارش TRMM، PERSIANN و CMORPH با داده‌های زمینی برای حوضه رودخانه یانگ‌تسه طی دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بررسی نشان داد که داده‌های TRMM مقدار بارش حوضه را بیشتر از مقدار واقعی و داده‌های PERSIANN و CMORPH مقدار بارش حوضه را کمتر از مقدار بارش مشاهداتی برآورد می‌کنند( Li *et al.*, 2013). همچنین در پژوهش دیگری داده‌های بارش CMORPH، PERSIANN، GPCP، TRMM و APHRODITE در مقیاس‌های روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه با داده‌های مشاهداتی در مالزی برای دوره آماری ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ مورد مقایسه قرار گرفتند و نتایج حاکی از



www.SID.ir

Archive of SID



این بود که داده‌های GPCP کمترین هماهنگی و داده‌های TRMM-3B42 RT و APHRODITE بیشترین هماهنگی را با ایستگاه‌های زمینی دارند (Tan *et al.*, 2015). در پژوهشی جامع‌تر که بر روی حوضه Adgie واقع در ایتالیا هشت منبع بارش را مورد ارزیابی قرار گرفتند. منابع بارش متشکل از سه نسخه مربوط به CMORPH و PERSIANN-CDR، PGF، CHIRPS، GSMaP_MVK و TRMM-3B42 V7 بودند. ارزیابی در مقیاس زمانی روزانه، ماهانه و سالانه و همچنین در مقیاس مکانی سلولی و در سطح حوضه انجام پذیرفت. نتایج نشان‌دهنده این بود که سه منبع بارش CHIRPS، TRMM و CMORPH_BLD عملکرد بهتری نسبت به سایرین دارند. از دیگر نتایج این پژوهش می‌توان به خطای زیاد در برآورد بارش زمستانی در مواقعی که میزان بارش کم می‌باشد اشاره کرد (Duan *et al.*, 2016).

در حوضه کارون، منابع بارش متشکل از ERA-interim، APHRODITE، CHIRPS، PERSIANN، PERSIANN-CDR و TRMM-3B42 در مقیاس زمانی روزانه به صورت سلول به سلول، ارزیابی شدند. این محققین دریافتند که منابع بارشی APHRODITE و ERA-interim نسبت به دیگر منابع بارشی از دقت مناسبی برخوردار بوده و می‌توانند با تصحیح اریبی جایگزین مناسبی برای ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش در سطح حوضه باشند. همچنین منبع بارشCHIRPS بدترین عملکرد را در بین کل منابع بارشی دارد (رحمتی و مساح بوانی، ۱۳۹۸).

در پژوهشی دیگر چهار منبع بارش متشکل از CRU، PERSIANN-CDR، GPCC و UDEL در سراسر ایران ارزیابی شدند. ارزیابی‌ها در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه برای ۸۵ ایستگاه سینوپتیک در دوره آماری ۱۹۸٤ تا ۲۰۱۳ انجام پذیرفت. نتایج ما نشان داد که کلیه منابع بارش در ایستگاه‌های با بارش سالانه بیش از ٦۰۰ میلی‌متر در سال دارای کم‌برآوردی و در ایستگاه‌های با بارش میانگین کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر در سال دارای بیش‌برآوردی هستند. با این حال، تمام منابع بارش رژیم بارش را در ایستگاه‌های مورد بررسی به درستی تشخیص دادند. نتایج در حالت کلی بیان‌گر این بود که از بین این سه منبع GPCC بهترین و PERSIANN-CDR بدترین عملکرد را دارند (Hosseini-Moghari *et al.*, 2018).

در سطح کشور ایران نیز مطالعات بسیاری در این زمینه انجام پذیرفته است که از این بین می‌توان به پژوهشی اشاره کرد که در آن ابتدا داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک به داده‌های شبکه‌بندی شده تبدیل شدند و سپس با داده‌های بارش استخراجی از ماهواره TRMM-3B43 پرداختند شد. با بررسی توزیع مکانی بارش برای میانگین بارش سالانه و فصلی دو الگوی اصلی در طول رشته کوه‌های زاگرس و همچنین دریای خزر توسط ماهواره مورد نظر و داده‌های شبکه‌بندی شده محلی نمایان گشت. همچنین از دیگر نتایج اصلی این پژوهش می‌توان به کم‌برآودی بارش توسط ماهواره TMPA-3B43 برای میانگین بارش سالیانه درمقیاس‌های مکانی متشکل از تمام کشور، رشته کوه‌های زاگرس و نیز در مجاورت دریای خزر اشاره کرد (Javanmard *et al.*, 2010). در پژوهش دیگری میزان بارش برآوردی توسط چهار منبع بارش ماهواره‌ای PERSIANN، TRMM-3B42 V6، CMORPH و adjusted PERSIANN با در نظر گرفتن ایستگاه‌های اندازه‌گیری سطح کشور ایران به عنوان مرجع در مقیاس زمانی روزانه و ماهانه، موردارزیابی قرار گرفت. همچنین به دلیل اجتناب از عدم قطعیت‌های موجود در بارانسنج‌ها فقط از ۳۲ سلول که حداقل دارای ۵ بارانسنج بودند در ارزیابی‌ها استفاده شد. نتایج حاکی از این بود که تمام منابع بارش مورداشاره دارای کم برآوردی بارش در مناطق ساحلی دریای خزر بودند. همچنین در مقایسه بین منابع بارش، TRMM-3B42 V6 و adjusted-PERSIANN به مراتب عملکرد بهتری داشتند و CMORPH عملکرد ضعیفی از خود در برآورد بارش نشان داد( Katiraei *et al.*,



www.SID.ir

Archive of SID



2013). در تحقیق دیگری که انجام شد، اطلاعات منابع بارشی APHRODITE، PERSIANN، TRMM و CMORPH در گام‌های زمانی روزانه، سه، پنج، ده و بیست روزه، ماهانه و سالانه با استفاده از روش‌های مقایسه آماری با بارندگی‌های مشاهده شده و شاخص‌های جدول توافقی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد مرجع PERSIANN در مقایسه با نسخه‌های اولیه CMORPH و TRMM و حتی نسخه اصلاح شده CMORPH عملکرد بهتری داشته است و در بین منابع فوق، بهترین برآوردهای بارندگی توسط APHRODITE، سپس TRMM-V7 و پس از آن PERSIANN ارائه شده‌اند و بی‌تردید می‌توان گفت که بهترین منبع ارائه کننده برآوردهای زمان واقعی، منبع PERSIANN است (Ghajarnia *et al.*, 2015). موعظمی و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی چهار منبع داده بارش TRMM-3B42 RT، PERSIANN، TRMM-3B42 V7 و CMORPH با استفاده از داده‌های مشاهداتی برای مناطق مختلف ایران پرداختند. نتایج نشان دهنده برتری TRMM-3B42 RT نسبت به دیگر منابع بارش برای تمام شش منطقه مورد بررسی بود. همچنین منابع PERSIANN و TRMM-3B42 RT به ترتیب به میزان ۷۸ و ۳۱ درصد بیش‌برآورد نموده‌اند و این در حالیست که منبع CMORPH در حدود ۱۷/۶ درصد مقدار بارش را کم برآورد نموده است.

با توجه به این مساله که میزان بارش برآوردی توسط منابع مختف بارش همچون CMORPH، PERSIANN و PERSIANN-CDR در مناطق مختلف، متفاوت می‌باشد لذا قبل از کاربرد این منابع بایستی مورد ارزیابی قرار گیرند. پژوهش‌های مختلف در حوضه‌های متفاوت دارای نتایج متفاوتی می‌باشند به عنوان مثال در حوضه‌ای در جنوب ایتالیا CMORPH بهترین نتیجه را ارائه می‌دهد و یا در حوضه گرگان‌رود این منبع بارشی از دقت مناسبی برخودار می‌باشد با این حال پژوهش‌هایی زیادی هم یافت می‌شوند که حاکی از دقت پایین دو منبع بارش PERSIANN و CMORPH در اکثر حوضه‌های سطح کشور را نشان می‌دهند به همین دلیل به طور قطع نمی‌توان گفت که یک منبع بارش در یک اقلیم و یا یک حوضه نتیجه مطلوبی ارائه داده است حتما در سایر مناطق نیز بایستی نتایج مطلوبی ارائه داد به عبارت بهتر نتایج حاصل از پژوهش‌های این چنینی قابل تعمیم به مناطق دیگر نبوده و صرفا می‌توانند تاییدی بر عملکرد بهتر و دقت بالاتر و یا بالاعکس این منابع فقط در اقلیم‌ها و شرایط همسان باشند. در پژوهش حاضر سه منبع بارش با قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالا متشکل از CMORPH، PERSIANN و PERSIANN-CDR با داده‌های مشاهداتی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند تا در نهایت بتوان از بین این سه منبع بارش یک منبع بارش با عملکرد مناسب را انتخاب نمود و در ادامه بعد از اعمال تصحیح اریب بر روی منبع یا منابع بهینه در این حوضه در مطالعات مختلف منابع آبی از منابع مذکور بهره برد. در حالت کلی می‌توان هدف از این پژوهش را بررسی سلول به سلول میزان بارش در مقیاس روزانه و مقایسه بارش برآوردی برای هر سلول با میانگین حوضه عنوان نمود. با توجه به این که مدل‌های هیدرولوژیکی غیرتوزیعی در شبیه‌سازی رواناب میانگین بارش حوضه را به عنوان ورودی در نظر می‌گیرند و مدل‌های توزیعی و نیمه توزیعی به داده‌های شبکه‌بندی شده نیاز دارند، لذا این مطالعه می‌تواند از این جهت هائز اهمیت باشد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

استان اردبیل یکی از استان‌های ایران است که در شمال غربی این کشور در منطقه آذربایجان واقع شده است. مساحت این استان ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع (حدوداً ۱/۰۹ درصد از مساحت کل کشور) و جمعیت آن بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰ برابر یک میلیون و ۲۴۹ هزار نفر می‌باشد. سیمای طبیعی در استان اردبیل با سایر نواحی



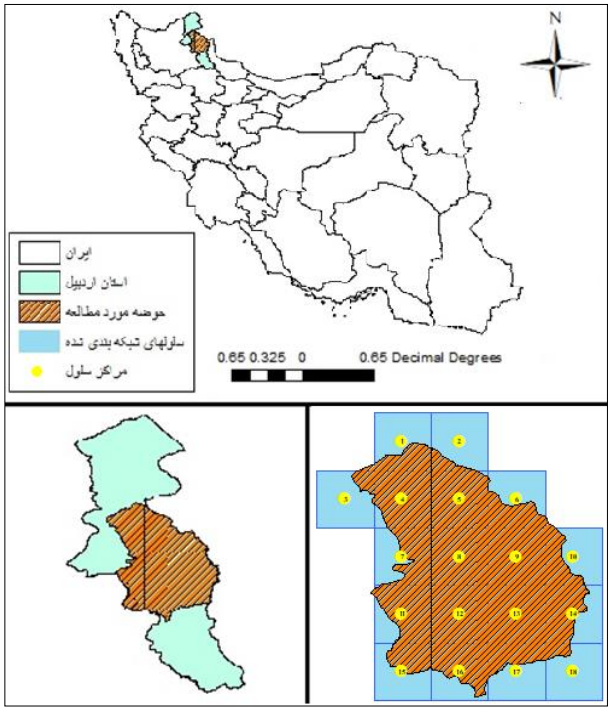
www.SID.ir

Archive of SID



فلات آذربایجان تفاوت‌های زیادی دارد. این استان بخشی از فلات مثلثی شکل ایران در شرق فلات آذربایجان بوده که حدود ۲/۳ آن دارای بافت کوهستانی با اختلاف ارتفاع زیاد و بقیه را مناطق هموار و پست تشکیل می‌دهند. اراضی شمالی و هم مرز با کشور جمهوری آذربایجان را در امتداد ارس، زمین‌های پست و جلگه‌ای تشکیل می‌دهند که کمتر از ۲۰۰ متر از سطح دریای آزاد ارتفاع دارند. در جنوب نیز قسمت‌های اصلی مرکز استان با دره رود قزل اوزن که بین منحنی ۱٤۰۰ – ۸۰۰ متر قرار گرفته است، مشخص می‌شود.

حوضه دره‌رود به عنوان یکی از زیرحوضه‌های فرعی دریای خزر به لحاظ برخورداری از شرایط خاص محیطی همچون حاکمیت آب و هوای نیمه خشک در سطوح پایین دست تا نیمه مرطوب سرد در ارتفاعات، بارش‌های رگباری، مجموعه‌های سنگی حساس به تخریب و فرسایش و همچنین وجود چند سد مخزنی در سطح حوضه، از حوضه‌های مهم استان اردبیل بشمار می‌آید. شکل (۱) موقعیت زیر حوضه مورد مطالعه را به‌همراه سلول‌های شبکه‌بندی شده حوضه نشان می‌دهد. حوضه رودخانه دره رود در شمال شرقی کشور با مساحتی معادل ۱٤۲۰۰ کیلومتر مربع ، بخشی از آب‌های سطحی استان‌های اردبیل و آذربایجان شرقی را به سمت دریای خزر زهکشی می‌نماید. بیشینه ارتفاع حوضه مربوط به قله سبلان با ٤۸۱۱ متر و کمینه آن در محل تلاقی با رودخانه ارس در ضلع شمالی اصلاندوز، ۱۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. رودخانه دره رود با جهت جریان جنوبی– شمالی، مهمترین رودخانه واقع در حوضه ارس در ایران می‌باشد. این رودخانه از دو شاخه اصلی قره سو و اهرچای تشکیل شده است. جدا از سرشاخه‌های اصلی و فرعی، جهت کلی رود اهرچای باختری– خاوری است. ابتدائی‌ترین محل تشکیل سرشاخه‌های فرعی اهرچای از دامنه‌های شمالی خاوری کوه کبه، واقع در ۲۵ کیلومتری باختر شهر ورزقان است. این رود پس از عبور از شهرهای ورزقان و اهر، در شمال شرقی روستای دوست بیگلو به قره سو متصل می‌شود. حوضه رودخانه دره‌رود در دو استان اردبیل و آذربایجان شرقی واقع بوده که در این تحقیق بخش مربوط به قسمت مرکزی استان اردبیل مورد مطالعه قرار گرفته است.




**شکل ۱. محدوده حوضه دره‌رود به همراه سلول‌های شبکه‌بندی شده حوضه**



www.SID.ir

Archive of SID



از آنجایی که داده‌های بارشی بدست آمده از منابع بارش جهانی به صورت شبکه‌بندی شده می‌باشند، بایستی داده‌های زمینی نیز به فرمت مزبور (با استفاده از تکنیک‌های درون‌یابی) تبدیل شوند تا بهتر بتوان آنها را با داده‌های ماهواره‌ای مقایسه نمود. علی‌رغم وجود روش‌های مختلف درونیابی، در این پژوهش از روش معکوس مجذور فاصله (IDW) برای ایجاد لایه شبکه‌بندی شده بارش بر اساس داده‌های زمینی استفاده شده است. عملکرد هر کدام از روشهای درونیابی بسته به نوع پدیده موردنظر و تراکم نقاط موجود می‌تواند متفاوت باشد. بررسی‌های صورت گرفته توسط محققین مختلف در زمینه ارزیابی کارائی روش‌های مختلف درونیابی برای ساخت نقشه رستری (شبکه‌بندی شده) بارش حاکی از آن است که این روش علی‌رغم دارا بودن ساختار ساده آن، از عملکرد قابل قبولی برخوردار می‌باشد (عزیزیان و همکاران، ۱۳۹۷).

همچنین با توجه به اینکه بارندگی تخمین زده شده توسط مدل‌های بارندگی به صورت مکانی و در درون یک گرید حاوی مساحت مشخص (مثلا گریدهای به طور متوسط ۲۵ کیلومتر در ۲۵ کیلومتری) ارائه می‌شوند، در درون هر یک از گریدهای این مدل‌های تخمین بارندگی، گاها ممکن است بین یک تا چند ایستگاه زمینی وجود داشته باشند که بارندگی‌های ثبت شده در آنها با یکدیگر متفاوت است. لذا در چنین تحقیقی، ابتدا ضروری است که برآورد یا میانگینی از ایستگاه‌های موجود در هر گرید محاسبه شده و سپس آن مقدار با بارندگی تخمین زده شده مقایسه شود. این یکی از ملزومات مقایسه مدل‌های تخمین بارندگی Grid-based با آمار مشاهداتی نقطه‌ای زمینی است که در این تحقیق نیز از روش معکوس مجذور فاصله استفاده شده است.

### روش معکوس مجذور فاصله

در این روش درون‌یابی از عامل معکوس مجذور فاصله به عنوان عامل وزنی در درون‌یابی داده‌های بارش مطابق رابطه (۱) استفاده شده است. جهت تعیین داده‌های بارش در هر سلول، فاصله به‌صورت فاصله بین مرکز سلول و مکان ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش در نظر گرفته شد.

$$Y_{ISD} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{Y_i}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i^2}} \qquad (۱$$

$Y_{ISD}$: مقادیر داده‌های هواشناسی هر سلول حاصل از روش معکوس مجذور فاصله، $Y_i$: مقادیر داده‌های هواشناسی در ایستگاه i ام، $d_i$: فاصله بین مرکز هر سلول با ایستگاه iام، n: تعداد ایستگاه‌های دخیل در درون‌یابی (Xie *et al.*, 2007).

### منابع بارش شبکه‌بندی شده جهانی

#### منبع CMORPH

تکنیک CMORPH برای ترکیب مناسبی از هر دو داده مایکروویو غیرفعال و مادون قرمز بکار برده می‌شود. در این تکنیک دو فرآیند بطور همزمان هر ۳۰ دقیقه جهت آماده‌سازی تحلیل‌های بارش شروع به کار می‌کنند (Joyc et al., 2004).

۱) تخمین‌های بارش مایکروویو غیرفعال تولید شده از سنجنده‌های مختلف، برای هر دوره نیم ساعته جمع‌آوری و کالیبره می‌شوند.

۲) مسیرهای حرکت ابرها با استفاده از تصاویر نیم ساعته متوالی استخراج شده از داده‌های مادون قرمز ماهواره‌های زمین مرجع محاسبه می‌شوند. در واقع بارش بدست آمده توسط متدولوژی بکار رفته در CMORPH نسبت به میانگین‌گیری ساده از همه تخمین‌های بارش مایکروویو موجود و همچنین نسبت به تکنیک‌هایی که اطلاعات مایکروویو و مادون قرمز را ترکیب کرده، اما بارش را مستقیماً از داده‌های مادون قرمز در صورت در دسترس نبودن داده‌های مایکروویو غیرفعال، تخمین



www.SID.ir

Archive of SID



می‌زنند، بهبود یافته‌تر است. از سال ۱۹۹۸ تاکنون، تعداد زیادی از ماهواره‌ها با تجهیزات مایکروویو غیرفعال به کار رفته‌اند. این ابزارها برآوردهای نسبتاً دقیقی از بارش را تهیه می‌کنند. اما به خاطر اینکه سنجنده‌های آنها در مدار پایین فضایی (نزدیک زمین) قرار گرفته‌اند، نمونه‌برداری‌های صورت گرفته توسط آنها از نظر زمانی و مکانی پوشش مناسبی ندارند. در مقابل، داده‌های مادون قرمز که براساس اطلاعات دمای انعکاس یافته از سطح بالایی ابر توسط ماهواره‌های زمین مرجع مانند Meteosat می‌باشند، از لحاظ پوشش مکانی کامل بوده و در بازه زمانی هر ۱۵ تا ۶۰ دقیقه در دسترس می‌باشند. این وضعیت منجر به توسعه روش‌هایی برای ترکیب این داده‌های بسیار نامتجانس (مایکروویو و مادون قرمز) با یکدیگر شده است. برآوردهای بارشی که در حال حاضر در تکنیک CMORPH استفاده می‌شوند، از مشاهدات بدست آمده از ماهواره‌های هواشناسی NOAA، TRMM و DMSP بوده که ابزارهای سنجش مایکروویو غیرفعال روی این ماهواره‌ها شامل AMSU-B، SSM/I، TMI و AMSR-E می‌باشند و برآوردهای بارش سنجش از دور در بازه‌های زمانی نیم ساعته برای هر چهار نوع سنجنده در فایل‌های جداگانه ذخیره می‌شوند.

**منبع PERSIANN و PERSIANN-CDR**

در این منبع بارشی ارزشمند از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی و تصاویر بازتابش شده مادون قرمز توسط ماهواره‌های زمین مرجع برای تخمین میزان بارندگی استفاده می‌شود. الگوریتم PERSIANN ابتدا براساس تصاویر مادون قرمز از ماهواره‌های زمین مرجع بود، سپس به نسخه جدید آن که در حال حاضر استفاده می‌شود، داده‌های مایکروویو نیز اضافه شد که این داده‌های جدید برای کالیبراسیون و تنظیم پارامترهای الگوریتم بکار می‌روند. مطالعات اعتبارسنجی نشان می‌دهند که تخمین‌های بارش بطور قابل توجهی توسط تنظیم داده‌های بدست آمده از مادون قرمز با اطلاعات مایکروویو، بهبود یافته‌اند (*Hsu et al.*, 1997). الگوریتم برآورد بارش PERSIANN بطور کاربردی از سال ۱۹۸۳ با پوشش سراسری از ۶۰ درجه شمالی تا ۶۰ درجه جنوبی و تفکیک مکانی ۰/۲۵*۰/۲۵ درجه در مقیاس زمانی روزانه در دسترس است. به دلیل پوشش زمانی منبع بارش PERSIANN که از سال ۲۰۰۰ به بعد می‌باشد از این منبع بارش در مطالعات اقلیمی که نیازمند داده‌های درازمدت بارش می‌باشد نمی‌توان بهره برد به همین دلیل در سال‌های بعد یک منبع بارش دیگر تحت عنوان PERSIANN-CDR به منظور بررسی روند و تغییرات بارش در مقیاس روزانه در درازمدت می‌باشد توسعه یافت که در مقیاس زمانی روزانه و تفکیک مکانی ۰/۲۵×۰/۲۵ در دسترس است (Ashouri *et al.*, 2015). در این پژوهش از داده‌های هر دو منبع بارش PERSIANN و PERSIANN-CDR استفاده شده است.

## شاخص‌های آماری مورد استفاده جهت اعتبارسنجی منابع بارش

در این پژوهش برای ارزیابی و اعتبارسنجی منابع بارش از دو جفت شاخص استفاده شده است که شاخص‌های گروه اول متشکل از RMSE و CC بوده و شاخص‌های گروه دوم که به شاخص‌های جدول توافقی معروف هستند متشکل از Accuracy، Bias، POD، FAR و CSI می‌باشند که در جدول (۱) روابط مربوط به محاسبه هر کدام آورده شده است.

از بین شاخص‌های جدول (۱) شاخص‌های دسته اول بر اساس مقدار بارش برآوردی تعیین می‌شوند، در حالی که شاخص‌های دسته دوم بر اساس رخداد و عدم رخداد بارش تعیین می‌شوند. در جدول (۱)، $O_i$: مقادیر مشاهداتی، $S_i$: مقادیر شبیه‌سازی، n: تعداد داده‌ها، $\bar{O}$: میانگین مقادیر مشاهداتی، $\bar{S}$: میانگین مقادیر شبیه‌سازی توسط منبع داده‌های شبکه‌بندی شده می‌باشد.



www.SID.ir

Archive of SID



جدول ۱. شاخص‌های آماری مورد استفاده در این پژوهش

| No | Measure | Equation |
|---|---|---|
| ۱ | Root Mean Square Error | $RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(O_i - S_i)^2}$ |
| ۲ | Correlation Coefficient | $CC = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})(S_i - \overline{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2 \sum_{i-1}^{n}(S_i - \overline{S})^2}}$ |
| ۳ | Accuracy | $Accuracy = \frac{Hit + Correct\ Negative}{Total}$ |
| ٤ | Bias | $Bias = \frac{Hit + False\ Alarm}{Hit + Miss}$ |
| ٥ | Probability of Detection | $POD = \frac{Hit}{Hit + Miss}$ |
| ٦ | False Alarm Ratio | $FAR = \frac{False\ Alarm}{Hit + False\ Alarm}$ |
| ۷ | Critical Success Index | $CSI = \frac{Hit}{Hit + Miss + False\ Alarm}$ |

در ارتباط با شاخص‌های جدول توافقی نیز می‌توان به جدول (۲) اشاره کرد که بر اساس آن میزان Hit، Miss، Correct Negative و False Alarm تعیین شده و شاخص‌های مربوطه محاسبه می‌گردد. یکی از ساده‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی دقت رویدادهای پیش‌بینی شده توسط منابع بارش مختلف، شاخص Accuracy می‌باشد که نشان دهنده کسری از همه پیش‌بینی‌های درست است. محدوده عددی این شاخص بین صفر تا ۱ می‌باشد که در بهترین وضعیت مقدار ۱ را به خود اختصاص می‌دهد. به عبارت دیگر هر چه مقدار این شاخص به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، دقت منبع بارش ماهواره‌ای بالاتر است. شاخص اریبی یا مقایسه میانگین پیش‌بینی با میانگین مشاهده، معمولا به‌عنوان یک نسبت برای تایید جداول احتمالاتی استفاده می‌شود. Bias در واقع نسبت برآوردهای صحیح به مشاهدات صحیح می‌باشد. محدوده عددی این شاخص بین صفر تا مثبت بی‌نهایت است که در بهترین وضعیت مقدار ۱ را به خود اختصاص می‌دهد. به عبارت دیگر اگر مقدار این شاخص کمتر از ۱ باشد، کم برآورد[1] و اگر بیشتر از ۱ باشد، بیش برآورد[2] به وقوع پیوسته است. شاخص POD نشان‌دهنده نسبت شناسایی صحیح بارش منبع ماهواره‌ای به تعداد کل رخدادهای بارش مشاهده شده در ایستگاه‌های زمینی است. محدوده عددی این شاخص بین صفر تا ۱ بوده و هر چه میزان شاخص مذبور به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، عملکرد منبع بارش ماهواره‌ای در پیش‌بینی وقوع بارندگی صحیح است. شاخص FAR نسبت مواقعی که بارندگی رخ نداده است ولی مدل وقوع بارندگی را پیش‌بینی نموده است، تعیین می‌کند. محدوده عددی این شاخص بین صفر تا ۱ است و هر چه میزان شاخص FAR به صفر نزدیک‌تر باشد، عملکرد مدل ماهواره‌ای بهتر خواهد بود. شاخص CSI نشان‌دهنده این است که چه کسری از مقادیر وقوع بارش به درستی پیش‌بینی شده است. به عبارت دیگر اگر بارشی اتفاق افتاده است، توانایی منبع بارش ماهواره‌ای در برآورد این وقوع بارش چه اندازه می‌باشد. محدوده عددی این شاخص نیز بین صفر تا ۱ است و هر چه میزان شاخص CSI به ۱ نزدیک‌تر باشد، عملکرد منبع بارش موردنظر بهتر خواهد بود.

[1] Under Estimation

[2] Over Estimation



www.SID.ir

Archive of SID



جدول ۲. جدول توافقی

| Observed | | YES | NO | |
|---|---|---|---|---|
| Forecast | YES<br>NO | Hit<br>Miss | False Alarms<br>Correct Negative | Forecast Yes<br>Forecast No |
| Total | | Total | Total | Total |

## نتایج و بحث

یکی از محدودیت‌های جدی در انجام مطالعات در حوزه منابع آب و هیدرولوژی کمبود اطلاعات مورد نیاز از نظر مکانی-زمانی است. مهمترین پارامتر لازم در این زمینه بارش است که اندازه‌گیری دقیق آن، نقش مهمی در مدیریت صحیح منابع آب و مدلسازی هیدرولوژیکی ایفا می‌کند. باتوجه به اهمیت اطلاعات بارش، تخمین دقیق آن همواره به عنوان یک چالش اساسی در حوضه‌های فاقد آمار و مناطق با تراکم کم شبکه باران‌سنجی، مطرح بوده است. از اینرو، استفاده از اطلاعات منابع بارش جهانی یکی از راهکارهای پیشرو برای دستیابی به داده‌های بارش در این مناطق می‌باشد. اما دقت داده‌های بارش منابع بارش از یک منطقه به منطقه دیگر متفاوت است و امروزه با اطمینان در مورد صحیح بودن اطلاعات بارش ماهواره‌ای خاص، نمی‌توان اظهارنظر کرد (Duan *et al.*, 2016). بنابراین در چنین شرایطی بررسی دقت داده‌های منابع بارش شبکه‌بندی شده جهانی موجود در مناطق مختلف، یکی از نیازهای تحقیقاتی است.

### نمودار پراکنش اطلاعات

به منظور بررسی دقیق‌تر میزان تطابق منابع بارش مورد استفاده در پژوهش با بارش مشاهداتی حوضه، نمودار پراکنش اطلاعات، به صورت مجزا برای هر منبع داده در بازه آماری بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ ترسیم می‌گردد. با توجه به این که حوضه مورد مطالعه شامل ۱۸ سلول شبکه‌بندی شده می‌باشد، لذا از آوردن همه نتایج خودداری شده است و تعداد ٤ سلول (سلول‌های شماره ٤، ۷، ۹ و ۱۳) به عنوان سلول‌های نمونه انتخاب شده و با استفاده از شاخص‌های آماری CC و RMSE مورد ارزیابی قرار گرفته است، که نتایج آنها در ادامه آورده شده است.

### منبع بارش CMORPH

برای بررسی عملکرد منبع بارشی CMORPH، نمودار پراکنش اطلاعات مربوط به مقادیر بارش مشاهداتی و بارش حاصل از منبع مذکور (برای ٤ سلول از سلول‌های موجود) نسبت به یکدیگر ترسیم و آماره‌های CC و RMSE برای هر کدام محاسبه گردید که نتایج آن در شکل (۲) ارائه شده است. نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های آماری در مقیاس روزانه مربوط به این منبع اطلاعاتی، حاکی از عملکرد قابل قبول آن نسبت به داده‌های مشاهداتی می‌باشد. طبق محاسبات صورت گرفته، در عمده سلول‌های محاسباتی شاخص CC همواره بالاتر از ۰/۷ می‌باشد. باتوجه به اطلاعات بدست آمده، این منبع بارشی در تشخیص بارش‌های کمتر از ۳ میلی‌متر در روز دارای خطا بوده و روزهای موردنظر را بدون بارش تشخیص می‌دهد. همچنین مقدار شاخص RMSE که مبین میانگین خطاهای موجود بین داده‌های مشاهداتی و شبکه‌بندی شده می‌باشد، در این منبع همواره کمتر از ۲/۹ میلی متر می‌باشد. مقدار این شاخص نیز خود گویای عملکرد مناسب این منبع اطلاعاتی ارزشمند نسبت به داده‌های زمینی می‌باشد.

### منبع بارش PERSIANN

برای بررسی عملکرد این منبع بارشی، نمودار پراکنش اطلاعات مربوط به مقادیر بارش مشاهداتی و بارش حاصل از منبع مذکور (برای ٤ سلول از سلول‌های موجود) نسبت به یکدیگر ترسیم و آماره‌های CC و RMSE برای هر کدام محاسبه گردید که نتایج آن در شکل (۳) ارائه شده است. محاسبات آماری صورت گرفته حاکی از عملکرد ضعیف این منبع بارشی در تخمین



www.SID.ir

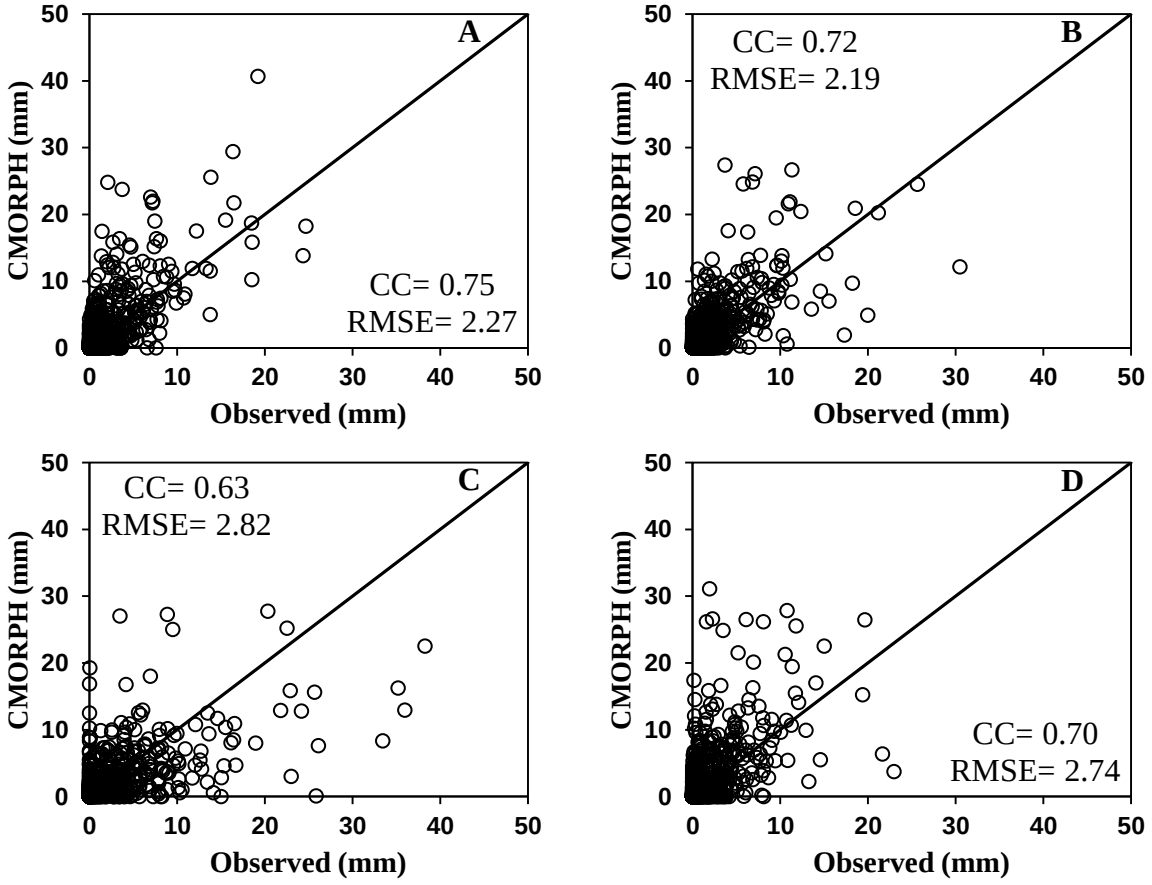
Archive of SID



مقدار و زمان بارش می‌باشد. به عنوان مثال، حداکثر مقدار شاخص CC در این منبع کمتر از ۰/۳ و همچنین حداقل مقدار شاخص RMSE در حدود ٤ میلی‌متر می‌باشد که نسبت به منابع مذکور بسیار قابل توجه می‌باشد. این منبع بارش نیز در تخمین مقدار و زمان بارش در حوضه دره رود نسبتاً ضعیف می‌باشد که علت اصلی آن نیز عدم توانائی در تخمین بارش‌های سبک می‌باشد.

**منبع بارش PERSIANN-CDR**

این منبع بارشی نیز یکی از مهم‌ترین منابع بارشی مبتنی بر سنجش از دور است که تاکنون مطالعات متعددی در نقاط مختلف دنیا در مورد کارائی آن به انجام رسیده است (Ashouri *et al.*, 2015). برای بررسی عملکرد منبع بارشی PERSIANN-CDR، همانند منابع قبلی عمل و آماره‌های CC و RMSE برای آن محاسبه گردید که نتایج آن در شکل (٤) ارائه شده است. اگرچه مقایسه شاخص‌های آماری مذکور در این منبع نسبت به منبع CMORPH حاکی از عملکرد پائین این منبع بارشی در تخمین مقدار و زمان بارش می‌باشد، اما نسبت به منبع PERSIANN نتایج به مراتب بهتری را بدست می‌دهد. این منبع نیز همانند دیگر منابع بارشی در تخمین بارش‌های سبک دارای خطا بوده و تقریباً از توانائی پائینی در برآورد بارش‌های کمتر از ۳ میلیمتر در روز برخوردار می‌باشد.



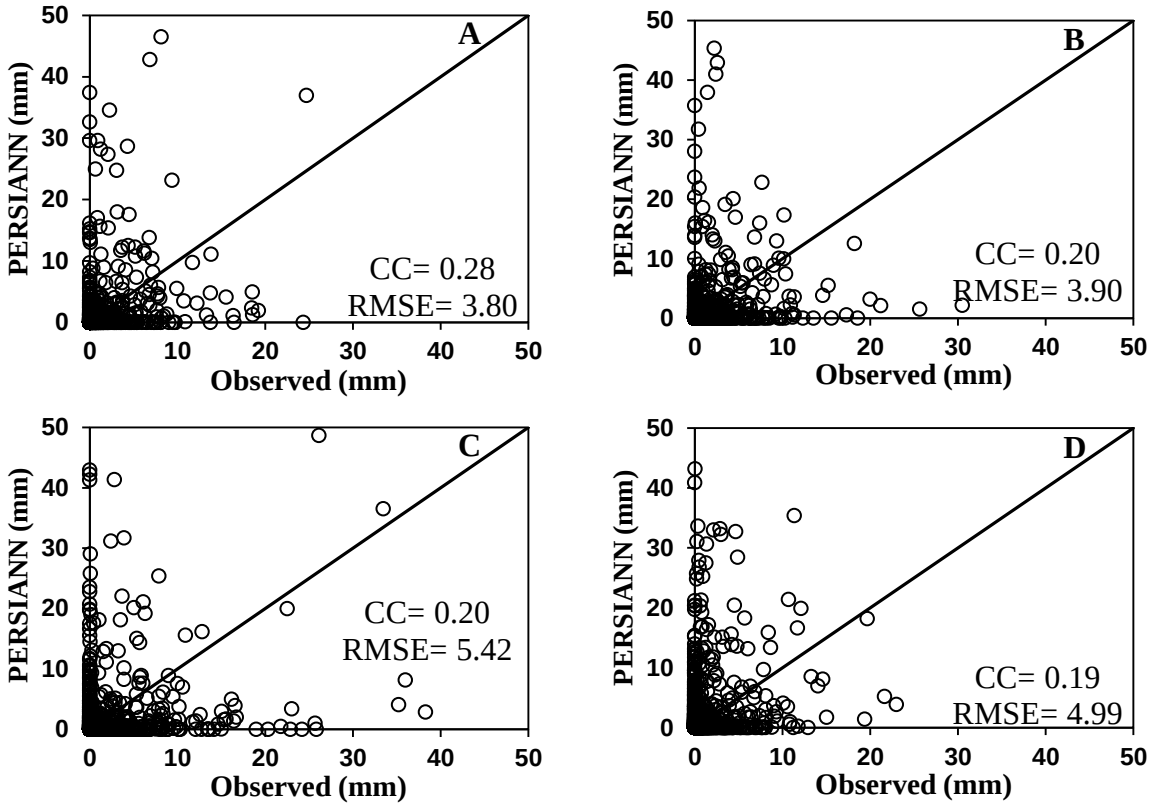

**شکل ۲. عملکرد منبع بارشی CMORPH در تخمین بارش در سلول‌های محاسباتی منتخب (A، B، C و D به ترتیب مربوط به سلول‌های ٤، ۷، ۹ و ۱۳ می‌باشند)**



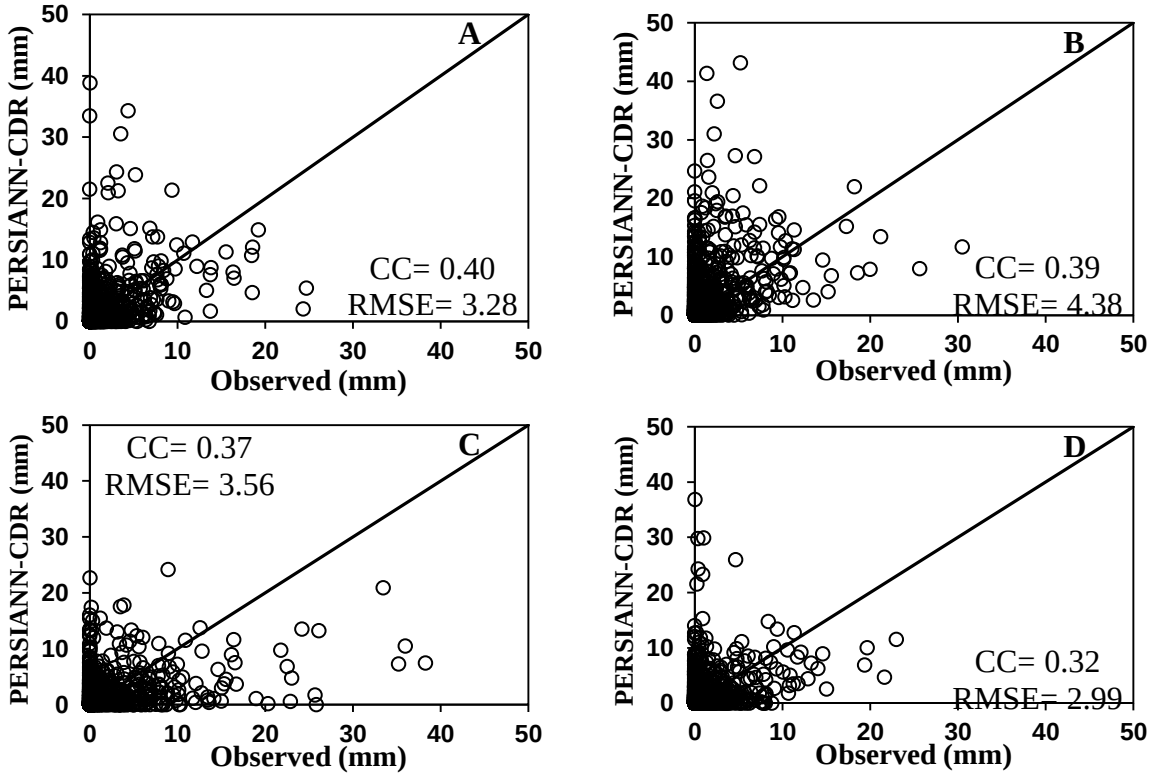
www.SID.ir

Archive of SID






شکل ۳. عملکرد منبع بارشی CMORPH در تخمین بارش در سلول‌های محاسباتی منتخب (A، B، C و D به ترتیب مربوط به سلول‌های ٤، ۷، ۹ و ۱۳ می‌باشند)




شکل ٤. عملکرد منبع بارشی PERSIANN-CDR در تخمین بارش در سلول‌های محاسباتی منتخب (A، B، C و D به ترتیب مربوط به سلول‌های ٤، ۷، ۹ و ۱۳ می‌باشند)



www.SID.ir

Archive of SID



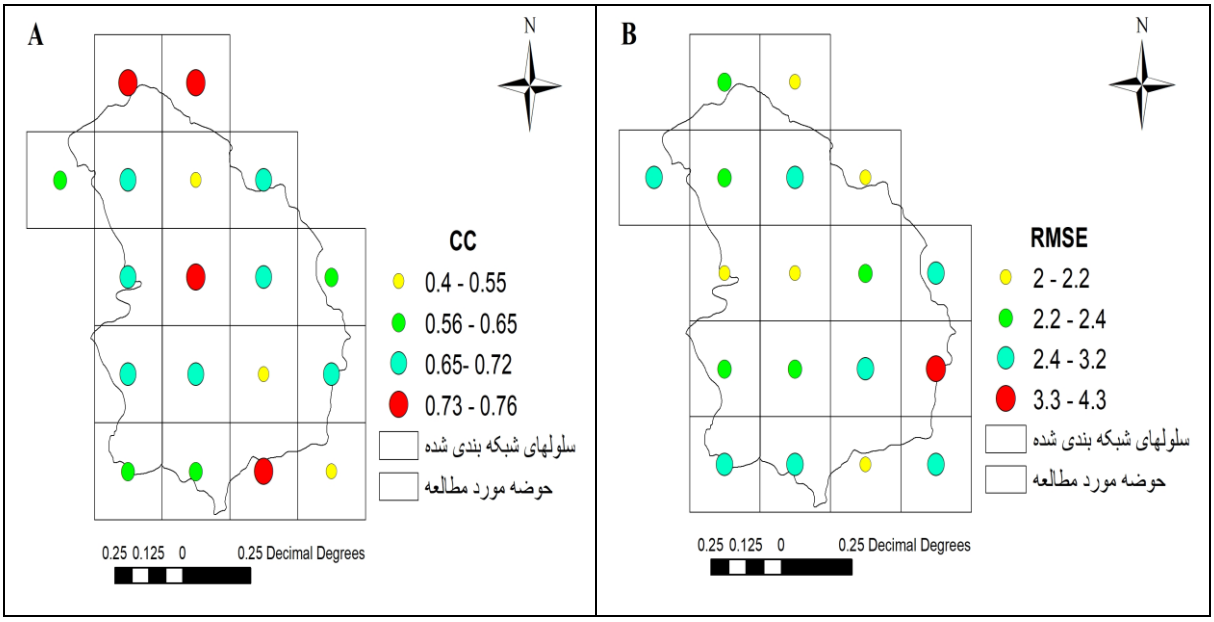
### تحلیل مکانی منابع بارش

دقت داده‌های منابع بارش شبکه‌بندی شده جهانی از یک منطقه به منطقه دیگر متفاوت است و امروزه با اطمینان در مورد صحیح بـودن اطلاعات بارش ماهواره‌ای خاص، نمی‌توان اظهارنظر کرد. بنابراین در چنین شرایطی بررسی و تحلیل مکانی داده‌های بدست آمده از منابع مختلف، یکی از روش‌های مناسب برای تشخیص دقت هر کدام از این منابع می‌باشد. در ادامه به بررسی کارائی منابع بارشی مختلف در سطح کل حوضه دره‌رود اردبیل پرداخته خواهد شد.

### منبع بارش CMORPH

برای ارزیابی عملکرد این منبع، محاسبات آماری (شاخص‌های CC و RMSE) بر روی تمامی سلول‌های محاسباتی انجام گردید که نتایج آن در شکل (۵) نشان داده شده است.

بررسی شاخص CC برای تمامی سلول‌های محاسباتی در سطح حوضه دره‌رود حاکی از آن است که داده‌های بدست آمده از این منبع از همبستگی مناسبی با داده‌های زمینی برخوردار می‌باشند، به‌طوریکه در مقیاس روزانه مقدار این شاخص در کل حوضه بین ۰/٤ تا ۰/۸ متغیر می‌باشد. با توجه به شکل (۵) عملکرد منبع CMORPH در مناطق شمالی و تا حدی مرکزی (مناطق مرتفع‌تر) حوضه آبریز دره‌رود قابل توجه بوده، به‌طوریکه میزان شاخص CC برای این مناطق بین ۰/٦ تا ۰/۸ متغیر می‌باشد. همچنین مقدار شاخص RMSE در این مناطق کمتر از ۳ میلی متر است و این خود گویای انحراف کم داده‌های این منبع نسبت به داده‌های زمینی می‌باشد. با توجه به توضیحات فوق می‌توان چنین استنباط نمودکه این منبع ارزشمند از کفایت لازم برای استفاده جهت تخمین مقدار بارش برخوردار می‌باشد. همچنین ارزیابی کفایت این منبع برای استفاده در مدلسازی‌های هیدرولوژیکی نیز با توجه به نتایج بدست آمده مناسب می‌باشد.




**شکل ۵. تغییرات مکانی شاخص‌های کارائی مربوط به داده‌های بارش روزانه بدست آمده از منبع CMORPH، A) شاخص CC، B) شاخص RMSE**



www.SID.ir

Archive of SID

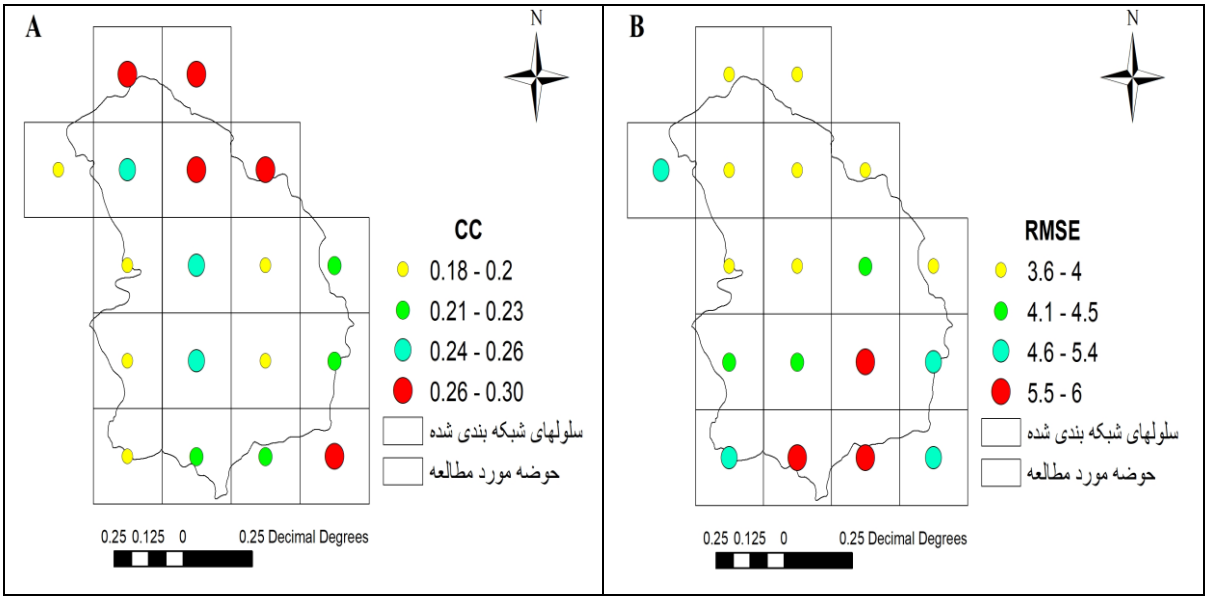


**منبع بارش شبکه‌بندی شده PERSIANN**

برای ارزیابی عملکرد این منبع اطلاعاتی نیز شاخص‌های آماری CC و RMSE بر روی تمامی سلول‌های محاسباتی انجام گردید که نتایج آن در شکل (٦) نشان داده شده است. بررسی شاخص CC در سطح حوضه دره رود حاکی از آن است که داده‌های بدست آمده از این منبع نسبت به منابعی مانند PERSIAN-CDR و CMORPH از همبستگی بسیار ضعیفی با داده‌های زمینی برخوردار می‌باشند، به‌طوریکه در مقیاس روزانه حداکثر مقدار این شاخص در کل حوضه به ۰/۳۵ محدود می‌گردد. همچنین مقدار شاخص RMSE نیز به علت دارا بودن محدوده تغییرات ۳/٦ تا ٦ میلیمتر (در بخش‌هایشمالیحوضه میزان انحراف و ضریب همبستگی داده‌های PERSIANN با داده‌های مشاهداتی قابل قبول‌تر بوده و عملکرد مناسبتری نسبت به سایر مناطق دارد)، حاکی از انحراف و خطای قابل توجه این منبع نسبت به داده‌های بارش مشاهداتی دارد. با توجه به توضیحات فوق می‌توان چنین استنباط نمودکه این منبع از کفایت و کارائی لازم برای تخمین صحیح مقدار بارش در این حوضه برخوردار نمی‌باشد.

**منبع بارش شبکه‌بندی شده PERSIANN-CDR**

برای ارزیابی عملکرد این منبع نیز شاخص‌های آماری CC و RMSE برای تمامی سلول‌های محاسباتی استخراج گردید که نتایج آن در شکل (۷) نشان داده شده است. بررسی شاخص CC در سطح حوضه دره رود حاکی از آن است که داده‌های بدست آمده از این منبع نسبت به منبع PERSIANN و عملکرد بهتری داشته ولی نسبت به منبع CMORPH ضعیف‌تر می‌باشد، به‌طوریکه در مقیاس روزانه حداکثر مقدار این شاخص در کل حوضه به ۰/٤٦ محدود می‌گردد. همچنین مقدار شاخص RMSE نیز در اکثر سلول‌های مورد بررسی به جز سه سلول واقع در بخش جنوبی حوضه تقریبا کمتر از ۳/۵ میلیمتر بوده که نشانگر عملکرد مناسب این منبع در مقایسه با منبع بارش PERSIANN می‌باشد.



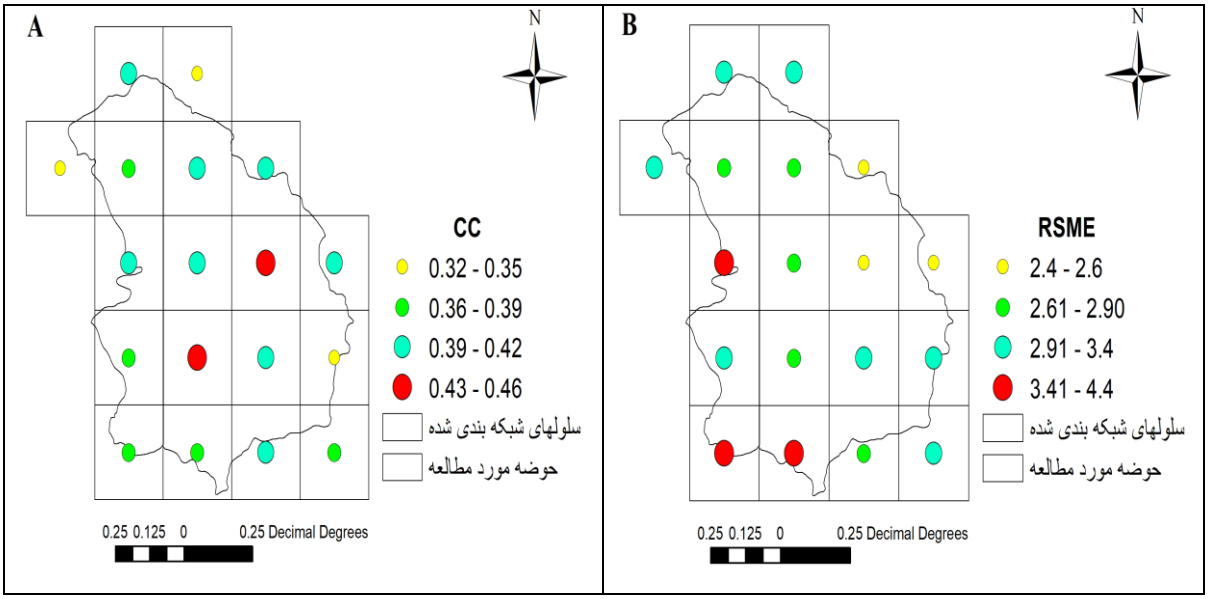

**شکل ٦. تغییرات مکانی شاخص‌های کارائی مربوط به داده‌های بارش روزانه بدست آمده از منبع PERSIANN، A) شاخص CC، B) شاخص RMSE**



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۷. تغییرات مکانی شاخص‌های کارائی مربوط به داده‌های بارش روزانه بدست آمده از منبع PERSIANN-CDR، A) شاخص CC، B) شاخص RMSE**

## اعتبارسنجی منابع بارش بر اساس شاخص‌های آماری طبقه‌بندی

بسیاری از پدیده‌های آب‌وهوایی را می‌توان در حکم پیشامدهای دودویی ساده در نظر گرفت و هشدار در مورد این پیشامدها اغلب به صورت گزارش‌هایی کامل که این پدیده‌ها رخ می‌دهند یا نمی‌دهند صادر می‌شود. این نوع از پیش‌بینی‌ها گاهی اوقات با عنوان پیش‌بینی‌های بله/خیر شناخته می‌شوند (Taghavi *et al.*, 2012). پیشامدهای دودویی برای محاسبه شاخص‌های آماری طبقه‌بندی بارش کاربرد دارد. با توجه به توضیحات ارائه شده در مورد شاخص‌های آماری طبقه‌بندی رخدادهای بارش، در این پژوهش از میانگین شاخص‌های Accuracy، Bias، POD، FAR و CSI برای کل سلول‌های حوضه در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ جهت اعتبارسنجی داده‌های روزانه بارش، منابع اطلاعات بارش مختلف استفاده شده است، که در ادامه به بررسی یک به یک این شاخص‌ها، بر اساس نمودارهای رسم شده برای تمام منابع بارش مورد استفاده در پژوهش پرداخته می‌شود.

### شاخص Accuracy

یکی از ساده‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی دقت رویدادهای پیش‌بینی شده توسط منابع بارش مختلف، شاخص Accuracy می‌باشد که نشان دهنده کسری از همه پیش‌بینی‌های درست است. برای همین منظور مقادیر شاخص Accuracy مربوط به سه منبع بارش مورد استفاده در پژوهش، محاسبه گردید که نتایج آن در شکل (۸) آورده شده است. با توجه به شکل (۸) دقت همه منابع بارشی، به‌جزء PERSIANN در پیش‌بینی درست وقوع یا عدم وقوع بارش بالای ۰/۷ است که بیانگر عملکرد مناسب این منبع‌ها از نظر شاخص Accuracy در سطح حوضه آبریز دره‌رود می‌باشد. همچنین ملاحظه می‌شود که منبع بارشی CMORPH، بهترین عملکرد و منبع PERSAINN بدترین عملکرد را در سطح حوضه دره‌رود داشته‌اند.

### شاخص Bias

بر اساس رابطه ارائه شده برای تعیین Bias، برای ارزیابی داده‌های بارش روزانه منابع بارشی در سطح



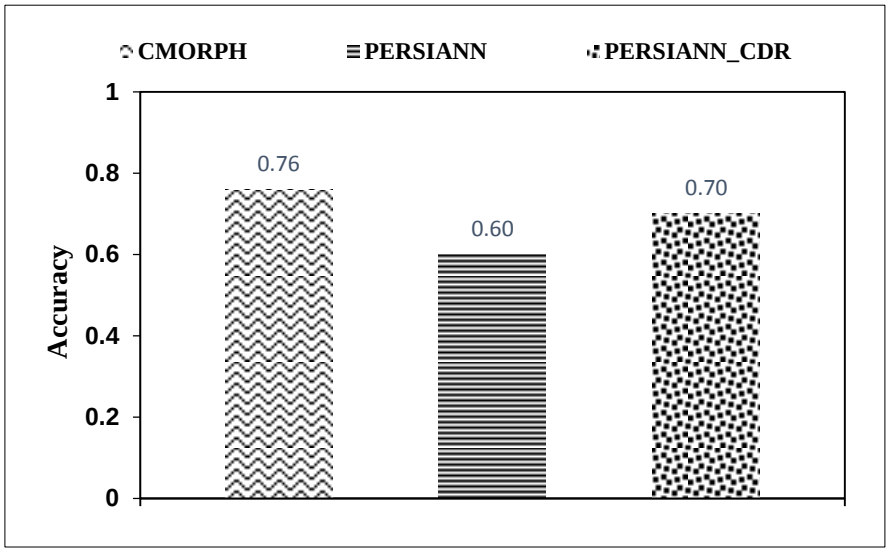
www.SID.ir

Archive of SID

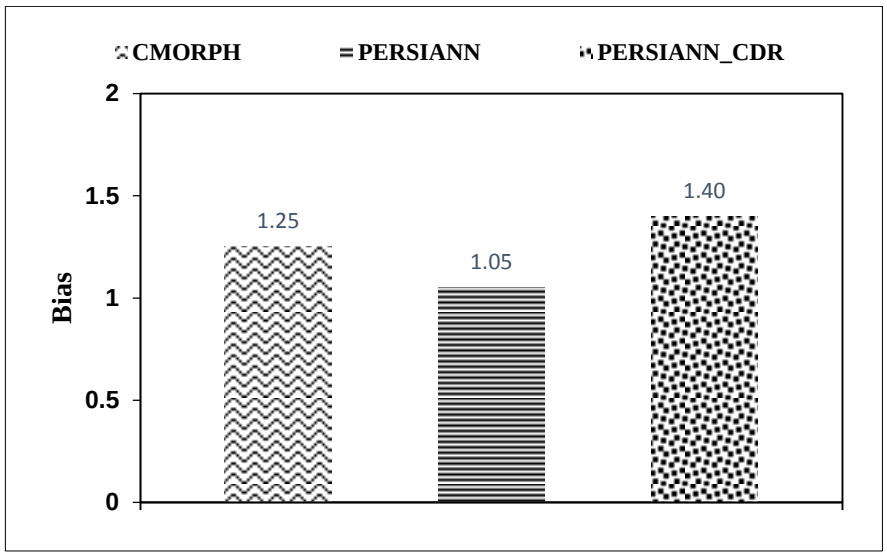


حوضه دره‌رود، اقدام به محاسبه این شاخص مهم گردید که نتایج حاصل از این بررسی در شکل (۹) نشان داده شده است.

این شاخص که برای تعیین میزان خطای منبع بارشی بکار می‌رود، دارای مقدار عددی بین صفر تا بی‌نهایت است. بدیهی می‌باشد که هر چه میزان این شاخص به عدد یک نزدیک‌تر باشد، منبع موردنظر با دارا بودن خطای کمتر، نتایج بهتری را ارائه خواهد نمود. نتایج عددی این آماره بصورت دو شاخص بیش برآورد و کم برآورد ارزیابی می‌شود. بر اساس شکل (۹) مشاهده می‌شود که عملکرد منابع بارشی CMORPH و PERSIANN-CDR بصورت بیش برآورد بوده است.




**شکل ۸. مقادیر متوسط شاخص Accuracy منابع بارشی در سطح حوضه آبریز دره‌رود**




**شکل ۹. مقادیر متوسط شاخص Bias منابع بارشی در سطح حوضه آبریز دره‌رود**



www.SID.ir

Archive of SID



این شاخص که برای تعیین میزان خطای منبع بارشی بکار می‌رود، دارای مقدار عددی بین صفر تا بی‌نهایت است. بدیهی می‌باشد که هر چه میزان این شاخص به عدد یک نزدیک‌تر باشد، منبع موردنظر با دارا بودن خطای کمتر، نتایج بهتری را ارائه خواهد نمود. نتایج عددی این آماره بصورت دو شاخص بیش برآورد و کم برآورد ارزیابی می‌شود. بر اساس شکل (۹) مشاهده می‌شود که عملکرد منابع بارشی CMORPH و PERSIANN-CDR بصورت بیش برآورد بوده است. یعنی تعداد وقایعی که این منابع بارشی پیش‌بینی کرده‌اند، بیش‌تر از تعداد وقایع مشاهده شده در ایستگاه‌های زمینی بوده است. همچنین ملاحظه می‌شود که مقدار شاخص Bias منبع بارشی PERSIANN نزدیک به عدد یک می‌باشد که نشانگر عملکرد بسیار خوب این منبع بارشی در تشخیص رخدادهای بارش اتفاق افتاده است.

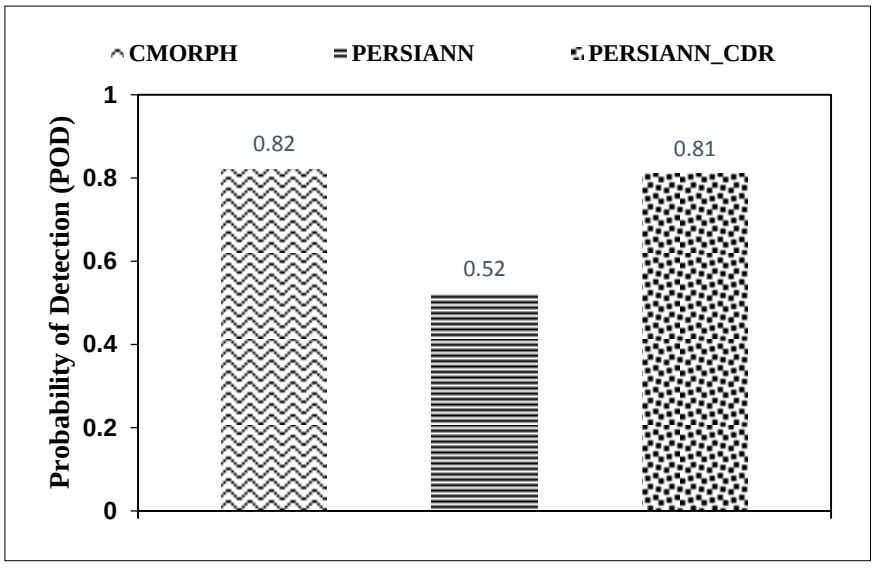
**شاخص Probability of Detection (POD)**

بر اساس رابطه ارائه شده در بخش‌های قبلی جهت تعیین شاخص POD برای ارزیابی داده‌های بارش روزانه منابع بارشی در سطح حوضه دره‌رود، اقدام به محاسبه این شاخص گردید که نتایج حاصل از این بررسی در شکل (۱۰) نشان داده شده است.

میزان این شاخص که احتمال تشخیص وقوع بارندگی را نشان می‌دهد، مقدار عددی بین صفر و یک دارد و هرچه میزان آن به یک نزدیک‌تر باشد، عملکرد منبع بارشی در تشخیص وقوع بارندگی بهتر است. بر اساس شکل (۱۰) مشاهده می‌شود که منابع بارشی PERSIANN-CDR و CMORPH بهترین عملکرد را در تشخیص وقوع بارندگی در حوضه مورد مطالعه داشته‌اند. همچنین ملاحظه می‌شود که منبع بارشی PERSIANN با دارا بودن مقدار شاخص POD، ۰/۵۱ از بدترین عملکرد در میان منابع بارشی برخوردار می‌باشد و نتوانسته است عملکرد مناسبی را در تشخیص وقوع بارندگی در سطح حوضه دره‌رود داشته باشد.

**شاخص False Alarm Ratio (FAR)**

جهت تعیین شاخص FAR برای ارزیابی داده‌های بارش روزانه منابع بارش در سطح حوضه دره‌رود، اقدام به محاسبه این شاخص گردید که نتایج حاصل از این بررسی در شکل (۱۱) نشان داده شده است.



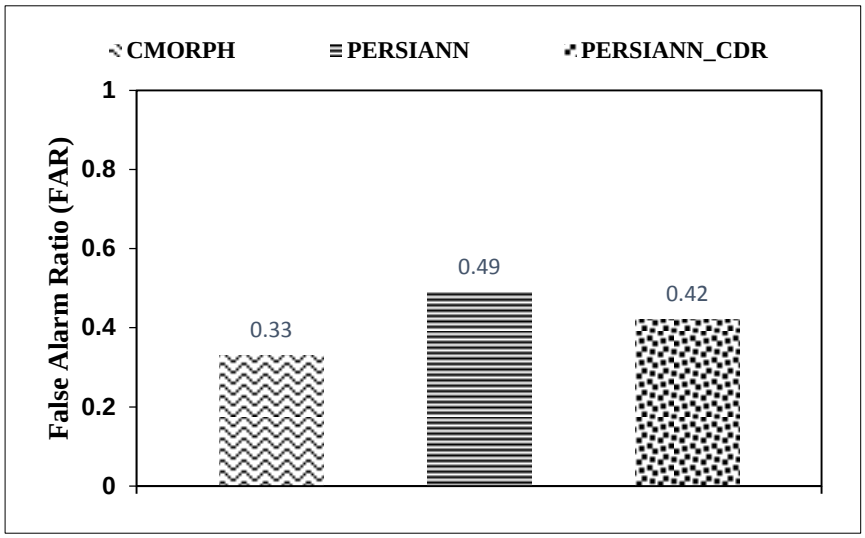

**شکل ۱۰. مقادیرمتوسط شاخص POD منابع بارشی در سطح حوضه آبریز دره‌رود**



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۱۱. مقادیر متوسط شاخص FAR منابع بارشی در سطح حوضه آبریز دره‌رود**

شاخص FAR بیانگر حالت‌هایی است که در آن داده بدست آمده از منبع بارشی وقوع بارش را نشان داده اما در داده‌های مشاهداتی بارشی ثبت نشده است. میزان این شاخص همواره دارای مقدار عددی بین صفر و یک می‌باشد و دارای جهت‌گیری منفی می‌باشد. بدین صورت که مقادیر کوچکتر آن، برآورد بهتری را نشان می‌دهد. بنابراین هرچه میزان این شاخص به صفر نزدیکتر باشد، یعنی منبع بارشی عملکرد بهتری در عدم ثبت گزارش‌های اشتباه خواهد داشت. بر اساس اعداد بدست آمده از رابطه FAR برای منابع بارش که در شکل (۱۱) قابل مشاهده است، به ترتیب بهترین عملکرد مربوطه به منابع بارشی CMORPH و PERSIANN-CDR می‌باشد و همچنین منبع بارشی PERSIANN همانند سایر شاخص‌های مورد بررسی در قسمت‌های قبل بدترین عملکرد را در سطح حوضه آبریز دره‌رود از خود نشان داده است و نتایج حاکی از دقت بسیار پایین این منبع در تخمین بارش می‌باشد. ثبت گزارش‌های اشتباه فراوان از وقوع بارندگی می‌تواند به این دلیل صورت بگیرد که منبع بارشی PERSIANN در مواقعی توانسته است تا بارش را به درستی تشخیص دهد، ولی به دلیل حجم کم بارش و تلفات در طی مسیر، بارش در سطح زمین مشاهده و ثبت نگردد که می‌تواند دلیلی بر ثبت گزارش اشتباه از سوی منبع بارشی باشد.

**شاخص Critical Success Index (CSI)**

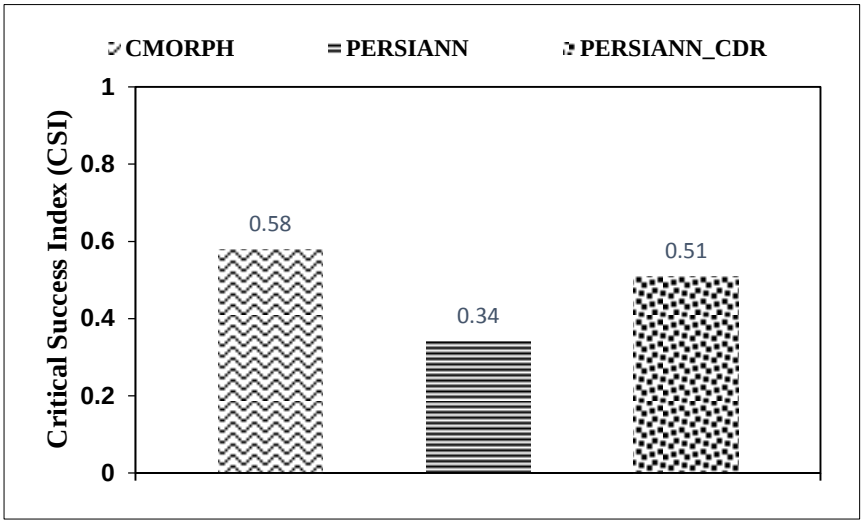
بر اساس رابطه ارائه شده در جدول (۲) جهت تعیین شاخص CSI برای ارزیابی داده‌های بارش روزانه منابع بارشی در سطح حوضه آبریز دره‌رود، اقدام به محاسبه این شاخص گردید که نتایج حاصل از این بررسی در شکل (۱۲) نشان داده شده است. میزان این شاخص که بیانگر نسبتی از وقوع بارش است که توسط منبع بارشی به درستی تشخیص داده شده است، مقدار عددی بین صفر و یک دارد و هرچه میزان آن به یک نزدیک‌تر باشد، عملکرد منبع بارشی در تشخیص وقوع بارندگی بهتر است. بر اساس محاسبات صورت گرفته؛ منبع بارشی PERSIANN-CDR عملکرد بهتری را در تشخیص وقوع بارندگی در سطح حوضه دره‌رود داشته است. همچنین مطابق نتایج شاخص‌های قبلی، منبع بارشی PERSIANN با دارا بودن مقدار شاخص CSI، ۰/۳٤ بدترین عملکرد را در میان منابع بارشی برخوردار می‌باشد و نتوانسته است عملکرد مناسبی را در تشخیص صحیح وقوع بارندگی در سطح حوضه آبریز بدست دهد.



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۱۲. مقادیر متوسط شاخص CSI منابع بارشی در سطح حوضه آبریز دره‌رود**

## نتیجه‌گیری

با توجه به ارزیابی‌های انجام پذیرفته در بخش‌های مختلف نتایج حاکی از این بود که منبع بارش CMORPH در مقایسه با دو منبع بارش دیگر یعنی PERSIANN و PERSIANN-CDR از دقت قابل قبولی برخوردار می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج اندک پژوهش‌های انجام پذیرفته در سطح کشور که منبع بارش CMORPH در آن‌ها مدنظر قرار داشته مطابقت دارد، به عنوان مثال در پژوهشی که در سطح حوضه گرگان‌رود توسط عبداللهی و همکاران (۱۳۹۶) انجام پذیرفت نتایج حاکی از عملکرد مناسب این منبع بارش در سطح حوضه داشت که این با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت دارد. همچنین در پژوهشی دیگر که در سطح حوضه Adgie در ایتالیا انجام پذیرفت نتایج حاکی از عملکرد مناسب CMORPH به عنوان یکی از منابع مختلف بارش داشت که این نیز گویای عملکرد مناسب این منبع بارش در بین منابع مختلف بارشی می‌باشد (Duan *et al.*, 2016). با این حال پژوهش‌های مختلفی چه در سطح بین‌المللی و چه در سطح کشور انجام پذیرفته که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر همخوانی ندارند به همین منظور به طور قطع نمی‌توان یک منبع بارشی را به عنوان منبع بارش بهینه انتخاب و مورد استفاده قرار داد. از بهترین روش‌های کاهش عدم قطعیت و تخمین درست بارش را می‌توان در استفاده ترکیبی از منابع مختلف بارش یافت. با این حال در پژوهش حاضر به‌دلیل برتری منبع بارش CMORPH نسبت به دو منبع بارش دیگر می‌توان با اعمال تصحیح اریبی این منبع بارش را در مطالعات منابع آبی همچون مدل‌سازی هیدرولوژیکی در سطح حوضه دره‌رود مورد استفاده قرار داد.

## فهرست منابع

Ashouri. H. P. Nguyen. A. Thorstensen. K. Hsu. S. Sorooshian. D. Braithwaite. 2016. Assessing the Efficacy of High-Resolution Satellite-Based PERSIANN-CDR Precipitation Product in Simulating Streamflow. Journal of Hydrometeorology 17(7): 2061-2076.

Ashouri. H. Hsu K L. Sorooshian. S. Braithwaite. D. K. Knapp K. R. Cecil. L. D. Prat. O. P. 2015. PERSIANN-CDR: Daily precipitation climate data record from Multisatellite observations for hydrological and climate studies. Bulletin of the American Meteorological Society 96(1): 69-83.

Bohnenstengel. S. Schlüenzen. KH. Beyrich. F.2011. Representatively of in situ precipitation measurements - a case study for the LITFASS area in North-Eastern Germany. Journal of Hydrology 400 (3-4): 387-395.



www.SID.ir

Archive of SID



Dembele. M. S. J. Zwart. 2016. Evaluation and comparison of satellite-based rainfall products in Burkina Faso. West Africa. International Journal of Remote Sensing 37(17): 3995-4014.

Duan. Z. Liu. J. Tuo. Y. Chiogna C. 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.

De Leeuw J. J. Methven. M. Blackburn. 2015. Evaluation of ERA-Interim reanalysis precipitation products using England and Wales observations. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 141 (688): 798-806.

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

Hosseini-Moghari. Seyed-Mohammad. Shahab Araghinejad. and Kumars Ebrahimi. 2018. Spatio-temporal evaluation of global gridded precipitation datasets across Iran. Hydrological sciences journal 63.11 .1669-1688.

Hsu. KL. Gao. X. Sorooshian. S. Gupta. HV. 1997. Precipitation estimation from remotely sensed information using artificial neural networks. Journal of Applied Meteorology 36: 1176-1190.

Javanmard. S. A. Yatagai. M. 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 25: 119-125.

Krogh. S. A. Pomeroy. J. W. McPhee. J. 2015. Physically Based Mountain Hydrological Modeling Using Reanalysis Data in Patagonia. Journal of Hydrometeorology 16(1): 172-193.

Katiraie-Boroujerdy. P. S. N. Nasrollahi. K. Hsu. S. Sorooshian. 2013. Evaluation of satellite-based precipitation estimation over Iran. Journal of arid environments 97: 205-219.

Li. X. H. Q. Zhang. And C. Y. Xu. 2012. Suitability of the TRMM satellite rainfalls in driving a distributed hydrological model for water balance computations in Xinjiang catchment. Poyang lake basin. Journal of Hydrology 426: 28-38.

Moazami. S. S. Golian. Y. Hong. C. Sheng and M. R. Kavianpour. 2016. Comprehensive evaluation of four high-resolution satellite precipitation products under diverse climate conditions in Iran. Hydrological Sciences Journal 61(2): 420-440.

Sharifi. E. R. Steinacker and B. 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 8(2): 135-148.

Xie. ZH. Yuan. F. Duan. Q. Liang. M. Chen. F. 2007. Regional parameter estimation of the VIC land surface model: methodology and application to river basins. Journal of Hydrometeorology 8(3): 447-468.

Zhao. T. and A. Yatagai. 2014. Evaluation of TRMM 3B42 product using a new gauge-based analysis of daily precipitation over China. International Journal of Climatology 34(8): 2749-2762.

عزیزیان، الف.، شایقی، الف. و بروکا، ل. ۱۳۹۸. ارزیابی کارائی منابع بارشی بازتحلیل شده و مبتنی بر تکنیک‌های سنجش از دور جهت مدلسازی هیدرولوژیکی با استفاده از مدل بزرگ مقیاسVIC-3L. مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۱۵ (۲): ۷۲–۵۷.

عبدالهی، ب.، حسینی موغاری س. و ابراهیمی، ک. ۱۳۹۶. ارزیابی داده‌های ماهواره‌ای TRMM 3B42RT V7 و CMORPH به منظور تخمین بارش در حوضه گرگانرود. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۱ (۳۶): ۵۵–۶۸.

رحمتی، الف.، مساح‌بوانی، ع. ۱۳۹۸. ارزیابی پایگاه داده‌های جهانی بارش برای استفاده در مدل‌های فیزیکی، مطالعه موردی: حوزه آبریز کارون. مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۱۵ (۱): ۱۹۲–۱۷۸.

میان آبادی، الف.، علیزاده، الف.، ثنایی‌نژاد، ح.، بنایان اول، م. و فریدحسینی ع. ۱۳۹۳. ارزیابی آماری خروجی مدل CMORPH در برآورد بارش شمال شرق ایران (مطالعه موردی: خراسان شمالی). نشریه آب وخاک، ۵ (۲۷): ۹۱۹–۹۲۷.



www.SID.ir

Archive of SID

ISSN 2251-7480

# Evaluation of High Resolution precipitation products over Dare-Roud Ardebil basin

**Alireza Pilpayeh[1*], Afshin Shayeghi[2], Aydin Bakhtar[3], Akbar Rahmati[4] and Afshin Vatankhah[5]**

1) Assistant Professor Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Parsabad Moghan Branch, Parsabad
(*- Corresponding Author, Email:A.pilpayeh54@yahoo.com)
2) Master of Science in Water Resources Engineering, Water Engineering Dept., IKIU University, Qazvin
3) Master of Science in Water Resources Engineering, Water Engineering Dept., University of Urmia
4) Master of Science in Water Resources Engineering, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Tehran University
5) Master of Science in Water Resources Engineering, Islamic Azad University, Parsabad Moghan Branch

Received: 22-08-2019 Accepted: 11-05-2020

Abstract

Inappropriate distribution of precipitation measurement stations has increased the use of gridded precipitation datasets consisting of satellite. reanalysis and ground- based datasets .Accurate measurement and estimation of precipitation amounts and events is very important. With the increasing development of satellite technologies in recent decades. access to high spatio- temporal resolution of precipitation data has been provided in many parts of the world. Given that these precipitation datasets cannot be used without initial assessment due to uncertainties in estimating cloud and precipitation thickness. The purpose of this study was to evaluate CMORPH. PERSIANN and PERSIANN-CDR precipitation datasets based on statistical indices such as contingency table indices at Dare-roud basin which is located in Ardabil province. Results show that CMORPH product performs better in estimating basin precipitation in most of the stations with RMSE index less than 3 mm and CC index higher than 0.7. Also in terms of the contingency table indices. The CMORPH performs better in most of the indices (except Bias) than other products. So it is recommended to correct its bias and use this precipitation product in future studies in Dare-Roud basin.

**Keywords:** Satellite, Precipitation, Resolution, Contingency table, Grid



www.SID.ir