

ارزیابی داده‌های بارش با استفاده از مدل‌های CHIRPS و PERSIANN

(مطالعه موردی بندرعباس)

چکیده

دسترسی به داده‌های بارشی وسیع با دقت مناسب، می‌تواند نقش موثری در برنامه‌ریزی‌های آبیاری و مدیریت منابع آبی ایفا نماید. تصاویر ماهواره‌ای با تولید داده‌های زیاد، وسیع، ارزان و به‌روز به‌عنوان راهکاری عملی جهت تخمین بارش مطرح می‌باشد. بدین‌منظور، در این تحقیق با استفاده از سامانه گوگل‌ارث‌انجین و محصولات بارش حاصل از تصاویر ماهواره‌ای مدل PERSIANN و CHIRPS در بازه‌های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه به ارزیابی و صحت‌سنجی مقدار بارش ایستگاه بندرعباس طی دوره آماری ۲۰۲۰-۱۹۸۳ پرداخته شد. نتایج نشان داد که برآورد بارش توسط ماهواره‌های PERSIANN و CHIRPS در مقیاس ماهانه و سالانه از دقت بیش‌تری نسبت به مقیاس روزانه برخوردار بوده و در مقیاس‌های ماهانه و سالانه، بیش‌ترین ضریب همبستگی و کم‌ترین مقدار RMSE متعلق به الگوریتم PERSIANN می‌باشد. مقدار ضریب همبستگی الگوریتم PERSIANN در مقیاس‌های روزانه و ماهانه و سالانه به‌ترتیب برابر با ۰/۳۲، ۰/۸۳ و ۰/۹۴ و ضریب همبستگی الگوریتم CHIRPS در مقیاس‌های روزانه و ماهانه و سالانه به‌ترتیب برابر با ۰/۲۴، ۰/۷۱ و ۰/۹۰ به‌دست آمد. مقدار ضریب تبیین (R^2) الگوریتم‌های PERSIANN و Chirps در مقیاس ماهانه به‌ترتیب برابر با ۰/۸۹ و ۰/۷۰ و در مقیاس سالانه به‌ترتیب برابر با ۰/۸۸ و ۰/۸۰ به‌دست آمد. نتیجه‌گیری کلی این بود که دقت هر دو الگوریتم در تعیین الگوی مکانی بارندگی در مقیاس ماهانه و سالانه مناسب بوده و الگوریتم PERSIANN از دقت بالاتری در مقیاس زمانی ماهانه برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی بارش، تصاویر ماهواره، گوگل‌ارث، ماهواره‌ای PERSIANN و CHIRPS.

مقدمه

بارش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مولفه‌های هواشناسی از اهمیت ویژه و نقش مهمی در چرخه آب، مدل‌سازی‌های هیدرولوژیکی و مدیریت منابع آب برخوردار است (۲۸)، همچنین این مولفه به‌عنوان مهم‌ترین ورودی مدل‌های هیدرولوژیکی سطح زمین، به‌واسطه دارا بودن تغییرات زمانی و مکانی قابل توجه، پیچیده‌ترین پدیده در چرخه هیدرولوژیکی نیز به‌شمار می‌آید، در نتیجه تخمین دقیق این مولفه برای رسیدن به نتایج هیدرولوژیکی قابل اعتماد، امری ضروری بوده و عدم دقت در برآورد مقدار بارش می‌تواند خطای

معنی‌داری در مقدار رواناب شبیه‌سازی ایجاد نماید. اگرچه بارش ثبت شده در ایستگاه‌های بارش زمینی همچنان یکی از دقیق‌ترین روش‌های اندازه‌گیری بارش است، اما پراکندگی ایستگاه‌های هواشناسی و توزیع نامناسب مکانی آنها در تعیین مقدار بارش و پهنه‌بندی آن تأثیر بسزایی داشته (۲۷) و پایین بودن توان تفکیک مکانی و زمانی شبکه ایستگاه‌های زمینی (به خصوص در کشورهای در حال توسعه) منجر به ظهور روش‌های نوین و منابع جدید تخمین بارش با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور شده است.

در سال‌های اخیر با استفاده از گوگل‌ارث‌انجین امکان تحلیل تمامی مناطق، پوشش‌ها و کاربری‌های سطح زمین با قدرت تفکیک زمانی بالا به صورت سری زمانی فراهم گردیده است. در واقع گوگل‌ارث‌انجین یک پایگاه داده، تحلیل مکانی و متن باز (open source) است که کاربران را قادر می‌سازد کاربرد تصاویر ماهواره‌ای بلندمدت را لمس و تجزیه و تحلیل کنند. دانشمندان و پژوهشگران از گوگل‌ارث‌انجین برای تحقیقات سنجش از دور، کشاورزی، مدیریت بلایای طبیعی، پیش‌بینی شیوع بیماری، مدیریت منابع طبیعی و غیره استفاده می‌کنند، این تصاویر ماهواره‌ای موجود در گوگل‌ارث‌انجین همراه با ابزار و محاسبات لازم برای تجزیه و تحلیل‌های پیشرفته مکانی، می‌تواند محققین را به پژوهش‌های فراتحلیلی برساند. در گوگل‌ارث‌انجین محققین می‌توانند هم در سطح جهانی و سیاره‌ای و هم در سطح محلی به پردازش و تحلیل مکان‌های خود بپردازند، به عبارتی، سامانه گوگل‌ارث‌انجین یک ابزار ارزشمند برای تحلیل پیامدهای تغییرات آب و هوایی و گرمایش جهانی با حداقل وابستگی به نرم افزارهای تخصصی و تصاویر ماهواره‌ای است. حال سؤالی که بیش از حد مورد توجه است این است که این نرم‌افزار با چه دقتی و درجه بازه زمانی می‌تواند در مناطق مختلف مفید باشد و برای پژوهشگران و کاربران اجرایی قابل توصیه است. از آنجایی که داده‌های بارشی مبتنی بر تکنیک‌های سنجش از دور، امکان دسترسی به داده‌های بارشی با گام‌های زمانی و مکانی مختلف را در کمترین زمان ممکن و بدون هیچ هزینه‌ای میسر می‌سازند، تحقیقات ارزشمند بارشی مبتنی بر سنجش از دور که از توان تفکیک مکانی و زمانی مناسبی برخوردار باشند همچون تحقیقات ماهواره‌های PERSIAAN (۱۰ و ۲۹) و CMORPH (۱۳) و TRMM (۱۱) انجام گردیده است. این تحقیقات طی دهه‌های گذشته، منجر به تولید داده‌های ماهواره‌ای زیادی گردیده است. بر این اساس، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و مدل‌سازی می‌تواند کمک بسیار مهمی در تدقیق اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی نماید، از این رو داده‌های سنجش از دور با بعد وسیع‌تر با قابلیت ذخیره سطح وسیعی از اطلاعات و توزیع آنها و همچنین ابزارهای تفکیک زمانی و مکانی بالا می‌تواند در مناطقی که باران‌سنج نیز وجود ندارد مقدار بارش را تعیین نماید، در دسترس بودن و تولید بدون وقفه داده‌های ماهواره‌ای، آنها را به منابعی با ارزش برای

تخمین مقدار بارش تبدیل کرده است که این امر موجب شده است که این روش‌ها در مناطقی که ایستگاه‌های هواشناسی وجود ندارد بسیار پرکاربرد باشد (۱۷).

برای تخمین بارندگی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تکنیک‌های متفاوتی وجود دارد این تکنیک‌ها به سه روش مستقیم، غیرمستقیم و ترکیبی تقسیم می‌شوند. در روش‌های مستقیم از تصاویر مادون قرمز و در روش‌های غیرمستقیم از تصاویر ماکروویو غیرفعال استفاده می‌شود (۳۰). نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که بارش از همبستگی بالاتری با تابش ماکروویو نسبت به تابش مادون قرمز برخوردار است، به دلیل هزینه بالای واسنجی داده‌های به دست آمده از رادار و عدم توجه اقتصادی برای تعیین توزیع بارندگی، امروزه از امواج ماکروویو فعال و غیرفعال به وسیله سنجنده‌های نور مرئی و مادون قرمز جهت تخمین بارش در مقیاس زمانی کوتاه مدت استفاده می‌گردد (۳۰).

امروزه از محصولات مختلف سنجنش از دور که از مدل‌های عددی مشتق می‌شوند مانند Eta (۲۱) و PERSIANN (۱۶، ۲۹ و ۱) استفاده می‌شود. این اطلاعات با ارزش در معرض خطا بوده و می‌بایست قبل از استفاده مورد ارزیابی قرار گیرد (۲۳). پومئون و همکاران (۲۴) در تحقیقی به ارزیابی داده‌های سنجنش از دور و داده‌های باز تحلیل در منطقه غرب آفریقا پرداخته و نتیجه گرفتند استفاده از ماهواره‌هایی که بر مبنای تابش‌های مادون قرمز و ماکروویو استوارند، نتایج بهتری ارائه می‌دهد. سروشیان و همکاران (۲۹) با مقایسه دو مجموعه داده شبکه‌بندی شده ماهانه با وضوح بالا در سین کیانگ چین نتیجه گرفتند که داده‌های CHIRPS نسبت به PERSIANN-CDR در مقیاس ماهانه و سالانه دارای دقت بیشتر می‌باشد. نتیجه پژوهش پورکو و همکاران (۲۵) با استفاده از ماهواره TRMM در دو مقیاس روزانه و ماهانه نشان داد که کاربرد داده‌های تولیدی این ماهواره برای شبیه‌سازی پروژه‌های هیدرولوژیکی در مقیاس ماهانه جهت برآورد بیلان آبی قابل قبول می‌باشد. کولیسچن و همکاران (۳) در حوزه رودخانه آپاجو بر اساس تصاویر سه ساعته TRMM و مقادیر اندازه‌گیری شده باران سنج‌ها در سطح حوزه نشان دادند که با استفاده از این روش می‌توان به مکان‌یابی درست محل نصب باران‌سنج‌های زمینی پرداخت. مددی و همکاران (۱۸) با بررسی دقت داده‌های مدل TRMM در برآورد بارش روزانه، ماهانه و سالانه در مقیاس مکانی ۰/۲۵ در ۰/۲۵ درجه برای دوره آماری ۲۰۱۲-۲۰۰۰ و مقایسه آن با داده‌های بارش در ۳۰ ایستگاه هواشناسی (سینوپتیک و کلیماتولوژی) در حوزه مرزی غرب ایران، همبستگی معنی‌داری در سطح پنج درصد بین داده‌های بارش زمینی و ماهواره‌ای در مقیاس‌های ماهانه و سالانه بدست آوردند.

منگ و همکاران (۲۰) در مطالعه‌ای در شمال فلات تبت برای ارزیابی کمی بارش در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۸ - ۱۹۹۸ از محصول TRMM Multi satellite (TPA-3B42(V6) Precipitation Analysis) استفاده نموده و با مقایسه داده‌های تخمینی از ماهواره و مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های زمینی نشان دادند که توزیع زمانی و مکانی بارش در مقیاس روزانه با مقادیر اندازه‌گیری شده ارتباط کمتری داشته درحالی که داده‌های ماهانه دارای رابطه خطی مناسب با داده‌های باران‌سنجی می‌باشند.

سروشیان و همکاران (۲۹) با استفاده از داده‌های سنجش از دور و شبکه‌های عصبی مصنوعی، مدل تخمین بارش PERSIANN را پیشنهاد کردند. آن‌ها در تحقیق خود از تصاویر مادون قرمز ماهواره GOES و داده‌های بارش تجمعی روزانه ماهواره TRMM استفاده نمودند. ضریب همبستگی بین بارش برآورد شده توسط مدل و داده‌های رادارهای هواشناسی مرکز ملی داده‌های اقلیمی آمریکا حدود ۰/۷ بود. همچنین آن‌ها در مناطق با تراکم بالای ایستگاه‌های هواشناسی، ضرایب همبستگی بالاتری (از ۰/۷۷ تا ۰/۹) بین مقادیر مدل PERSIANN و داده‌های بارش ماهانه سازمان جهانی هواشناسی به‌دست آوردند.

فدیاس و همکاران (۵) برای تخمین بارش در مدیترانه از الگوریتم CST36 استفاده کردند. این الگوریتم مبتنی بر داده‌های مادون قرمز است که با استفاده از داده‌های رادار بارش TRMM، واسنجی شده است. مقایسه بین داده‌های به‌دست آمده از این روش و داده‌های زمینی نشان داد که ضریب همبستگی در فصل تابستان، زیاد بوده ولی در فصل زمستان پایین است.

متکان و همکاران (۱۹) با استفاده از روش همسان‌سازی احتمالات، داده‌های مادون قرمز ماهواره‌های متئوستو و TRMM را ترکیب کرده و برای تخمین بارش در حوضه آبریز مادرسو در استان گلستان استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که بین تخمین ماهواره و مشاهدات زمینی همبستگی ۰/۵۳ وجود دارد، در این تحقیق همچنین معیارهای آماری RMSE و MAE به‌ترتیب برابر با ۹/۷۴ و ۶/۶۷ به‌دست آمد.

هیل و همکاران (۹) با استفاده از سنجش از دور چند طیفی به تشخیص و تخمین بارندگی در حوضه رود نیل در اتیوپی پرداخته و بدین منظور از داده‌های TRMM و تصاویر ماهواره متئوست استفاده نمودند. آن‌ها همچنین از مدل نمایی برای تخمین بارندگی از باند مادون قرمز حرارتی استفاده نموده و داده‌های به‌دست آمده از این مدل را با مشاهدات به دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی

مقایسه نمودند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که برای تشخیص نرخ بارش بالاتر از یک میلیمتر در ساعت، شاخص‌های دمای درختندگی ۸/۳۲ میکرون و نرخ تغییر دمای درختندگی ۸/۳۲ میکرون بهتر از سایر شاخص‌ها عمل می‌کند.

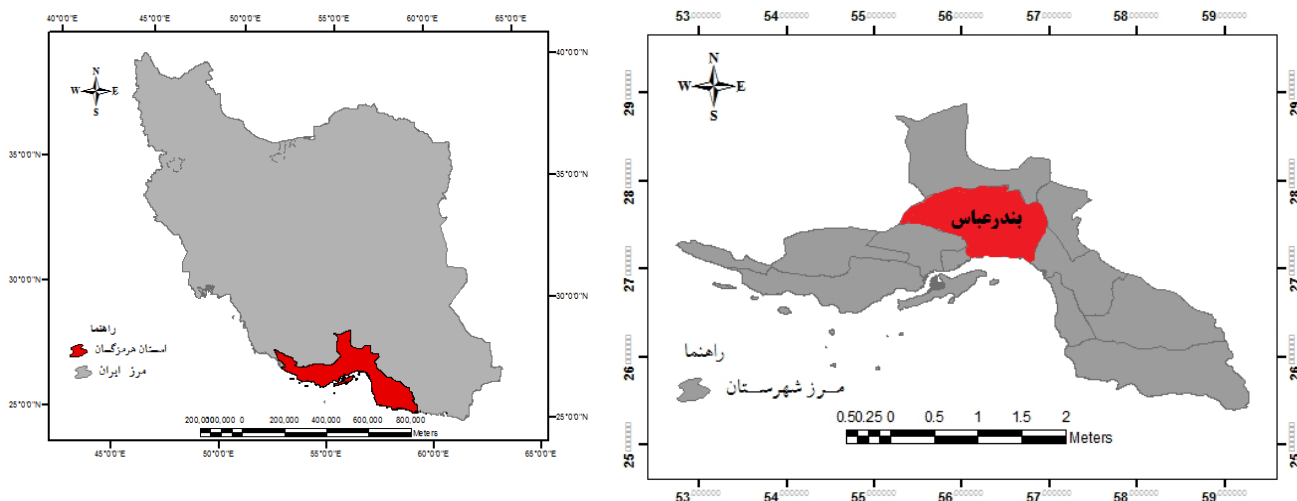
فانگ و همکاران (۴) طی مطالعه حوزه ژیا تو با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش کوکریجینگ و ارائه روابط رگرسیونی بر اساس توپوگرافی، بارش و پوشش گیاهی نقشه‌های هم بارش را با دقت مناسب ارائه نمودند.

هدف از انجام این تحقیق، بررسی دقت داده‌های برآوردی ماهواره‌ای بارش با استفاده از دو الگوریتم PERSIANN و CHIRPS می‌باشد.

مواد و روش کار

منطقه مورد مطالعه

شهر ساحلی بندرعباس (مرکز استان هرمزگان که در جنوب ایران قرار دارد) به دلیل قرارگیری در شمال تنگه‌ی هرمز و دروازه اصلی ورود و خروج کالاهای مورد نیاز و تولیدی کشور از اهمیت زیادی برخوردار است. این منطقه در عرض $27^{\circ}11'$ تا $27^{\circ}12'30''$ شمالی و طول جغرافیایی $56^{\circ}20'$ تا $56^{\circ}21'$ شرقی (با مساحت $913/0$ کیلومتر مربع) واقع شده است. نمایی از منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) آمده است. جهت استخراج داده‌های زمینی بارش از داده‌های ثبتي روزانه بارش ایستگاه سینوپتیک بندرعباس با مشخصات $27^{\circ}15'$ شمالی و $56^{\circ}15'$ شرقی با ارتفاع 10 متر از سطح دریا طی دوره آماری 17 ساله (سال 2000 تا 2017) استفاده گردید.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان هرمزگان

روش کار

در این تحقیق از دو الگوریتم بارشی سنجش از دور مدل PERSIANN و CHIRPS به ترتیب در بازه‌های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه استفاده شد، هر دو الگوریتم در سامانه گوگل ارث انجین موجود بوده اما نیاز به برنامه‌نویسی برای فیلتر کردن زمان و مکان مورد مطالعه، تعیین اندازه پیکسل‌ها و انتخاب نوع محصول دارد که تمامی این برنامه‌ها در محیط گوگل ارث انجین به صورت برنامه‌نویسی جاوا انجام شده است.

داده‌های CHIRPS از ابتدای ژانویه ۱۹۸۱ تا اول آوریل ۲۰۲۰ به صورت روزانه بدست آمدند. محصول CHIRPS یک مجموعه داده با بیش از سی سال بارندگی و قدرت تفکیک مکانی ۰/۵ درجه در مقیاس جهانی می‌باشد. در واقع محصول CHIRPS تنها اطلاعات خام ماهواره‌ای نبوده بلکه توسط ایستگاه‌های زمینی تدقیق شده است. محصول CHIRPS بیشتر برای اهداف پایش خشکسالی فصلی و تحلیل روند تهیه شده است. لازم به ذکر است که این محصول تنها برای بارندگی صفر تا ۱۴۴۴/۴۳ میلیمتر در روز اعتبار دارد (۷).

داده‌های بارش ماهانه PERSIANN با تفکیک مکانی ۰/۲۵ طولی و عرضی روی شبکه‌ای با محدوده جغرافیایی بین ۲۵° تا ۴۰° شمالی و ۴۴° تا ۶۳° شرقی در مورد ایران و طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ با داده‌های باران‌سنجی زمینی با همین تفکیک مکانی

مقایسه شد، سپس با استفاده از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک بندرعباس مقادیر بارش به صورت روزانه، ماهانه و سالانه از سال ۱۹۸۳ تا ۲۰۲۰ با استفاده از شاخص‌های آماری مورد مقایسه و صحت‌سنجی قرار گرفت.

الگوریتم پرسین (PERSIANN)

الگوریتم PERSIANN (برآورد بارش از اطلاعات سنجش از دور با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی) در سال ۱۹۹۷ توسعه یافته و بر اساس کار توأم اطلاعات ماهواره LEO و نمونه‌های فرکانس بالا ماهواره GEO استوار می‌باشد. ورودی الگوریتم در تصاویر ماهواره‌های GEO و PERSIANN با بازیابی طول موج مادون قرمز و مرئی و در تصاویر ماهواره‌های LEO با بازیابی طول موج ماکروویو ایجاد می‌گردد. در واقع الگوریتم PERSIANN یک مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) با الگوی Feedforward عصبی چندلایه می‌باشد (۱۰). این مدل ترکیبی شامل دو فرآیند می‌باشد: الف) انتقال تصاویر مادون قرمز به یک لایه پنهان از طریق یک فرآیند خوشه‌بندی اتوماتیک (به شکلی که به عنوان نقشه مشخصه خودسازماندهی (SOFM) شناخته می‌شود، هدف از این عمل شناسایی و طبقه‌بندی الگوها در داده‌های ورودی است) و ب) ترسیم نقشه خوشه‌های گسسته SOFM در لایه پنهان به یک فضای پیوسته از خروجی‌ها (ازجمله میزان بارش). مطالعات اعتبارسنجی نشان می‌دهد که تخمین‌های بارش، بطور قابل توجهی توسط تنظیم داده‌های بدست آمده از طول موج‌های مادون قرمز و مایکروویو، بهبود یافته‌اند (۱۰). پارامترهای این مدل، به‌طور منظم با استفاده از تصاویر ماهواره‌های با مدار پایین (Low-orbital) مانند DMSP, NOAA-17, NOAA-16, NOAA-15, TRMM (Defense Meteorological Satellite Program), F13, F14 و F15 به‌روز می‌شوند. الگوریتم برآورد بارش PERSIANN بطور کاربردی از سال ۱۹۸۳ با پوشش سراسری از ۶۰ درجه شمالی تا ۶۰ درجه جنوبی، در دسترس می‌باشد، مطالعاتی در زمینه کاربرد و ارتقای الگوریتم اصلی PERSIANN توسط سروشیان و همکاران (۲۹) و سو و همکاران (۱۰) انجام شده است. این محصول بارشی دارای توان تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه و مقیاس زمانی روزانه و ماهانه برای بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ برای بخش‌های اعظمی از دنیا می‌باشد.

الگوریتم CHIRPS

به‌منظور تحلیل فضایی میانگین بارش، از داده‌های بارش رقومی ماهواره‌ای CHIRPS که دارای قدرت تفکیک بالایی است، استفاده شد. روش ترکیبی CHIRPS یک الگوریتم وزنی معکوس و دارای چندین ویژگی منحصربه‌فرد است. در این مدل، ابتدا برای تعریف

فاصله از وابستگی محلی استفاده می‌شود (این فاصله جایی است که همبستگی نقطه به نقطه برآورد شده، صفر است). داده‌های CHIRPS از مقیاس زمانی ۶ ساعته تا ۳ ماهه با تفکیک مکانی ۰/۰۵×۰/۰۵ درجه قوسی در دسترس است (۶). مدل CHIRPS برای نظارت بر خشکسالی و تغییرات اقلیمی در مقیاس شبه جهانی و همچنین تجزیه و تحلیل روندهای بلندمدت مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۹). این مدل، داده‌های بارش از سال ۱۹۸۱ تا نزدیک‌ترین زمان به حال حاضر را با پوشش نیمه‌جهانی ۵۰ درجه شمالی تا ۵۰ درجه جنوبی ارائه می‌دهد (۷)، در این پژوهش به منظور همگام کردن داده‌های ایستگاهی، سال شروع برداشت داده‌ها، سال ۱۹۸۳ انتخاب و با دوره آماری ایستگاه بندرعباس منطبق گردید.

معیارهای آماری ارزیابی دقت داده‌های ماهواره‌ای

در پژوهش حاضر به منظور بررسی دقت داده‌های برآورد ماهواره‌ای بارش ایستگاه بندرعباس با استفاده از الگوریتم‌های PERSIANN و CHIRPS در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۸ در مقیاس روزانه و سال ۱۹۸۳ تا ۲۰۲۰ در مقیاس ماهانه و سالانه از ضرایب آماری میانگین قدر مطلق خطا، میانگین مربعات خطا، مجذور میانگین مربعات خطا، ضریب همبستگی پیرسون، ضریب کارایی مدل نش-ساتکلیف، میانگین خطای مطلق و ضریب تعیین استفاده گردید.

$$MAD = \frac{\sum |Y_t - F_t|}{n} \quad (۱)$$

$$MSE = \frac{\sum e_t^2}{n} \quad (۲)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{model,i})^2}{n}} \quad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum e_t^2}{n}} \quad (۴)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \quad (۵)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (OBS_i - SIM_i)^2}{\sum_{i=1}^n (OBS_i - \overline{OBS})^2} \quad (۶)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n |O_i - P_i| \quad (۷)$$

که در آن: MAD: میانگین قدر مطلق خطا، MSE: میانگین مربع خطا، RMSE: مجذور میانگین مربع خطا، r ضریب همبستگی پیرسون، NS ضریب کارایی مدل نش ساتکلیف و MAE: میانگین خطای مطلق می‌باشد. پارامترهای P ، O_i ، O_{ave} و n به ترتیب نشان‌دهنده داده‌های مشاهده شده، برآورد شده، میانگین داده‌های مشاهده‌ای و تعداد مشاهدات می‌باشند.

نتایج

نتایج نشان داد که دقت هر دو مدل بارش PERSIANN و Chrisp نزدیک، مناسب و قابل قبول بوده و با توجه به نتایج آماره RMSE، مدل PERSIANN نسبت به مدل Chrisp، وقایع بارندگی را در بین تمامی وقایع اتفاق افتاده، دقیق‌تر پیش‌بینی نموده است. مقدار شاخص MAE نیز نشان داد که مدل PERSIANN دارای پیش‌بینی بارندگی‌های غیرواقعی کمتری نسبت به مدل Chrisp می‌باشد. با توجه به شاخص‌های آماری بین مقادیر مشاهداتی و برآورد شده بارش، بیشترین دقت مدل‌های PERSIANN و Chrisp به ترتیب مربوط به مقیاس‌های سالانه، ماهانه و روزانه بدست آمد (جدول ۱).

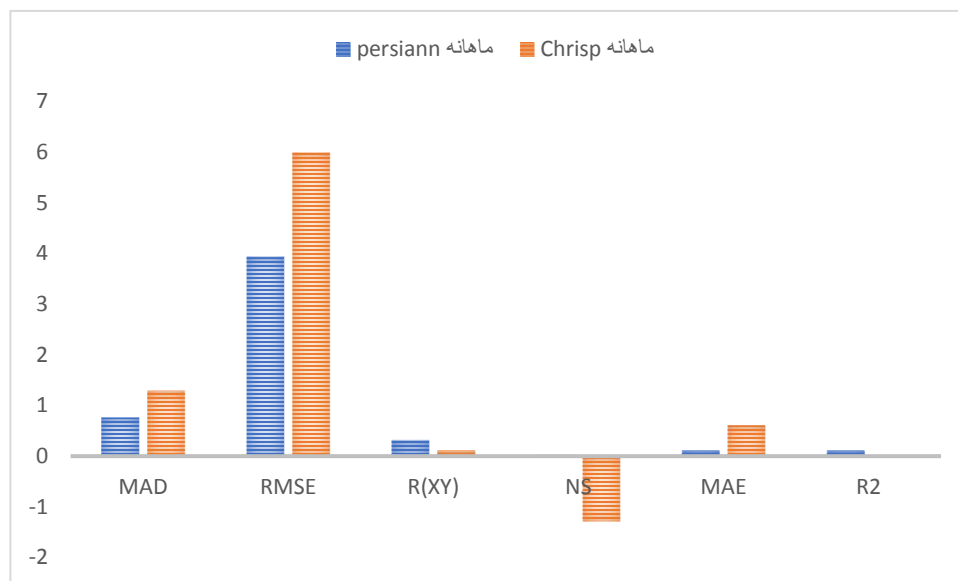
بیشترین مقدار ضریب R در دوره سالانه در هر دو الگوریتم PERSIANN و Chrisp به ترتیب برابر با ۰/۹۴ و ۰/۹۰ و کمترین مقدار خطای RMSE طی همین دوره سالانه نیز در این الگوریتم‌ها به ترتیب برابر با ۴/۸۲۸ و ۶/۶۶۱ به دست آمد (جدول ۱).

جدول ۱- شاخص‌های ارزیابی بارش ماهانه

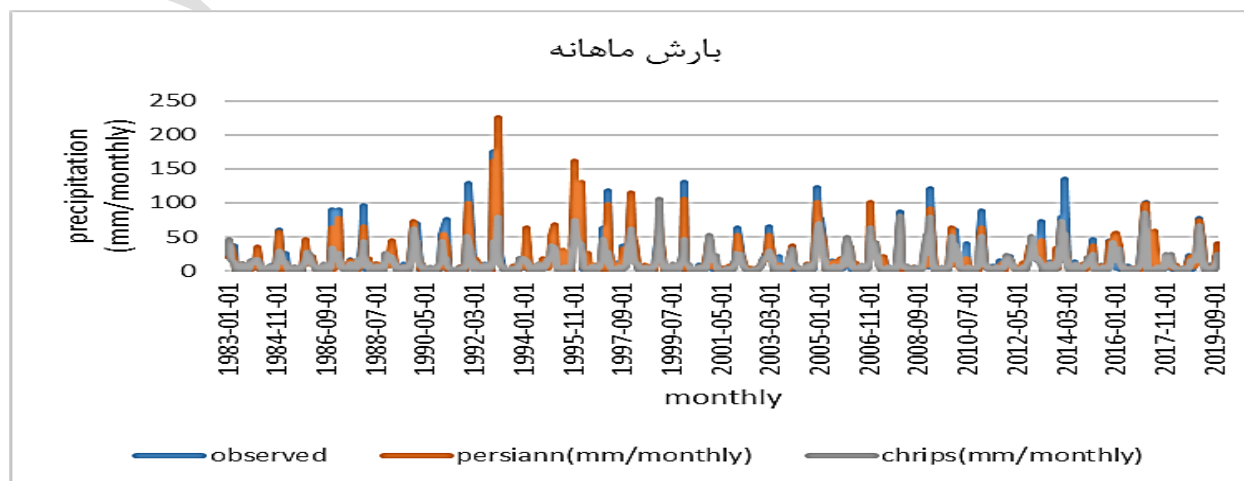
دوره آماری	مدل بارشی	MAD	MSE	RMSE	R(XY)	NS	MAE	R2
روزانه	PERSIANN	0.763	15.387	3.923	0.324	0.024	0.11	0.11
	Chrisp	0.67	16.701	4.087	0.243	-0.06	-0.05	0.06
ماهانه	PERSIANN	0.881	19.961	4.464	0.831	0.024	-0.020	0.89
	Chrisp	1.062	31.102	5.573	0.712	-1.275	-0.232	0.70
سالانه	PERSIANN	0.787	23.30	4.828	0.94	0.698	0.107	0.88
	Chrisp	0.924	44.36	6.661	0.90	0.1955	-0.246	0.80

نتایج شکل ۲ نشان می‌دهد که مدل PERSIANN از دقت بالاتری نسبت به مدل Chrisp برخوردار است. نتایج موفقیت‌آمیز کاربرد داده‌های مدل PERSIANN در پیش‌بینی بارش در سایر تحقیقات نیز به اثبات رسیده است (۲۷).

غالباً مدل‌های PERSIANN و Chripس دچار بیش‌برآوردی هستند، این بیش‌برآوردی گاهی تا چند ده برابر نیز مشاهده می‌گردد، اصولاً وقوع بارش‌های منطقه در فصل زمستان اتفاق افتاده و در ماه‌های پرباران، این ماهواره‌ها از دقت مناسب کمتری برخوردار هستند (شکل ۳).

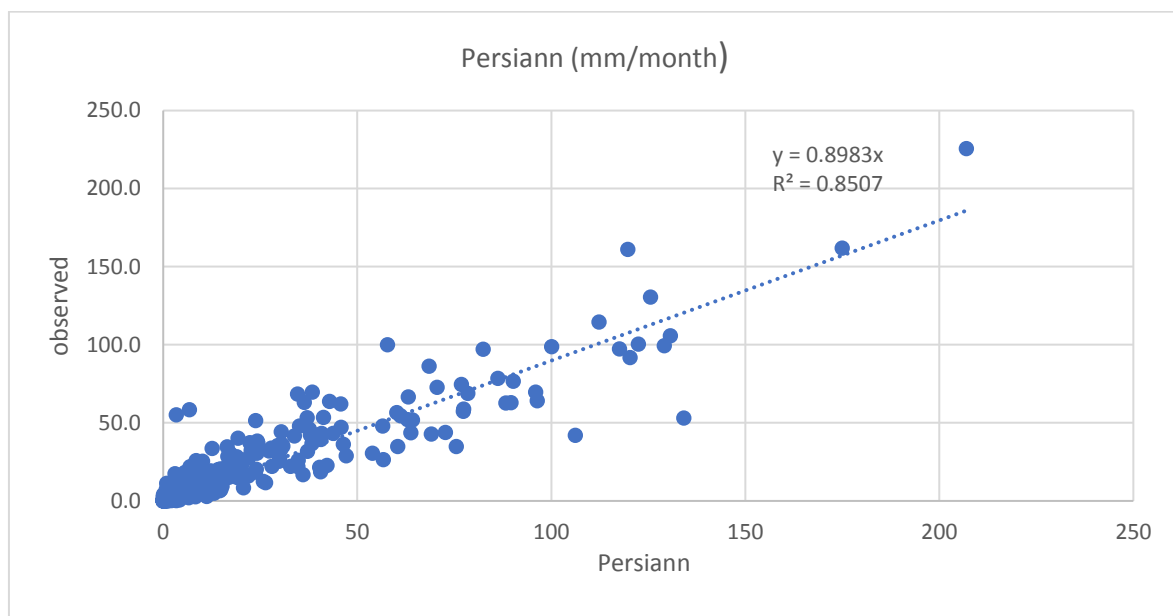


شکل ۲: مقایسه ضرایب آماری داده‌های ماهواره‌ای با ایستگاه مورد مطالعه

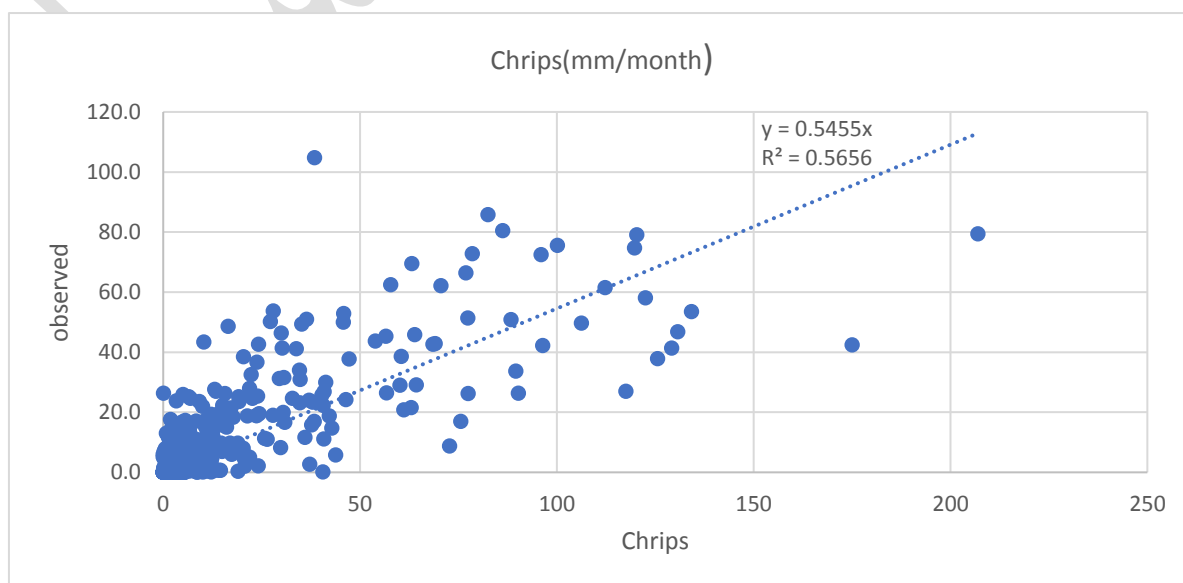


شکل ۳- سری زمانی داده‌های ماهانه تصاویر ماهواره‌های Persiann و Chripس و داده‌های مشاهداتی در ایستگاه مورد مطالعه

مقدار ضریب تبیین (R^2) الگوریتم‌های PERSIANN و Chrips در مقیاس ماهانه به ترتیب برابر با ۰/۸۹ و ۰/۷۰ و در مقیاس سالانه به ترتیب برابر ۰/۸۸ و ۰/۸۰ بدست آمد. این نتایج نیز نشان‌دهنده برتری الگوریتم PERSIANN نسبت به الگوریتم Chrips می‌باشد. (شکل‌های ۴ و ۵).



شکل ۴- نتایج مدل PERSIANN و اندازه گیری شده بارش ماهانه در ایستگاه بندرعباس (۱۹۸۳-۲۰۲۰)



شکل ۵- نتایج مدل CHRIPS و اندازه گیری شده بارش ماهانه در ایستگاه بندرعباس (۱۹۸۳-۲۰۲۰)

بررسی مقادیر ماهانه آماره‌ها نیز نشان می‌دهد که ماهواره PERSIANN از دقت به مراتب بالاتری نسبت به ماهواره Chrisp برخوردار است. مقدار آماره RMSE در مدل PERSIANN در مقیاس روزانه، ماهانه و سالانه به ترتیب برابر با ۳/۹۲۳، ۵/۵۷۳ و ۴/۸۲۸ و در مدل Chrisp در مقیاس روزانه، ماهانه و سالانه به ترتیب برابر با ۴/۰۸۷، ۵/۵۷ و ۶/۶۶۱ بدست آمده است، مقادیر بالاتر این آماره در مدل Chrisp، نشان‌دهنده دقت کمتر آن می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر پارامترهای آماری برای بررسی دقت داده‌های ماهانه ماهواره‌های PERSIANN و CHRIPS

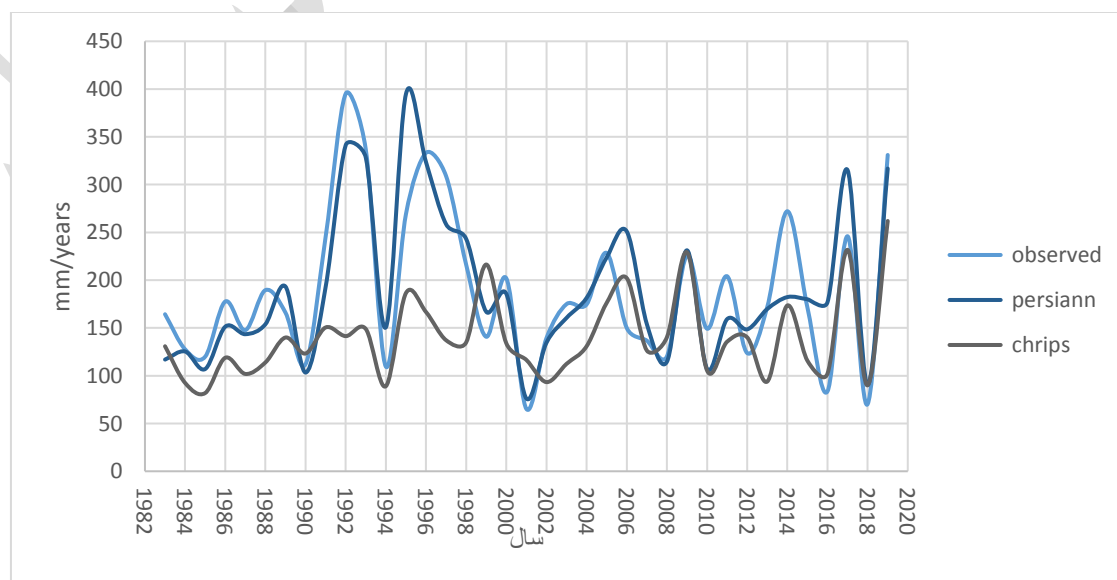
شاخص	مدل	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
MAD	PERSIANN	0.72	0.70	0.74	0.67	0.66	0.67	0.67	0.68	0.67	0.67	0.67	0.69
	Chrisp	0.72	0.71	0.75	0.67	0.66	0.66	0.66	0.68	0.66	0.67	0.68	0.71
MSE	PERSIANN	17.90	16.62	19.82	15.52	15.32	15.39	15.74	16.36	15.39	15.71	15.49	16.35
	Chrisp	18.55	18.05	23.44	15.42	15.27	15.28	15.34	16.33	15.27	16.21	15.66	18.04
RMSE	PERSIANN	4.23	4.08	4.45	3.94	3.91	3.92	3.97	4.05	3.92	3.96	3.94	4.04
	Chrisp	4.31	4.25	4.84	3.93	3.91	3.91	3.92	4.04	3.91	4.03	3.96	4.25
R(XY)	PERSIANN	0.55	0.56	0.58	0.26	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.27	0.28	0.55
	Chrisp	0.51	0.45	0.46	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.25	0.43
NS	PERSIANN	0.27	0.21	0.33	-0.08	-0.08	-0.09	-0.11	-0.07	-0.09	-0.04	-0.05	0.22
	Chrisp	0.24	0.14	0.21	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.07	-0.08	-0.07	-0.06	0.14
MAE	PERSIANN	-0.02	0.01	-0.04	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.03	-0.02	-0.03	-0.02	-0.01
	Chrisp	-0.04	-0.01	-0.08	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.03	-0.04	-0.03	-0.03
R^2	PERSIANN	0.30	0.31	0.34	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.30
	Chrisp	0.26	0.20	0.22	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.19

مقدار ضریب تبیین (R^2) در ماهواره PERSIANN بین ۰/۳۴-۰/۰۶ و در ماهواره CHIRPS، بین ۰/۲۶-۰/۰۶ متغیر بوده است. در ماهواره PERSIANN، بیشترین مقدار ضریب تبیین (R^2) برابر با ۰/۳۴ مربوط به ماه ژوئن و کمترین مقدار این آماره برابر با ۰/۰۶ مربوط به ماه‌های می، ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر بدست آمد، در مدل CHIRPS نیز بیشترین مقدار ضریب تبیین (R^2) برابر با ۰/۲۶ مربوط به ماه ژوئن و کمترین مقدار آن برابر با ۰/۰۶ مربوط به ماه‌های آپریل، می، ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر و اکتبر بدست آمد (جدول ۲).

نتایج بدست آمده در بازه زمانی سالانه نشان می‌دهد کارایی مدل PERSIANN در بازه زمانی سالانه از دقت مناسبی برخوردار بوده و این بازه زمانی جهت کاربردهای عملی و تحقیقاتی قابل توصیه می‌باشد (شکل‌های ۶ و ۷).

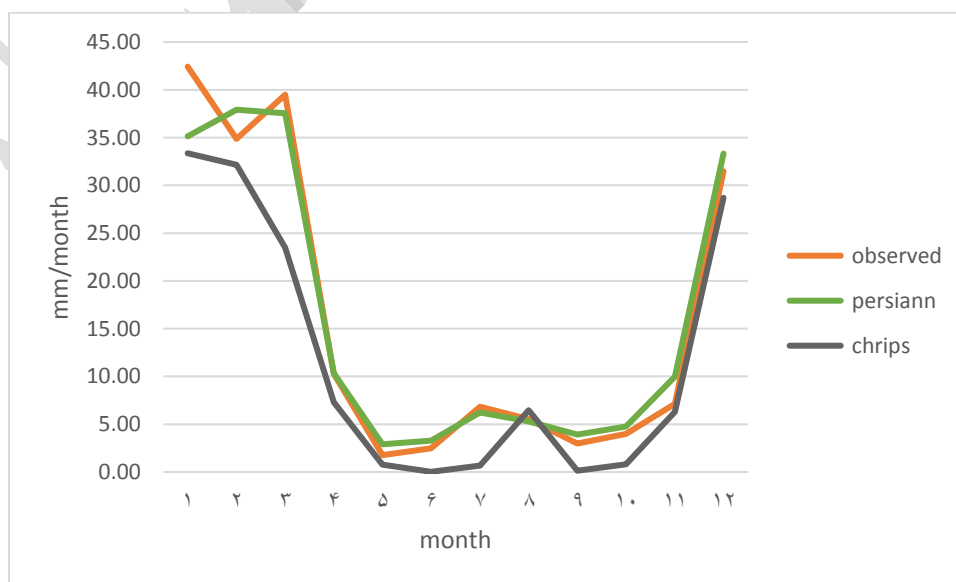


شکل ۶- میانگین بارش سالانه در مدل‌های با داده‌های مشاهداتی PERSIANN و CHIRPS در منطقه مورد مطالعه



شکل ۷- سری زمانی داده‌های سالانه تصاویر ماهواره‌های PERSIANN و CHIRPS و داده‌های زمینی در ایستگاه بندرعباس

برخلاف نتایج ضعیف برآورد روزانه بارش، دقت بالاتر و مناسب نتایج ماهانه برآورد بارش حاکی از آن است که در بازه زمانی طولانی‌تر، شاخص کارایی مدل، افزایش چشمگیری داشته و جواب‌های معقولی بدست آمده است (شکل ۸)، این نتیجه با نتایج تحقیقات کتیرایی و همکاران (۱۴) و مددی و همکاران (۱۸) همخوانی دارد. طبق این نتایج توصیه می‌گردد جهت برآورد بارش با استفاده از ماهواره‌های PERSIANN و CHIRPS، از داده‌های ماهانه استفاده شود. در این تحقیق مقدار خطای برآورد بارش، ۴۰ درصد بدست آمد که خطای نسبتاً زیادی محسوب می‌شود، قاجارنیا و همکاران (۸) ضمن تحقیق مشابهی با مقدار خطای ۴۴ درصد روبرو گردیدند، این میزان خطا نشان می‌دهد که می‌بایست در کارهای آتی با به کارگیری محصولاتی با الگوریتم دقیق‌تر، میزان خطای برآورد را کاهش داد. مقدار متوسط RMSE در این تحقیق نیز در حدود ۵/۳ میلیمتر بدست آمد که با نتایج معظمی و همکاران (۲۲) مطابقت دارد. برآورد کمتر بارش توسط ماهواره‌های مورد مطالعه نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده بارش (جدول ۲) توسط جوانمرد و همکاران (۱۲) نیز گزارش گردیده است. شاخص‌های آماری همچنین نشان می‌دهد که به طور متوسط به میزان ۳/۱ میلی‌متر به طور متوسط مقدار بارش کمتر برآورد گردیده است (جدول ۲)، بروجردی (۲) نیز طی مطالعه‌ای، نتایج مشابهی بدست آورده است.



شکل ۸- مقایسه میانگین بلند مدت ماهانه بارش بر پایه داده‌های مشاهداتی ایستگاه سینوپتیک بندرعباس و دو مدل PERSIANN و

CHIRPS

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت شاخص پارامتر بارش در تأمین نیاز آبی شبکه های آبیاری و زهکشی، ذخایر سدها و تغذیه منابع آب های سطحی و زیرزمینی، وقوع سیلاب ها و خشکسالی ها و پیدایش و پیشرفت روزافزون کاربرد ماهواره ها، پایش و مانیتورینگ مقادیر بارش، ارزان و گسترده گردیده است. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی داده های بارش پیش بینی شده توسط ماهواره های PERSIANN و CHIRPS در شهر بندرعباس و حصول اطمینان از کاربرد این داده ها انجام گردید. پیش بینی های هر دو ماهواره PERSIANN و CHIRPS نزدیک به هم و در حد قابل قبول و از نوع بیش برآوردی بوده و بیشترین دقت مدل های PERSIANN و CHIRPS به ترتیب مربوط به مقیاس های ماهانه و سالانه بدست آمد. نتیجه گیری کلی تحقیق این است که با توجه به برتری ماهواره PERSIANN بر CHIRPS می توان از ماهواره PERSIANN به عنوان ابزاری قوی جهت پایش و پیش بینی بارش استفاده نمود.

نتایج نشان داد که برآورد بارش توسط ماهواره های PERSIANN و CHIRPS در مقیاس ماهانه و سالانه از دقت بیش تری نسبت به مقیاس روزانه برخوردار بوده و در مقیاس های ماهانه و سالانه، بیشترین ضریب همبستگی و کمترین مقدار RMSE متعلق به الگوریتم PERSIANN می باشد. مقدار ضریب همبستگی الگوریتم PERSIANN در مقیاس های روزانه و ماهانه و سالانه به ترتیب برابر با $0/32$ ، $0/83$ و $0/94$ و ضریب همبستگی الگوریتم CHIRPS در مقیاس های روزانه و ماهانه و سالانه نیز به ترتیب برابر با $0/32$ ، $0/83$ و $0/94$ بدست آمد، ضمن آنکه کمترین مقدار خطا (RMSE) در الگوریتم PERSIANN در مقیاس روزانه، ماهانه و سالانه به ترتیب برابر با $3/923$ ، $4/461$ و $4/828$ حاصل شد.

نتیجه گیری کلی تحقیق نشان می دهد که با استفاده از الگوریتم های PERSIANN و CHIRPS در بازه ماهانه و سالانه می توان با اطمینان قابل قبولی مقدار بارش را مخصوصاً در مناطقی که اطلاعات بارشی مناسبی وجود ندارد برآورد نموده و به جهت کاهش خطای برآورد و حصول داده های دقیق تر توصیه می گردد که الگوریتم های دقیق تری را با توجه به شرایط خشک و نیمه خشک کشور و با توجه به تغییر اقلیم در این سامانه قدرتمند پیاده نمود.

منابع

1. Adler, RF., C. Kidd, G. Petty, M. Morissey, and HM. Goodman. 2001. Intercomparison of global precipitation products: The third Precipitation Intercomparison Project (PIP-3). *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82(7): 1377- 1396.
2. Boroojerdi, P. 2014. Comparison of monthly satellite and terrestrial precipitation data in high resolution zinc networks. *Iranian Journal of Geophysics*. 7(4): 149- 160.
3. Collischonn, B., W. Collischonn, and CEM. Tucci. 2008. Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates. *Journal of Hydrology*, 360(1): 207-216.
4. Fang, J., J. Du, W. Xu, P. Shi, M. Li, and X. Ming. 2013. Spatial downscaling of TRMM precipitation data based on the aerographical effect and meteorological conditions in a mountainous area. *Advances in Water Resources*, 61: 42-50.
5. Feidas, H., G. Kokolatos, A. Negri, M. Manyin, N. Chrysoulakis, and Y. Kmarianakis. 2009. A validation of an infraredbased satellite algorithm to estimate accumulated rainfall over the Mediterranean basin, *Theoretical and Applied Climatology*, 95:91- 109.
6. Funk, C. C., P.J. Peterson, M. F. Landsfeld, D. H. Pedreros, J. P. Verdin, J. D. Rowland, B. E. Romero, G. J. Husak, J. C. Michaelsen, and A. P. Verdin. 2014. A quasi-global precipitation time series for drought monitoring. U.S. Geol. Surv. Data Ser.
7. Funk, C., P. Peterson, M. Landsfeld, D. Pedreros, J. Verdin, Sh. Shukla, G. Husak, J. Rowland, L. Harrison, A. Hoell and J. Michaelsen. 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations-a new environmental record for monitoring extremes". Scientific Data 2, 150066. doi:10.1038/sdata.2015.662015.
8. Ghajarnia, N., A.P. Daneshkar, M. Liaghat, and S. Araghinejad. 2019. Error Analysis on PERSIANN Precipitation Estimations: Case Study of Urmia Lake Basin, Iran. *J. Hydrol. Eng.* 23, DOI: 10.1061/(ASCE)HE.19435584.0001643.
9. Haile, A.T., T. Rientjes, A. Gieske, and M. Gebremichael. 2010. Multispectral remote sensing for rainfall detection and estimation at the source of the Blue Nile River., *Int. J. of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12: 76- 82.
10. Hsu, KL., X. Gao, S. Sorooshian, and HV. Gupta. 1997. Precipitation estimation from remotely sensed information using artificial neural networks. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 36(9):1176- 1190.
11. Huffman, G.J. 2012: Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version 3.0 for the NASA Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG). GPM Project, Greenbelt, MD, 29 pp. Hughes, D.A. Comparison of satellite rainfall data with observations from gauging station networks. *J. Hydrol.* 327: 399-410.
12. Javanmard, S., A. Yatagai, M. M. Nodzu, J. BodaghJamali, and H. Kawamoto. 2010. Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimate of TRMM_3B42 over Iran. *Adv. Geosci.* 25: 119-125.
13. Joyce, RJ., JE. Janowiak, PA. Arkin, P. Xie. 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(3):487- 503.

14. Katirae Boroujerdy, P. S. 2014. Comparison of high-resolution gridded monthly satellite and ground-based precipitation data over Iran. *Iranian journal of geophysics*. 7 (4): 149- 160.
15. Katirae, B.P.S., N. Nasrollahi, L.K. Hsu, and S. Sorooshian, 2013. Evaluation of satellite-based precipitation estimation over Iran. *J. Arid Environ.* 97: 205– 219.
16. Katsanos D, Retalis A, Michaelides S. 2016. Validation of a high-resolution precipitation database (CHIRPS) over Cyprus for a 30-year period. *Atmospheric Research*. 1(169):459- 464.
17. Kidd C, Levizzani V. 2011. Status of satellite precipitation retrievals. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(4): 1109- 1116.
18. Madadi, Gh., S. Hamzeh. and A. A. Noroozi. 2015. Evaluation of rainfall on a daily, monthly and annual basis using satellite imagery (Case study: west boundary basin of Iran). *RS & GIS natural resources*. 6(2): 59- 74.
19. Matkan, A, A, D. Shakiba, J. Ashourlou, J. BodaghJamali. and V. Mohammadian. 2008. Ability to combine infrared and inactive microwave data Remote sensing and rainfall estimation and flood monitoring (Case study: Golestan province). *Iranian journal of remote sensing and GIS*. 1(2): 31- 44.
20. Meng. J., L. Li, Z. Hao, J. Wang and Q. Shao. 2014. Suitability of TRMM satellite rainfall in driving a distributed hydrological model in the source region of Yellow River. *Journal of Hydrology*, 509: 320- 332.
21. Mesinger, F., S.C. Chou, J.L. Gomes, D. Jovic, P. Bastos, J.F. Bustamante, L. Lazic, A.A. Lyra, S. Morelli and I. Ristic. 2012. An upgraded version of the Eta model. *Meteorol Atmos. Phys*. 116: 63-79.
22. Moazami, S., S. Golian, M. R. Kavianpour and H. Yang. 2013. Comparison of PERSIANN and V7 TRMM multi-satellite precipitation analysis (TMPA) products with rain gauge data over Iran. *Int. J. Remote Sens*. 34 (22): 8156- 8171.
23. Nogueira, S.M.C., M.A. Moreira and M.M.L. Volpato. 2018. Valuating Precipitation Estimates from Eta, TRMM and CHRIPS Data in the South-Southeast Region of Minas Gerais State-Brazil. *Remote Sens*. 10(313): 16. NOAA National Centers for Environmental Information.
24. Poméon T, D. Jackisch and B. Dieckrüger. 2017. Evaluating the performance of remotely sensed and reanalysed precipitation data over West Africa using HBV light. *Journal of hydrology*. 1(547): 222- 235.
25. Porcù. F., L. Milani and M. Petracca. 2014. On the uncertainties in validating satellite instantaneous rainfall estimates with rain gauge operational network. *Atmospheric Research*, 144: 73- 81.
26. Rasouli, A. A., M. Erfanian, B. Sari-Sarraf and Kh. Jawan. 2016. Comparative evaluation of estimated TRMM rainfall and recorded rainfall of ground stations. *Journal of geographic space*. 16(54): 195- 217.
27. Sharma S. 2003. Study of precipitating systems by Doppler weather radar and TRMM rainfall radar, Department of Physics, Kohima Science College, Jotsoma, Kohima, Nagaland, India-797002.
28. Shayeghi. A., A. Azizian and L. Brocca. 2020. Reliability of reanalysis and remotely sensed precipitation products for hydrological simulation over the Sefidrood River Basin, Iran. *Hydrological Sciences Journal*. 65(2): 296- 310.
29. Sorooshian, S., K. L. Hsu, X. Gao, H. V. Gupta, B. Imam and D. Braithwaite. 2000. Evaluation of PERSIANN system satellitebased estimates of tropical rainfall. *Bull. Am. Meteorol. Soc*. 81: 2035-2046.

30. Tafteh, A., S. Mallah and N. A. EbrahimiPak. 2020. Investigation of daily, ten-day and monthly data of satellite images in estimating precipitation using Google Earth Engine system in Khuzestan province. *Journal of Soil and Water Resources Protection*. 93- 104.

پایان کار

Evaluation of precipitation data using CHIRPS and PERSIANN models

(Case study of Bandar Abbas)

Abstract

Access to large body data with appropriate accuracy can play an effective role in irrigation planning and water resources management. A product with high, wide, cheap, and up-to-date data generation is a good way to get the most out of it. For this purpose, in this research, using the Google Earth engine system and precipitation products from satellite images of PERSIANN and CHIRPS models in daily, monthly and annual time intervals to evaluate and validate the amount of precipitation in Bandar Abbas station during the statistical period. It was paid in 2020-1983. The results showed that the estimation of precipitation by PERSIANN and CHIRPS satellites on a monthly and annual scale is more accurate than the daily scale and in monthly and annual scales, the highest correlation coefficient and the least RMSE belong to Persian algorithm. The value of correlation coefficient in PERSIANN algorithm in daily, monthly and annual scales is equal to 0.32, 0.83 and 0.94, respectively, and the value of correlation coefficient in CHIRPS algorithm in daily, monthly and annual scales is equal to 0.24, 0.71 and 0.90, respectively. The explanation coefficient (R^2) of PERSIANN and Chrips algorithms on a monthly scale were 0.89 and 0.70, respectively, and on an annual scale were 0.88 and 0.80, respectively. The general conclusion of this study showed that the accuracy of the two algorithms in determining the spatial pattern of rainfall on a monthly and annual scale is appropriate and the PERSIANN algorithm has a higher accuracy on a monthly time scale.

Key words: Precipitation pattern, satellite imagery, Google Earth, PERSIANN and CHIRPS satellites.