



## بررسی کارایی تولیدات PERSIANN و PERSIANN-CDR در برآورد بارش مناطق نیمه‌خشک زاگرس

لیلا قربانی<sup>۱\*</sup>، رضا جعفری<sup>۲</sup>، حسین بشری<sup>۳</sup>

۱. دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

\* نویسنده مسئول: [l.ghorbani@na.iut.ac.ir](mailto:l.ghorbani@na.iut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۵

### چکیده

بارندگی یکی از مهم‌ترین عامل‌های تاثیرگذار در تراکم و درصد تاج پوشش گیاهی، فرسایش و مخاطرات طبیعی است و برآورد آن به منظور مدیریت منابع آب دارای اهمیت است. به علت نبود دسترسی به برخی مناطق از جمله مناطق کوهستانی، مناطق خشک و نیمه خشک و بیابانی و نیز عدم پوشش کامل مکانی و زمانی بارندگی، محصولات ماهواره‌ای به عنوان جایگزین معرفی شده‌اند. در پژوهش حاضر، به منظور بررسی کارایی تولیدات PERSIANN و PERSIANN-CDR، داده‌های ماهانه و سالانه این محصولات از نظر سه شاخص آماری ضریب همبستگی، خطای جذر میانگین مربعات و اریبی نسبی با داده‌های ایستگاه‌های استان چهارمحال و بختیاری در بازه زمانی سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که در هر دو مقیاس ماهانه و سالانه بیش‌ترین ضریب همبستگی، کم‌ترین RMSE و کم‌ترین اریبی نسبی متعلق به PERSIANN-CDR بود. برآورد بارش توسط PERSIANN و PERSIANN-CDR در مقیاس ماهانه از دقت بیش‌تری نسبت به مقیاس سالانه برخوردار بود. در مورد PERSIANN، در مقیاس ماهانه ضریب همبستگی معادل ۰/۸۳۳ و در مقیاس سالانه معادل ۰/۴۶۵ به دست آمد و در مورد تولیدات PERSIANN-CDR ضریب همبستگی داده‌های ماهانه معادل ۰/۸۷۷ و برای داده‌های سالانه معادل ۰/۶۴۱ به دست آمد که از نظر آماری معنی‌دار بودند. با توجه به عدم دسترسی به شبکه کامل ایستگاه هواشناسی در نقاط مختلف و لزوم بررسی میزان رواناب حوزه‌ها، بررسی دوره‌های خشکسالی و مطالعات پوشش گیاهی، استفاده از تولیدات ماهواره‌ای بارش با تفکیک مکانی و زمانی بالا می‌تواند به عنوان پایگاه اطلاعاتی مناسبی در مطالعات اقلیمی به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران در نظر گرفته شود.

**واژگان کلیدی:** بارش ماهواره‌ای؛ ضریب همبستگی؛ خطای جذر میانگین مربعات؛ اریبی نسبی

## ■ مقدمه

خصوصیات بارش مانند الگوهای مکانی و زمانی و شدت و مدت بارش تأثیر زیادی بر چرخه هیدرولوژیک دارند (۲۳). علاوه بر آن، برخی از مهم‌ترین پدیده‌های طبیعی مانند سیل، خشکسالی و رانش زمین به شدت به بارش وابسته‌اند (۲۸). بررسی بارش برای مدیریت مخاطرات جوی مانند سیل، استحصال و بهره‌برداری منابع آب و پوشش گیاهی، کنترل فرسایش و سایر عوامل دارای اهمیت زیادی است (۴). اطلاعات بارش ایستگاه‌های هواشناسی در طول دهه‌های متعدد به منظور تخمین بارش مورد استفاده قرار گرفته است، اما کارایی این داده‌ها بستگی به پراکنش ایستگاه‌های منطقه دارد (۱۳). تخمین پراکنندگی بارش با روش‌های میانبایی داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و روش‌های زمین‌آماري<sup>۱</sup> (۱۱) به منظور تعیین پراکنندگی بارش مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی این روش‌ها نیازمند پراکنش کافی و متراکم ایستگاه‌ها هستند (۳۲). از طرفی به دلیل‌های: خطای آماربرداری، داده‌های ناقص ایستگاه‌ها، تأثیر باد بر مقادیر بارش ثبت شده و عدم دسترسی به شبکه‌ی یکپارچه ایستگاهی (۲۶) و نیز صعب‌العبور بودن مناطق (۱۲) مطالعه بارش به آسانی میسر نیست. به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود اطلاعات بارش، این بوم‌نظام‌ها را در معرض مدیریت نادرست قرار داده و اداره‌ی این مناطق را مشکل‌تر ساخته است. بررسی بارش، اطلاع از منابع آبی و آگاهی از زمان وقوع سیلاب در بیابان‌ها می‌تواند موجب پیشگیری از هدررفت منابع با ارزش آب در بیابان شود و با مدیریت درخور، این مناطق را توسعه دهد. از این رو تولیدهای ماهواره‌ای به‌عنوان جایگزینی مناسب در برآورد بارش معرفی گردیده‌اند. خوارزمیک‌های متعددی با بهره‌گیری از داده‌های مادون قرمز ماهواره‌های زمین‌آهنگ به‌منظور برآورد بارش گزارش شده‌است (۹،۳). استفاده از رادار به‌منظور تخمین بارش با استفاده از خوارزمیک شبکه عصبی (۳۱)، استفاده از داده‌های میکروویو (۲۷) و نیز طبقه‌بندی ابرها با مشخصه‌های مکانی و زمانی ابر (۱۵)

از جمله روش‌های برآورد بارش می‌باشند. اندازه‌گیری بارش با استفاده از فناوری سنسور از دور به دلیل تفکیک مکانی و زمانی بالا، پراکنندگی زیاد مکانی داده‌ها، داده‌های طولانی مدت و آسانی دسترسی به داده‌ها به‌طور گسترده در بررسی‌های هیدرولوژیک استفاده شده و بر مشکلات ناشی از داده‌های زمینی از نظر مقیاس زمانی و مکانی فائق آمده است (۲۹). استفاده از تولیدهای ماهواره‌ای علاوه بر پوشش کامل منطقه، روشی کم‌هزینه و سریع بوده و انتظار می‌رود که بتواند نیاز بررسی‌ها را در حد بالایی مرتفع نماید و به دلیل کمبود یا فقدان اطلاعات در مناطق کوهستانی، نیمه خشک و بیابانی جایگزینی مناسب برای جمع‌آوری داده‌های بارش روزانه باشند.

بررسی‌های گسترده‌ای مبنی بر بررسی کارایی داده‌های بارش PERSIANN انجام شده است. در مطالعه‌ای، بارندگی خوارزمیک PERSIANN با داده‌های بارش زمینی مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج نشان می‌دهد خوارزمیک PERSIANN در فصل‌های مختلف دارای نتایج متفاوتی است؛ به‌طوریکه در فصل‌های پاییز و بهار بیش‌ترین همبستگی و بیش‌ترین تطابق را با داده‌های زمینی دارد و به خوبی الگوی بارش پاییز را شناسایی می‌کند اما بارش فصل پاییز را کم‌تر از مقدار واقعی برآورد می‌کند (۶). همچنین در بررسی دیگری مقادیر مشاهداتی بارش و اطلاعات بارش ماهواره‌ای PERSIANN و CMORPH در حوزه آبخیز شاپور در استان فارس مورد مقایسه قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد همبستگی داده‌های مشاهداتی با CMORPH نسبت به PERSIANN در مقیاس ساعتی بیش‌تر است اما مدل PERSIANN می‌تواند تعداد روزهای بارانی را با دقت بالاتری تخمین بزند (۱۰). مطالعه‌ای در غرب ایران با استفاده روش تحلیل همبستگی متعارف (CCA<sup>۲</sup>) انجام شد.

بدین منظور، بارش PERSIANN-CDR با داده‌های ثبت شده از ۲۳ ایستگاه ارزیابی شد. ضریب همبستگی PERSIANN-CDR با داده‌های ایستگاهی

<sup>2</sup> Canonical Correlation Analysis<sup>1</sup> Geostatistical

(۲۱). بارش‌های منطقه بیشتر تحت تأثیر جریان‌های جوی مدیترانه و کم‌فشار سودان قرار دارد که از غرب و جنوب غرب وارد منطقه شده و از مهر تا اردیبهشت، منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وجود رشته کوه زاگرس که عمود بر مسیر حرکت این جریان‌ها است، باران‌های شدید و سنگین را در منطقه باعث می‌شود. ریزش‌های جوی در استان از مهرماه آغاز و در دی‌ماه به بیش‌ترین مقدار و سپس تا اردیبهشت کم می‌شود. در دی‌ماه به طور متوسط ۱۹ درصد بارش‌ها انجام می‌شود (۱۹).

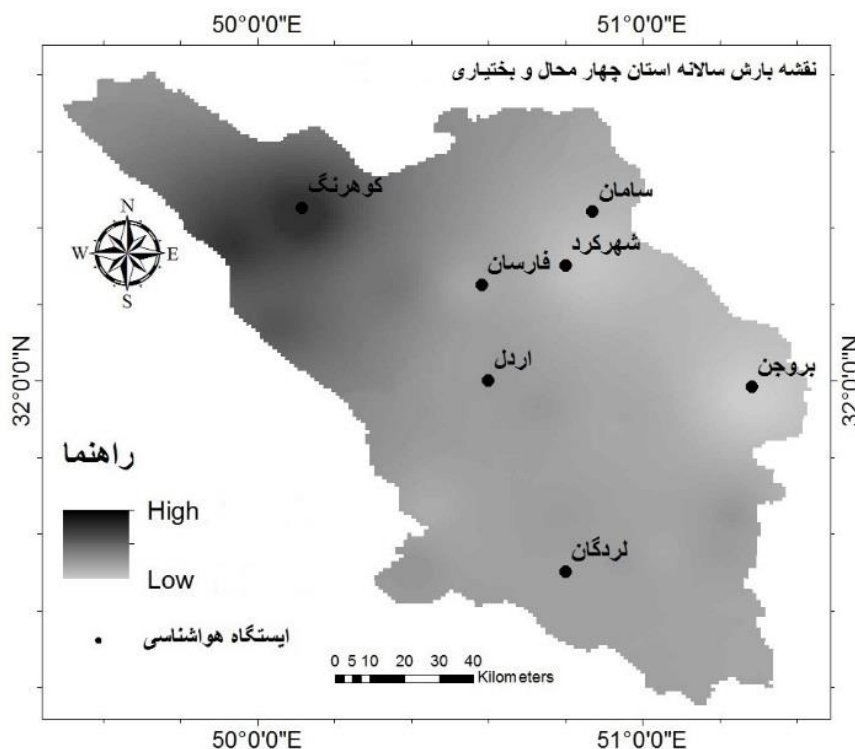
موقعیت توپوگرافی استان و تنوع آب و هوایی مناطق هم‌جوار موجب تغییرات شدید اقلیمی شده است. میانگین بارش‌های جوی از ۱۶۰۰ میلی‌متر در مناطق مرتفع زردکوه تا ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر در نواحی شرقی و شمال شرقی متغیر است (۱۷). بیشینه درجه حرارت در سال ۱۳۹۵ مربوط به ایستگاه لردگان با ۴۱/۴ درجه سانتی‌گراد در ماه مرداد و پایین‌ترین کمینه‌ی دما مربوط به ایستگاه چلگرد با ۱۸/۷- درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه ثبت شده است (۲۵).

بین ۰/۷ و ۰/۹۵ به‌دست آمد که بیانگر دقت مناسب داده‌های PERSIANN-CDR است (۱۸). هدف از پژوهش حاضر، مقایسه داده‌های بارش ماهواره‌ای PERSIANN و PERSIANN-CDR و بررسی کارایی این محصولات در مناطق فاقد آمار مانند مناطق نیمه‌خشک، نیمه‌مرطوب و کوهستانی می‌باشد.

## ■ مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

استان چهارمحال و بختیاری با وسعتی بالغ بر ۱۶۴۲۱ کیلومترمربع، در محدوده طول جغرافیایی ۴۹° تا ۵۱° ۳۴' شرقی و عرض جغرافیایی ۱۴' ۳۱° تا ۴۷' ۳۲° شمالی قرار گرفته است که در شکل ۱ نشان داده شده است. بلندترین نقطه ارتفاعی استان قله زردکوه با ارتفاع ۴۲۲۱ متر از سطح دریا در شمال غربی استان، و پست‌ترین نقطه با ارتفاع ۸۰۰ متر از سطح دریا در جنوب استان واقع است. این استان دارای میانگین ارتفاع ۲۱۵۳ متر است و از نظر توپوگرافی یک سرزمین مرتفع کوهستانی می‌باشد



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی، بارش سالانه و ایستگاه‌های هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری

## داده‌ها

## خوارزمیک PERSIANN

PERSIANN<sup>۱</sup> که به اختصار در ترجمه عبارت "تخمین بارندگی توسط اطلاعات سنجنش از دوری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی" به کار می‌رود، خوارزمیکی است که با برنامه رایانه‌ای تعریف شده و دارای ورودی‌های متعددی است. خوارزمیک PERSIANN در مرکز ملی اطلاعات اقلیمی (NCDC<sup>۲</sup>) آمریکا و در پایگاه آب‌وهواشناسی و سنجنش از دور دانشگاه ارواین کالیفرنیا ارائه شد. PERSIANN با تفکیک مکانی ۲۵×۲۵ کیلومتر از ۶۰° شمالی تا ۶۰° جنوبی را پوشش می‌دهد. ورودی PERSIANN در تفکیک مکانی ۲۵ کیلومتر و تفکیک زمانی ۳ ساعته، داده‌های IRWIN<sup>۳</sup> GridSat-B1<sup>۴</sup> می‌باشند. GridSat-B1 محصول پروژه بین‌المللی ماهواره اقلیم‌شناسی ابر (ISCCP<sup>۵</sup>) است که داده‌های مرئی، امواج مادون قرمز و داده‌های بخار آب مادون قرمز (IRWVP<sup>۶</sup>) را در اختیار قرار می‌دهد. PERSIANN از امواج مادون قرمز و امواج میکروویو غیرفعال (PMW) ماهواره‌های زمینی و ماهواره‌های مدار پایین استفاده می‌کند. این خوارزمیک از شبکه عصبی مصنوعی به منظور بسط پیکسل‌های سرد ابری و ایجاد ارتباط بین تصاویر مادون قرمز ماهواره‌ها استفاده می‌کند و تغییرهای هر واحد شبکه (پیکسل) را با دمای روشنائی هر واحد شبکه ارتباط می‌دهد و شدت بارش هر واحد را تخمین می‌زند (۲۳).

CDR<sup>۷</sup> از پایگاه ثبت اطلاعات اقلیمی (CDR<sup>۸</sup>) دیگری اخذ می‌گردد. این اطلاعات شامل پنجره مادون قرمز GridSat-B1 مربوط به پروژه بین‌المللی ماهواره اقلیم‌شناسی ابر است که از ماهواره‌های مختلف استخراج می‌شوند. طول موج‌های مادون قرمز این ماهواره‌ها می‌باید تقریباً در محدوده ۱۰ الی ۱۲ میکرومتر باشند. پایگاه داده‌ی GridSat-B1 این اطلاعات ورودی را ادغام و کالیبره می‌کند و بهترین پوشش جهانی از ۷۰° شمالی تا ۷۰° جنوبی را برای تفکیک زمانی ۳ ساعته فراهم می‌کند. ورودی دیگر این مدل تحلیل‌های بارش ماهانه پروژه اقلیمی بارش جهانی (GPCP<sup>۹</sup>) است که از هر دو منابع اطلاعاتی ماهواره‌ای و زمینی استخراج می‌شود. محصول PERSIANN-CDR با استفاده از امواج مادون قرمز GridSat-B1 و با مدل PERSIANN تولید می‌شوند. مدل PERSIANN به منظور تبدیل درجه کلون در داده‌های مادون قرمز به شدت بارش (میلی‌متر در ساعت)، خوارزمیک شبکه عصبی مصنوعی را بر روی داده‌های مادون قرمز اعمال می‌کند. سپس هر تخمین ماهانه PERSIANN با داده‌های بارش ماهانه پروژه اقلیمی بارش جهانی (GPCP)، تصحیح اریبی شده و سپس داده‌های PERSIANN-CDR تولید می‌شوند (۱). داده‌های PERSIANN و PERSIANN-CDR به صورت ساعتی، روزانه، ماهانه و سالانه از مرکز هیدرواقلیم‌شناسی و سنجنش از دور دانشگاه کالیفرنیا<sup>۱۰</sup> قابل دسترس هستند (۷).

## روش کار

داده‌های بارش ماهانه و سالانه هفت ایستگاه هواشناسی سامان، بروجن، فارس، اردل، لردگان، کوهرنگ و شهرکرد در استان چهارمحال و بختیاری از ۲۰۱۰/۱/۱ تا ۲۰۱۶/۱۲/۳۱ از اداره کل هواشناسی این استان تهیه شدند. طول و عرض جغرافیایی تمامی

## محصول PERSIANN-CDR

محصول PERSIANN-CDR با تفکیک مکانی ۲۵×۲۵ کیلومتر از ۶۰° شمالی تا ۶۰° جنوبی را پوشش می‌دهد. ورودی اولیه‌ی خوارزمیک PERSIANN-

<sup>7</sup> Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Network-Climate Data Record

<sup>8</sup> Climate Data Record

<sup>9</sup> Global Precipitation Climatology Project

<sup>10</sup> Center for Hydrometeorology & Remote Sensing (CHRS)

<sup>1</sup> Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Network

<sup>2</sup> National Climatic Data Center

<sup>3</sup> Infrared Window

<sup>4</sup> Gridded Satellite

<sup>5</sup> International Satellite Cloud Climatology Project

<sup>6</sup> Infrared Water Vapor

طرفی ضریب همبستگی ۱- و ۱+ بیانگر ارتباط و همبستگی کامل بین داده‌هاست که این همبستگی می‌تواند منفی و یا مثبت باشد. مقادیر مثبت آریبی نسبی نشان دهنده این است که ماهواره بیش از مقدار واقعی برآورد می‌کند و مقادیر منفی بیانگر برآوردهای کم‌تر از مقدار واقعی است (۳۳).

### نتایج و بحث

داده‌های بارش خوارزمیک PERSIANN و PERSIANN-CDR با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج مقایسه مقادیر بارش ماهانه و سالانه در بازه زمانی سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ در جدول ۳ و ۴ نشان داده شده است. مقادیر میانگین بارش در هر ایستگاه و در هر محصول ماهواره‌ای در جدول ارائه شده است. در مقیاس ماهانه در تمامی ایستگاه‌ها بیش‌ترین ضریب همبستگی و کم‌ترین آریبی نسبی متعلق به داده‌های PERSIANN-CDR بود. معنی‌دار بودن مقادیر ضریب همبستگی از نظر آماری بررسی و مقدار سطح معنی‌داری (P-Value) در جدول‌ها ارائه شدند.

ایستگاه‌های هواشناسی به صورت فایل اکسل به محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> وارد شدند و مکان هر ایستگاه داخل مرز استان تعیین شد. داده‌های بارش ماهواره‌ای نیز از تاریخ ۲۰۱۰/۱/۱ تا ۲۰۱۶/۱۲/۳۱ به صورت ماهانه و سالانه از مرکز هیدرواقلیم‌شناسی و سنجش از دور دانشگاه کالیفرنیا اخذ شدند (۷) که شامل ۸۴ تصویر بارش ماهانه و ۷ تصویر بارش سالانه برای هر خوارزمیک بارش PERSIANN و PERSIANN-CDR بودند. داده‌های بارش ماهانه و سالانه خوارزمیک PERSIANN و PERSIANN-CDR به ترتیب با مقادیر متناظر بارش ماهانه و سالانه در هر ایستگاه هواشناسی به طور جداگانه مقایسه شدند. مکان هر ایستگاه هواشناسی در سامانه اطلاعات جغرافیایی به صورت نقطه‌ای بر روی تصاویر ماهواره‌ای بارش قرار گرفت و ارزش عددی پیکسل‌ها در تصاویر استخراج شد. مقایسه‌ها از نظر سه شاخص آماری ضریب همبستگی<sup>۲</sup>، خطای ریشه میانگین مربعات<sup>۳</sup> و آریبی نسبی<sup>۴</sup> انجام شد. رابطه و مقدار بهینه هر شاخص در جدول ۱ آمده است (۲۶، ۳۰). ضرایب همبستگی در سطح معنی‌داری ۱ و ۵ درصد مورد بررسی قرار گرفتند. ضریب همبستگی بیانگر مقدار همبستگی بین داده‌های زمینی و داده‌های ماهواره‌ای است که از مقدار ۱- تا ۱+ متغیر است. مقدار صفر به معنی عدم وجود همبستگی میان داده‌هاست. از

جدول ۱. شاخص‌های آماری ارزیابی دقت

شاخص آماری	رابطه	ارزش بهینه
CC	$CC = \frac{\sum (G_i - \bar{G})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum (G_i - \bar{G})^2} \cdot \sqrt{\sum (S_i - \bar{S})^2}}$	۱
RMSE	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - G_i)^2}$	۰
RB	$\frac{\text{Mean}(S_i)}{\text{Mean}(G_i)} - 1$	۰

G<sub>i</sub>: بارش ایستگاهی، S<sub>i</sub>: بارش ماهواره‌ای، CC: ضریب همبستگی، RMSE: خطای ریشه میانگین مربعات، RB: آریبی نسبی

<sup>۱</sup> ArcGIS

<sup>۲</sup> Correlation Coefficient

<sup>۳</sup> Root Mean Square Error

<sup>۴</sup> Relative Bias

۱ و ۵ درصد معنی‌دار بودند. از نظر شاخص RMSE در تمامی ایستگاه‌ها به جز ایستگاه بروجن، PERSIANN-CDR دارای کم‌ترین خطا بود.

در هر دو محصول بارش PERSIANN و PERSIANN-CDR در مقیاس ماهانه و در تمامی ایستگاه‌ها، مقدار سطح معنی‌داری معادل صفر بود و بنابراین ضرایب همبستگی از نظر آماری در هر دو سطح

جدول ۳. مقایسه آماری بارش ماهانه خوارزمیک PERSIANN و PERSIANN-CDR در سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ به تفکیک ایستگاه‌ها

نام ایستگاه	شاخص آماری	PERSIANN	PERSIANN-CDR
سامان	میانگین بارش ماهانه (۲۳/۶۲۵)	۱۲/۶۳۴	۲۵/۳۶
	CC	۰/۸۳۶	۰/۸۹۱
	P-Value	۰	۰
	RMSE	۲۵/۷۱۶	۱۹/۳۲۴
	RB	-۰/۴۶۵	۰/۰۷۳
بروجن	میانگین بارش ماهانه (۱۹/۸۱۷)	۱۰/۹۴۲	۲۶/۶۷۱
	CC	۰/۸۳۳	۰/۸۴۴
	P-Value	۰	۰
	RMSE	۲۰/۴۲۵	۲۱/۲۹۹
	RB	-۰/۴۴۷	۰/۳۴۵
کوه‌رنگ	میانگین بارش ماهانه (۹۷/۶۴۲)	۱۶/۵۱۸	۳۳/۶۹۴
	CC	۰/۸۳۶	۰/۸۹۱
	P-Value	۰	۰
	RMSE	۱۲۸/۸۳۱	۱۰۷/۲۵۳
	RB	-۰/۸۳	-۰/۶۵۴
اردل	میانگین بارش ماهانه (۳۸/۱۹۱)	۱۳/۲۸۵	۲۸/۳
	CC	۰/۸۴۱	۰/۹۰۴
	P-Value	۰	۰
	RMSE	۴۵/۴۵۶	۲۶/۸۳
	RB	-۰/۶۵۲	-۰/۲۵۸
فارسان	میانگین بارش ماهانه (۴۱/۶۴۵)	۱۳/۸۶۷	۲۷/۲۵۵
	CC	۰/۸۳۶	۰/۹۱۷
	P-Value	۰	۰
	RMSE	۵۰/۰۰۷	۳۳/۱۱۶
	RB	-۰/۶۶۷	-۰/۳۴۵
لردگان	میانگین بارش ماهانه (۴۱/۱۱۶)	۱۲/۴۳۳	۲۹/۸۹۶
	CC	۰/۸۶۲	۰/۹۱۵
	P-Value	۰	۰
	RMSE	۵۰/۳۳۷	۲۹/۹۳۷
	RB	-۰/۶۹۷	-۰/۲۷۲
شهرکرد	میانگین بارش ماهانه (۲۵/۳۲۵)	۱۲/۶۳	۲۵/۳۶
	CC	۰/۸۳	۰/۸۸
	P-Value	۰	۰
	RMSE	۲۶/۷۸	۱۸/۳۳۵
	RB	-۰/۵۰۱	۰/۰۰۱

مقدارهای داخل پرانتز، میانگین بارش ماهانه در ایستگاه هواشناسی مربوطه را نشان می‌دهد.

جدول ۴. مقایسه آماری بارش سالانه خوارزمیک PERSIANN و PERSIANN-CDR در سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ به تفکیک ایستگاهها

PERSIANN-CDR	PERSIANN	شاخص آماری	نام ایستگاه
۲۸۰/۶۷	۱۵۱/۶۱	میانگین بارش سالانه (۲۸۳/۵)	
۰/۱۸۵۷	۰/۶۰۷	CC	
۰/۰۱۴ *	۰/۱۴۸ <sup>ns</sup>	P-Value	
۲۳/۸۳	۱۴۴/۵	RMSE	سامان
-۰/۰۰۹	-۰/۴۶۵	RB	
۲۹۳/۳۸	۱۳۱/۳۱	میانگین بارش سالانه (۲۳۷/۸۱)	
۰/۷۵	۰/۷۱۴	CC	
۰/۰۵۲ **	۰/۰۷۱ **	P-Value	
۶۱/۴	۱۱۴/۷۲	RMSE	بروجن
۰/۲۳۳	-۰/۴۴۷	RB	
۳۷۴/۳۳	۱۹۸/۲۳	میانگین بارش سالانه (۱۱۷۱/۷)	
۰/۶۴۳	۰/۵۷۱	CC	
۰/۱۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	P-Value	
۸۱۷/۴۶	۹۹۰/۱۵	RMSE	کوهرنگ
-۰/۶۸	-۰/۸۳	RB	
۳۱۵/۹۳	۱۵۹/۴۳	میانگین بارش سالانه (۴۵۸/۳)	
۰/۶۰۷	۰/۱۸۵۷	CC	
۰/۱۴۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۴ *	P-Value	
۱۴۷/۴۹	۳۰۳/۳۶	RMSE	اردل
-۰/۳۱	-۰/۶۵۲	RB	
۳۰۲/۶۶	۱۶۳/۹۸	میانگین بارش سالانه (۴۹۹/۷)	
۰/۳۹۳	۰/۶۴۳	CC	
۰/۳۸۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۹ <sup>ns</sup>	P-Value	
۲۱۶/۵۸	۳۴۶/۲۸	RMSE	فارسان
-۰/۳۹۴	-۰/۶۷۱	RB	
۳۲۹/۷۲	۱۴۹/۲	میانگین بارش سالانه (۴۹۳/۴)	
۰/۹۶۴	۰/۴۶۴	CC	
۰	۰/۲۴۹ <sup>ns</sup>	P-Value	
۱۶۴/۹۷	۳۵۱/۲۵	RMSE	لردگان
-۰/۳۳۱	-۰/۶۹۷	RB	
۲۸۰/۶۷	۱۵۱/۶۱	میانگین بارش سالانه (۳۰۳/۹)	
۰/۱۸۵۷	۰/۷۸۶	CC	
۰/۰۱۴ *	۰/۰۳۶ *	P-Value	
۲۹/۵۲	۱۵۷/۴۶	RMSE	شهرکرد
۰/۰۷۶	-۰/۵۰۱	RB	

ns: عدم معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد، \*: عدم معنی داری در سطح ۱ درصد، \*\*: عدم معنی داری در سطح ۵ درصد  
مقدارهای داخل پرانتز، میانگین بارش سالانه در ایستگاه هواشناسی مربوطه را نشان می‌دهد.

با توجه به مقایسه بارش در مقیاس سالانه در جدول ۴، در تمام ایستگاه‌ها به جز اردل و فارسان، داده‌های PERSIANN-CDR بیش‌ترین ضریب همبستگی را با داده‌های ایستگاه هواشناسی داشتند. در مواردی که مقادیر ضریب همبستگی با علامت ns نشان داده شده‌اند به معنی عدم همبستگی معنی‌دار مقادیر بارش ماهواره‌ای در سطح ۱ و ۵ درصد با داده‌های بارش زمینی در ایستگاه‌های هواشناسی است. در داده‌های سالانه بارش PERSIANN ایستگاه‌های اردل و شهرکرد دارای همبستگی معنی‌داری با داده‌های بارش زمینی بودند و در مورد داده‌های PERSIANN-CDR ایستگاه‌های هواشناسی سامان، لردگان و شهرکرد همبستگی معنی‌داری با داده‌های زمینی در سطح ۵ درصد داشتند. همچنین در همه ایستگاه‌ها، کم‌ترین RMSE متعلق به خوارزمیک PERSIANN-CDR بود. بررسی داده‌ها از نظر اریبی نسبی نشان داد که در تمامی ایستگاه‌ها کم‌ترین اریبی نسبی متعلق به PERSIANN-CDR بود.

بر اساس ضریب همبستگی، در مقیاس ماهانه بیش‌ترین تطابق داده‌های PERSIANN-CDR با داده‌های ایستگاه فارسان، لردگان و اردل و بیش‌ترین تطابق داده‌های PERSIANN با داده‌های ایستگاه لردگان و اردل بود. در مقیاس سالانه نیز بیش‌ترین تطابق داده‌های PERSIANN-CDR با داده‌های ایستگاه لردگان، شهرکرد و سامان و بیش‌ترین تطابق داده‌های PERSIANN با داده‌های ایستگاه اردل، شهرکرد و بروجن بود. نکته قابل توجه این است که محصول‌های ماهواره‌ای، بیشتر در ایستگاه‌های مرکزی منطقه مانند ایستگاه‌های لردگان، اردل و فارسان که دارای بارش میانگین بودند، بیش‌ترین تطابق را با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی داشتند و در مناطقی با بارش کم مانند سامان، بروجن و شهرکرد و در مناطقی با بارش زیاد مانند کوه‌رنگ، تطابق کم‌تری با داده‌های ایستگاهی داشتند. PERSIANN در تمامی ایستگاه‌ها، بارش را کم برآورد نمود. همچنان که در مطالعه‌ای در ایران، کارایی داده‌های PERSIANN مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان می‌دهد PERSIANN بارش را در کرانه‌های

خزر خیلی کم، در مناطق خشک زیاد و در منطقه زاگرس کم برآورد می‌کند (۱۴) که برآورد کم بارش در منطقه زاگرس با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. PERSIANN-CDR، در ایستگاه‌هایی با مقدار بارندگی سالانه متوسط و زیاد مانند اردل، لردگان، فارسان و کوه‌رنگ که در مناطق غربی و مرکزی استان قرار دارند و از نظر الگوی بارش در منطقه پرباران‌تر واقع‌اند، بارش را کم‌تر از مقدار واقعی و در ایستگاه‌های شرقی‌تر استان از قبیل سامان، شهرکرد و بروجن که بارش کم‌تری دریافت می‌کنند، بیش‌تر از مقدار واقعی برآورد کردند. در بررسی کارایی سه محصول ماهواره‌ای PERSIANN-CDR، TRMM 3B42V7 و NCEP-CFSR در دو حوضه رودخانه Xiang و Qu در چین، نتایج نشان می‌دهد که در هر دو حوضه، در مقیاس ماهانه، داده‌های TRMM 3B42V7 دارای بیش‌ترین ضریب همبستگی و کم‌ترین RMSE هستند. داده‌های PERSIANN-CDR نیز دارای ضریب همبستگی بیش‌تر و RMSE کم‌تری نسبت به NCEP-CFSR هستند. از طرفی PERSIANN-CDR بارش را کم‌تر از مقدار واقعی، و TRMM 3B42V7 و NCEP-CFSR بیش‌تر از مقدار واقعی برآورد نموده است (۳۳). نتایج مقایسه ماهانه و سالانه در تمامی ایستگاه‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است. در بررسی تمامی ایستگاه‌ها در مقیاس ماهانه و در بازه سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ بیش‌ترین ضریب همبستگی، کم‌ترین RMSE و کم‌ترین اریبی نسبی متعلق به داده‌های PERSIANN-CDR به ترتیب با مقدار ۰/۸۷۷، ۴۶/۸۷ و ۰/۳۱۶- بود. در مقیاس سالانه و در بازه سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ نیز بیش‌ترین ضریب همبستگی، کم‌ترین RMSE و کم‌ترین اریبی نسبی متعلق به داده‌های PERSIANN-CDR به ترتیب با مقدار ۰/۶۴۱، ۳۳۱/۵۱ و ۰/۳۶۸- بود. تمامی مقادیر ضریب همبستگی از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند و داده‌های بارش PERSIANN و PERSIANN-CDR در تمامی ایستگاه‌های هواشناسی و در هر دو مقیاس ماهانه و سالانه همبستگی معنی‌داری با داده‌های بارش زمینی داشتند.



جدول ۵. مقایسه آماری بارش سالانه خوارزمیک PERSIANN و PERSIANN-CDR در سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ در تمامی ایستگاه‌ها

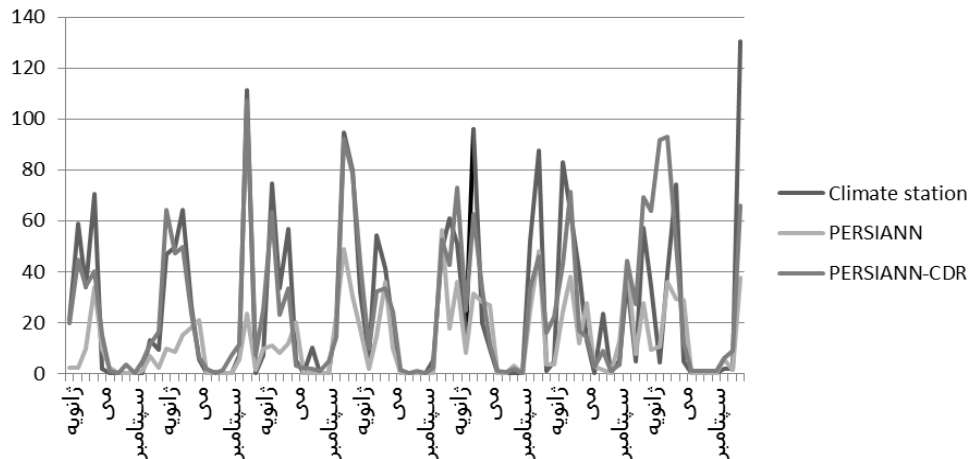
PERSIANN-CDR	PERSIANN	شاخص آماری	مقیاس زمانی
۰/۸۷۷	۰/۸۳۳	CC	ماهانه
۰	۰	P-Value	
۴۶/۸۷۲	۶۰/۳۴۹	RMSE	
-۰/۳۱۶	-۰/۶۷۸	RB	سالانه
۰/۶۴۱	۰/۴۶۵	CC	
۰	۰/۰۰۱	P-Value	
۳۳۱/۵۱	۴۴۱/۱۳	RMSE	
-۰/۳۶۸	-۰/۶۷۹	RB	

در راستای بررسی مقادیرهای اریبی نسبی داده‌های PERSIANN و PERSIANN-CDR در پژوهش حاضر با توجه به جدول ۵، نتایج حاکی از آن بود که هر دو محصول ماهواره‌ای در هر دو مقیاس ماهانه و سالانه در تمامی ایستگاه‌ها، مقدار بارش را کم‌تر از مقدار واقعی برآورد نمودند. شکل ۲ مقایسه بارش ماهانه PERSIANN و PERSIANN-CDR با ایستگاه هواشناسی شهرکرد از ژانویه سال ۲۰۱۰ تا دسامبر ۲۰۱۶ را نشان می‌دهد. هر دو محصول ماهواره‌ای، بارش را در ماه‌های خشک سال مانند ژوئن، جولای و آگوست، مطابق بارش ایستگاه هواشناسی برآورد نمودند و تطابق زیادی با بارش ایستگاه هواشناسی داشتند، اما در ماه‌های مرطوب، تفاوت برآورد PERSIANN با ایستگاه، بیش‌تر از PERSIANN-CDR بود و PERSIANN-CDR بارش ماه‌های مرطوب را با دقت بیش‌تری تخمین زد.

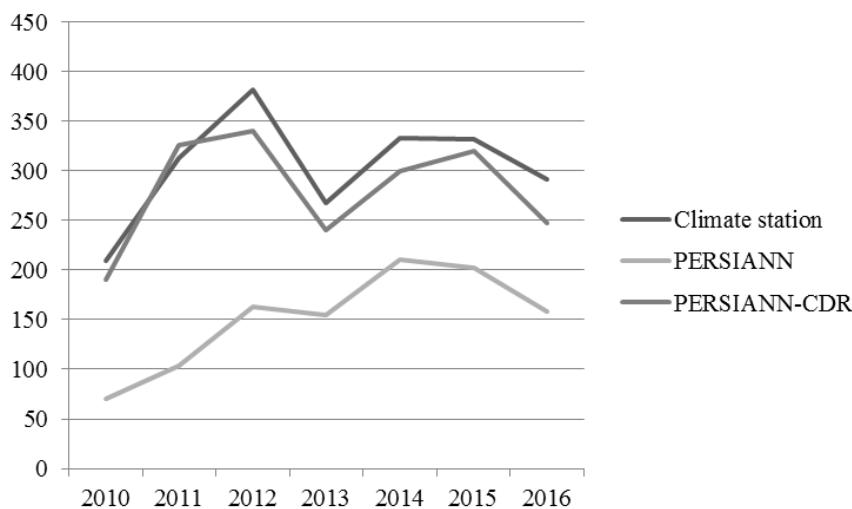
شکل ۳ مقایسه بارش سالانه PERSIANN و PERSIANN-CDR با ایستگاه هواشناسی شهرکرد از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ را نشان می‌دهد. در مقیاس سالانه نیز داده‌های PERSIANN-CDR تطابق بیش‌تری با داده‌های ایستگاه هواشناسی داشتند و از طرفی هر دو محصول ماهواره‌ای بارش را کم‌تر از مقدار ایستگاهی برآورد نمودند.

همانطور که نتایج پژوهش حاضر نشان داد، داده‌های PERSIANN-CDR نسبت به PERSIANN توانایی زیادتری در تخمین بارش داشتند؛ زیرا داده‌های PERSIANN-CDR به طور غیرمستقیم با اطلاعات بارش ایستگاهی مرکز اقلیم‌شناسی بارش جهانی (GPCC<sup>۱</sup>) تصحیح می‌شوند (۲۲) و مناسب بررسی‌های هیدرولوژیک و اقلیم‌شناسی هستند، و لذا تخمین دقیق‌تری از بارش ارائه می‌نمایند، در حالی که داده‌های PERSIANN حاوی اطلاعات واقعی و بدون تصحیح است که مناسب پایش جهانی سیلاب می‌باشند (۵). در مقایسه خوارزمیک‌های بارش TMPA-3B42V7، PERSIANN و CMORPH، به‌منظور شبیه‌سازی جریان روزانه رودخانه‌ای در حوزه آبخیز زربینه رود واقع در جنوب شرقی دریاچه ارومیه، داده‌های روزانه بارش در سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۷ مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد با در نظر گرفتن ضریب همبستگی و شاخص‌های MAE، RBias، RMSE و بارش ماهواره‌ای TMPA-3B42V7 توانایی بیش‌تری نسبت به دو خوارزمیک دیگر در شبیه‌سازی رواناب حوضه دارد و خوارزمیک PERSIANN از دقت قابل قبولی برخوردار نیست (۲).

<sup>۱</sup> Global Precipitation Climatology Centre



شکل ۲. سری زمانی مقایسه بارش ماهانه ژانویه ۲۰۱۰ تا دسامبر ۲۰۱۶ در ایستگاه شهرکرد



شکل ۳. سری زمانی مقایسه بارش سالانه ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ در ایستگاه شهرکرد

محصول نشان دادند. در مقایسه اطلاعات بارش PERSIANN و TRMM<sup>۱</sup> با مشاهدات زمینی در بازه زمانی سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶ و در مقیاس روزانه، ماهانه و فصلی در حوضه گرگانرود واقع در جنوب شرقی دریاچه خزر نتایج نشان می‌دهد که این دو محصول در مقیاس روزانه دقت کافی ندارند ولی در مقیاس ماهانه و فصلی عملکرد بهتری دارند (۸)، همچنین مقایسه سه محصول بارش ماهواره‌ای TRMM 3B42، CMORPH و PERSIANN با داده‌های زمینی در سطح شبکه و در سطح حوضه در حوضه‌ای در چین طی ۹ سال نشان می‌دهد که در مقیاس روزانه داده‌های CMORPH در سطح حوضه، دارای بیش‌ترین تطابق با داده‌های زمینی و پس از آن TRMM 3B42 دارای بیش‌ترین تطابق و در

در تمامی محصولات ماهواره‌ای عملکرد داده‌های ماهانه از نظر ضریب همبستگی بهتر از سالانه بود به طوری که در مورد PERSIANN، در مقیاس ماهانه ضریب همبستگی معادل ۰/۸۳۳ و در مقیاس سالانه معادل ۰/۴۶۵ به دست آمد که از نظر آماری معنی‌دار بودند. در مورد تولیدهای PERSIANN-CDR ضریب همبستگی داده‌های ماهانه معادل ۰/۸۷۷ و برای داده‌های سالانه معادل ۰/۶۴۱ به دست آمد و از نظر آماری معنی‌دار بودند. در هر دو محصول ماهواره‌ای مورد بررسی در پژوهش حاضر، عملکرد داده‌های ماهانه بهتر از سالانه ارزیابی شد به طوری که ضریب همبستگی داده‌های ماهانه بیش‌تر از سالانه و RMSE داده‌های ماهانه نیز کم‌تر از داده‌های سالانه بود. همچنین داده‌های ماهانه آریبی نسبی کم‌تری نسبت به داده‌های سالانه در هر دو

<sup>۱</sup> Tropical Rainfall Measuring Mission

نتایج نشان داد که در هر دو مقیاس ماهانه و سالانه بیشترین ضریب همبستگی، کمترین RMSE و کمترین اریبی نسبی متعلق به PERSIANN-CDR بود. همچنین در بررسی تمامی ایستگاهها در مقیاس ماهانه و سالانه، هر دو محصول PERSIANN-CDR و PERSIANN میزان بارش را کمتر از میزان حقیقی بارش برآورد نمودند. این محصولهای ماهواره‌ای، غالباً در ایستگاههای مرکزی منطقه که دارای بارش متوسط بودند بیشترین تطابق را با داده‌های ایستگاهی داشتند و در مناطقی با بارش کم و در مناطق با بارش زیاد، تطابق کمتری با داده‌های ایستگاهی داشتند. PERSIANN تمامی ایستگاهها بارش را کم برآورد نمود. محصول PERSIANN-CDR، در ایستگاههایی که مقدار بارندگی سالانه در حد میانگین و بیشتر باشد، بارش را کمتر از مقدار واقعی برآورد کرد و در ایستگاههای شرقی‌تر استان که بارش کمتری دریافت می‌کنند، بیشتر از مقدار واقعی برآورد کرد. در هر دو محصول ماهواره‌ای، عملکرد داده‌های ماهانه بهتر از سالانه بود به طوری که ضریب همبستگی داده‌های ماهانه بیشتر از سالانه و RMSE داده‌های ماهانه کمتر از داده‌های سالانه به دست آمد. همچنین داده‌های ماهانه اریبی نسبی کمتری نسبت به داده‌های سالانه در هر دو محصول نشان دادند. بنابراین برآورد بارش توسط این دو محصول، در مقیاس ماهانه از دقت بیشتر و خطای کمتری نسبت به مقیاس سالانه برخوردار بود. برآورد بارش به منظور بررسی مقدار رواناب حوضه‌ها، بررسی دوره‌های خشکسالی، بررسی های پوشش گیاهی و توزیع گونه‌ها، مدیریت منابع آب، کنترل سیل و نیز سایر جنبه‌های طبیعی حائز اهمیت بسیاری است. با توجه به عدم دسترسی به شبکه کامل ایستگاههای هواشناسی در نقاط مختلف از جمله مناطق خشک، بیابانی و کوهستانی، استفاده از تولیدهای ماهواره‌ای بارش می‌تواند تا حد قابل قبولی این مشکل را مرتفع نماید. تعیین منابع خطا و نیز تشخیص مناسبترین محصول ماهواره‌ای در هر اقلیم، قادر به ارائه ابزاری مناسب برای تخمین بارش در سطح وسیع می‌باشد.

مقیاس ماهانه و سالانه داده‌های TRMM 3B42 دارای بیشترین  $R^2$  هستند. داده‌های PERSIANN نیز ضعیفترین عملکرد را در میان سایر محصولات دارند و نیز در مقیاس ماهانه و سالانه از عملکرد بهتری نسبت به مقیاس روزانه برخوردار است (۱۶). در مقایسه‌ای میان سه خوارزمیک بارش PERSIANN، PERSIANN-CDR و PERSIANN-CCS در بازه سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۵ در کل ایالات متحده آمریکا<sup>۱</sup> نتایج نشان می‌دهد از نظر ضریب همبستگی و خطای ریشه میانگین مربعات، خوارزمیک PERSIANN-CDR نسبت به دو خوارزمیک دیگر عملکرد بهتری دارد (۲۰). همچنین در بررسی مقایسه بین PERSIANN، PERSIANN-CDR و TMPA و داده‌های زمینی ایالت آرکانزاس آمریکا در مقیاس سالانه (۲۰۱۰-۲۰۰۳) نتایج نشان داد که داده‌های PERSIANN-CDR و TMPA از نظر سه شاخص ضریب همبستگی، RMSE و اریبی نسبت به داده‌های PERSIANN عملکرد بهتری دارند (۵).

#### ■ نتیجه‌گیری

مدیریت مناطق فاقد آمار بارندگی از جمله مناطق بیابانی، مناطق خشک و نیمه‌خشک و مناطق کوهستانی صعب‌العبور نیازمند ابزاری دقیق جهت کنترل و پایش این مناطق می‌باشد. مدیریت نادرست این مناطق زمینه ایجاد فرسایش و هدر رفت منابع را فراهم می‌کند. با توجه به نقص‌های موجود در داده‌های زمانی و مکانی بارش، استفاده از داده‌های سنجش‌ازدوری می‌تواند جایگزین مناسبی برای داده‌های زمینی قلمداد گردند. از این رو در پژوهش حاضر، به منظور بررسی کارایی تولیدهای ماهواره‌ای بارش، مقایسه‌ای میان داده‌های بارش محصولهای ماهواره‌ای PERSIANN-CDR و PERSIANN و داده‌های ایستگاهی انجام شد. محصول بارش PERSIANN و PERSIANN-CDR با داده‌های بارش ماهانه و سالانه ایستگاههای هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری در بازه زمانی سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ از ماه ژانویه تا دسامبر مورد مقایسه قرار گرفتند.

<sup>1</sup> Continental United States (CONUS)

## ■ References

1. Algorithm description, (2014). Climate data record (CDR) program, climate algorithm theoretical basis document (C-ATBD), precipitation-PERSIANN-CDR, revision2. Retrived by:  
<https://www.ncdc.noaa.gov/cdr/atmospheric/precipitation-persiann-cdr>.
2. Abdollahipour, A., Mazami Goudarzi, S. & Zakeri Nayeri, M. (2015). Evaluation of three algorithms for the daily hydrological modeling of the Sarough Chai basin using the satellite precipitation products and applying the IHACRES model. *Water Resources Engineering*, 8(27), 59-71 (in Farsi).
3. Arkin, P. A. & Xie, P. (1994). The global precipitation climatology project; first algorithm intercomparison project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 75(3), 401-419.
4. Ashley, S. & Ashley, W. (2008). Flood fatalities in the United States. *Applied Meteorology*, 47, 806-818.
5. Ashouri, H., Nguyen, P., Thorstensen, A., Hsu, K., Sorooshian, S. & Braithwaite, D. (2016). Assessing the effect of high-resolution satellite-based PERSIANN-CDR precipitation product in simulating streamflow. *Hydrometeorology*, 17, 2061-2076.
6. Baranizadeh, E. & Abedini, Y. A. (2011). Comparison of precipitation estimates of PERSIANN satellite algorithm with APHRODITE high resolution grounded observation data in Iran. *Fourth Iranian Water Resources Management Conference*, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran (in Farsi).
7. CHRS data portal, (2017), from <http://chrsdata.eng.uci.edu>
8. Dezfooli, D., Hosseini Moghari, S. M. & Ebrahimi, K. (2016). Comparison of TRMM-3B42 V7 and PERSIANN satellites precipitation data with ground-based data (Case study: Gorganrood basin, Iran). *Water and Soil Science*, 20(76), 85-98 (in Farsi).
9. Ebert, E. E. & Manton, M. (1998). Performance of satellite rainfall estimation algorithms during TOGA-COARE. *The Atmospheric Sciences*, 55(9), 1537-1557.
10. Ghahraman, B., Zangenehinanlu, M. & Faridhoseini, A. (2018). Comparison of observed rainfall and satellite rainfall data PERSIANN and CMORPH - interpolation methods in hourly and daily scale. (Case study: Shopoor basin). *Iran Water Resources Research*, 14(4), 1-12 (in Farsi).
11. Guillermo, Q. T. & Salas, J. D. (1985). A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *American Water Resources*, 21(3), 365-380.
12. Huffman, G. J., Adler, R. F., Morrissey, M. M., Bolvin, D. T., Curtis, S., Joyce, R., McGavock, B. & Susskind, J. (2001). Global precipitation at one-degree daily resolution from multisatellite observations. *Hydrometeorology*, 2(1), 36-50.
13. Islam, T., Rico-Ramirez, M. A., Han, D., Srivastava, P. K. & Ishak, A. M. (2012). Performance evaluation of the TRMM precipitation estimation using ground-based radars from the GPM validation network. *Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 77, 194-208.
14. Katiraie Boroujerdy, P. S. (2013). Comparison of high-resolution gridded monthly satellite and ground-based precipitation data over Iran. *Geophysics*, 7(4), 149-160 (in Farsi).
15. Lewis, H. G., Cote, S. & Tatnall, A. R. L. 1997. Determination of spatial and temporal characteristics as an aid to neural network cloud classification, *Remote Sensing*, 18(4), 899-915.
16. Liu, J., Duan, Z., Jiang, J. & Zhu, A. X. (2014). Evaluation of three satellite precipitation products TRMM 3B42, CMORPH and PERSIANN over a subtropical watershed in china. *Advances in Meteorology*, 2015, 1-13.

17. Master plan for Chaharmahal & Bakhtiari development, soil science, (1986). Ministry of planning and budget (in Farsi).
18. Najafi, H., Massah Bavani, A. R., Irannejad, P. & Viliam Robertson, A. (2018). Developing real-time multi-model ensemble and downscaling of seasonal precipitation forecast systems: Application of canonical correlation analysis, *The Earth and Space Physics*, 44(1), 245-264 (in Farsi).
19. National meteorological organization (2017). Climate of Chaharmahal and Bakhtiari province, from <http://www.chbmet.ir/c1.asp>
20. Nguyen, P., Ombadi, M. Sorooshian, S., Hsu, K., AghaKouchak, A., Braithwaite, D., Ashouri, H. & Thorstensen, A. R. (2018). The PERSIANN family of global satellite precipitation Data: A review and evaluation of products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(11), 1-34.
21. Omidvar, S. (2012). Chaharmahal and Bakhtiary province. Tehran: Office of printing and distribution of textbooks (in Farsi).
22. Schneider, U., Fuchs, T., Meyer-Christoffer, A. & Rudolf, B. (2008). Global precipitation analysis products of the GPCP. *Global Precipitation Climatology Centre*, 14 pp.
23. Sorooshian, S., Hsu, K. L., Gao, X., Gupta, H. V., Imam, B. & Braithwaite, D. (2000). Evaluation of PERSIANN system satellite-based estimation of tropical rainfall, *Bulletin of American Meteorological Society*, 81(9), 2035-2046.
24. Sorooshian, S. & AghaKouchak, A. (2011). Advanced concepts on remote sensing of precipitation at multiple scales. *American Meteorological Society*, 92(10), 1353-1357.
25. Statistical yearbook of Chaharmahal & Bakhtiari province, land and climate (2016). Chaharmahal and Bakhtiari management and planning organization (in Farsi).
26. Tan, M. L. & Santo, H. (2018). Comparison of GPM IMERG, TMPA 3B42 and PERSIANN-CDR satellite precipitation products over Malaysia. *Atmospheric Research*, 202, 63-76.
27. Tsintikidis, D., Haferman, J. L., Anagnostou, E. N., Krajewski, W. F. & Smith, T. F. (1997). A neural network approach to estimating rainfall from spaceborne microwave data, *IEEE Transactionson Geoscience and Remote Sensing*, 35(5), 1079-1093.
28. Vicente-Serrano, S. M., Van der Schrier, G., Begueria, S., Azorin-Molina, C. & Lopez-Moreno, J. I. (2015). Contribution of precipitation and reference evapotranspiration to drought indices under different climates. *Hydrology*, 526, 42-54.
29. Wang, W. & Lu, H. (2015). Evaluation and hydrological applications of TRMM rainfall products over the Mekong river basin with a distributed model, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2511–2514.
30. Wang, W., Lu, H., Zhao, T., Jiang, L. & Shi, J. (2017). Evaluation and comparison of daily rainfall from latest GPM and TRMM products over the Mekong river basin. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(6), 2540-2549.
31. Xiao, R. R. & Chandrasekar, V. (1997). Development of neural network based algorithm for rainfall estimation from radar observation, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35, 160-171.
32. Zhao, H., Yang, B., Yang, S., Huang, Y., Dong, G., Bai, J. & Wang, Z. (2017). Systematical estimation of GPM-based global satellite mapping of precipitation products over China, *Atmospheric research*, 201, 206-217.
33. Zhu, Q., Xuan. W., Liu, L. & Xu, Y. P. (2016). Evaluation and hydrological application of precipitation estimates derived from PERSIANN-CDR, TRMM 3B42V7 and NCEP-CFSR over humid regions in china. *Hydrological processes*, 30(17), 3061-3083.

## **Evaluating the Performance of PERSIANN and PERSIANN-CDR Satellite Products in Precipitation Estimation in Semi-Arid Region of Zagros**

L. Ghorbani<sup>1\*</sup>, R. Jafari<sup>2</sup>, H. Bashari<sup>3</sup>

1. M.Sc. Graduated, Rangeland Management, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
  2. Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
  3. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
- \* Corresponding Author: l.ghorbani@na.iut.ac.ir

Received date: 24/10/2018

Accepted date: 14/02/2019

### **Abstract**

Rainfall is one of the most important environmental factors affecting the density and canopy cover percentage of plant species, erosion, and natural hazard status and its measurement is important for achieving appropriate water management. Satellite products have been introduced as an alternative method for ground-based measurements due to inaccessibility of some areas such as arid, semi-arid and mountainous areas and lack of temporal and spatial rainfall data. This study aimed to investigate the efficiency of PERSIANN and PERSIANN-CDR satellite products to measure monthly and annual rainfall in Chaharmahal and Bakhtiari province in time span of 2010 and 2016, using correlation coefficient, root means square error and relative bias. Results showed that PERSIANN-CDR yielded the highest correlation coefficient, lowest RMSE and lowest relative bias in both monthly and annual scales. Estimations of rainfall by both PERSIANN and PERSIANN-CDR products were more accurate in monthly scale compared to annual scale. The correlation coefficient of PERSIANN monthly and annual rainfall respectively were 0.833 and 0.465. These correlations for PERSIANN-CDR were 0.877 and 0.641, and statistically significant for monthly and annual rainfall data, respectively. Due to limited numbers of rainfall gauges and inappropriate distribution and their importance in watershed runoff studies, drought and vegetation studies, and using satellite rainfall products with high spatial and temporal coverage can be considered as a suitable data source in climate studies, especially in arid and semi-arid regions of Iran.

**Keywords:** Satellite rainfall products; Correlation coefficient; Root Mean Square Error; Relative bias