

مقایسه اطلاعات بارش ماهواره‌های PERSIANN و TRMM-3B42 V7 با مشاهدات ایستگاه‌های زمینی (مطالعه موردی: حوضه گرگان‌رود)

دنیا دزفولی، سید محمد حسینی موغاری، کیومرث ابراهیمی*

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۹)

چکیده

بارش یک پارامتر مهم در چرخه هیدرولوژی بوده و کمبود داده‌های آن از بزرگ‌ترین مشکلات در تحلیل‌های اقلیمی و هیدرولوژیک است. لذا، محققین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای حاصل از سنجش از دور را به‌عنوان یکی از راهکارهای عملی به‌منظور تخمین بارش مطرح کرده‌اند. در این مقاله، به ارزیابی اطلاعات بارش ماهواره‌های PERSIANN و TRMM-3B42 V7 در حوضه گرگان‌رود پرداخته شده است. بدین‌منظور، از اطلاعات بارش روزانه ایستگاه‌های تمر، رامیان، بهلکه داشلی، سد گرگان، غفارحاجی و فاضل‌آباد طی سال‌های آبی ۸۳-۱۳۸۲ تا ۸۶-۱۳۸۵ استفاده شد. شاخص‌های ارزیابی برای مقیاس‌های زمانی روزانه، ماهانه و فصلی محاسبه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد اگرچه PERSIANN و TRMM-3B42 V7 در مقیاس روزانه دقت کافی ندارند، ولی در مقیاس‌های ماهانه و فصلی با قیاس نتایج مطالعات مشابه، از دقت مناسبی برخوردارند. بیشترین همبستگی بین اطلاعات این دو پایگاه و داده‌های مشاهداتی در مقیاس‌های زمانی روزانه و ماهانه برای TRMM-3B42 در ایستگاه‌های سد گرگان و بهلکه داشلی به‌ترتیب برابر ۰/۳۹۷ و ۰/۴۰۴ مشاهده شد. در مقیاس فصلی همبستگی داده‌های مشاهداتی در فصل زمستان با PERSIANN و در بقیه فصل‌ها با TRMM-3B42 بیشتر است. همچنین، نتایج نشان می‌دهد اگرچه TRMM-3B42 همبستگی بیشتری را با داده‌های مشاهداتی دارد، اما PERSIANN در آشکارسازی تعداد روزهای بارانی نتایج بهتری را ارائه کرده است.

واژه‌های کلیدی: بارش روزانه، تخمین بارندگی، تصاویر ماهواره‌ای، سنجش از دور

۱. گروه آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Ebrahimik@ut.ac.ir

مقدمه

بارش یکی از مهم‌ترین ورودی‌های مدل‌های هیدرولوژی و گیاهی است (۵). تغییرات زمانی و مکانی زیاد این متغیر، آن را به یک متغیر بحث برانگیز در مدل‌های جوی-اقليمی تبدیل کرده است (۲). کمبود داده‌های قابل اعتماد و کامل یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در تجزیه و تحلیل بارش و پیش‌بینی‌های هیدرولوژیک در مدیریت منابع آب است (۲۰). در کشور ایران، داده‌های بارش اندازه‌گیری شده در بسیاری از نقاط دارای محدودیت است. برای غلبه بر این محدودیت، می‌توان از انواع روش‌های درون‌یابی فضایی، رگرسیون آماری و الگوریتم‌های تخمین بارندگی با کمک تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد. خطای روش‌های درون‌یابی در مناطق مرتفع و کوهستانی، خشک و نیمه‌خشک بسیار بالاست (۳). از اینرو، در دو دهه اخیر، مطالعات زیادی جهت توسعه روش‌های مختلف اندازه‌گیری بارش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای افزایش دقت و تخمین بارش در مناطق فاقد آمار کامل و قابل اعتماد صورت گرفته است (۱۹).

داده‌های بارش معمولاً از ایستگاه‌های سینوپتیک، کليما تولوژی و باران‌سنجی در بازه‌های زمانی مختلف برداشت می‌شود. تعداد ناکافی، پراکندگی مکانی نامناسب این ایستگاه‌ها و عدم پایش در فاصله زمانی کوتاه مدت از مشکلات همیشگی کاربران داده‌های بارش است (۲). همچنین، روش‌های سنتی نیز به علت احتمال اشتباه کاربر، حساسیت و خرابی دستگاه، عدم امکان استقرار دستگاه‌های ثبت‌کننده در مناطق صعب‌العبور گاه از دقت خوبی برخوردار نیستند.

امروزه، ماهواره‌ها با فراهم کردن یک پوشش مکانی کامل قادر به تخمین بارش برای کل جهان هستند. با انجام این مهم، به‌خصوص در کشورهای درحال توسعه مانند ایران که در بسیاری از حوضه‌های آن آمار مناسبی از داده‌های بارندگی موجود نیست، اطلاعات بارش در اختیار قرار گرفته است (۲۰). از جمله منابعی که می‌توان از بارندگی آنها استفاده کرد، الگوریتم‌های PERSIANN (Precipitation Estimation from

Neural Remotely Sensed Information using Artificial Climate Prediction center) CMORPH و (Network Multi-satellite) TMPA V7, (Morphing technique Measuring Mission (TRMM) Precipitation Analysis Asian) APHRODITE و پایگاه‌های داده (Tropical Rainfall Precipitation Highly Resolved Observational Data and Integration Towards Evaluation of water resources (The Global Precipitation Climatology Centre) GPCPC اشاره کرد.

الگوریتم‌های PERSIANN و TMPA V7 دارای قدرت تفکیک مکانی (درجه ۲۵/۰) و به‌ترتیب دارای قدرت تفکیک زمانی ۵h/۰ و ۳h هستند. الگوریتم CMORPH دارای تفکیک مکانی ۷/۰ درجه و تفکیک زمانی ۵h/۰ می‌باشند. (۹ و ۲۱). با این وجود، مقادیر بارش این الگوریتم‌ها به‌علت ماهیت اندازه‌گیری غیرمستقیم لازم است قبل از استفاده مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند (۲۰).

پژوهش‌های زیادی در سطح جهان و ایران در این زمینه انجام شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود. حجازی‌زاده و همکاران (۱) به ارزیابی بارش TRMM-3B42 و مقایسه آن با مقادیر حاصل از درون‌یابی کریجینگ پرداختند. در این مطالعه، مجموع بارش ماهانه و سالانه حاصل از TRMM-3B42 در طول سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۳ با اطلاعات بارش ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی مقایسه شدند. نتایج تحقیق ایشان بیانگر آن بود که میزان دقت این داده‌ها در سطح ایران متفاوت است. به‌طوری‌که در جنوب رشته کوه‌های البرز و نواحی مرکزی و تا اندازه‌ای نواحی شرقی ایران دقت مناسبی ندارند؛ اما در نواحی غربی و جنوب‌غربی کشور دقت آنها را می‌توان مناسب برشمرد. میان‌آبادی و همکاران (۵) به ارزیابی آماری خروجی الگوریتم CMORPH در برآورد بارش شمال شرق ایران پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که این الگوریتم در مقیاس روزانه دستاورد چندان پذیرفتنی ندارد؛ اما در مقیاس ماهانه و فصلی، یافته‌ها از دقت بالایی برخوردار هستند. جوانمرد و همکاران (۱۴) به ارزیابی برآورد بارش

RT ۷7) با ۱۲۵ ایستگاه باران‌سنجی در شمال مراکش به‌منظور ارزیابی دقت آنها در شرایط مختلف اقلیمی و توپوگرافی پرداختند. بررسی آنها نشان داد که نسخه‌های مختلف TMPA بارش را در مناطق خشک بیشتر و در مناطق پرفراز و نشیب کمتر برآورد می‌کنند. اما جدیدترین الگوریتم توسعه‌یافته (3B42 V7) بهتر از نسخه قبلی (V6)، مخصوصاً در مناطق کم باران و مرتفع، عمل می‌کند.

باتوجه به اهمیت اطلاعات بارش، تخمین دقیق آن همواره به‌عنوان یک چالش اساسی در مناطقی که تراکم شبکه باران‌سنجی پاسخگو نبوده و یا مناطق صعب‌العبور فاقد ایستگاه، مطرح بوده است. از اینرو، استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای یکی از راهکارهای پیشرو برای دستیابی به داده‌هایی بارش در این مناطق می‌باشد. اما دقت داده‌های بارش ماهواره‌ای از یک منطقه به منطقه دیگر متفاوت است و امروزه با اطمینان در مورد صحیح بودن اطلاعات بارش ماهواره‌ای خاص، نمی‌توان اظهارنظر کرد. بنابراین در چنین شرایطی بررسی دقت داده‌های بارش ماهواره‌ای موجود در مناطق مختلف، یکی از نیازهای تحقیقاتی است. از اینرو در مقاله حاضر، دقت اطلاعات بارش دو پایگاه بارش ماهواره‌ای پرکاربرد PERSIANN و TRMM 3B42 V7 در حوضه گرگانرود مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی منابع نشان داد که تا به‌حال عملکرد این الگوریتم‌ها در حوضه گرگانرود ارزیابی نشده و مطالعات پیشین به‌صورت منطقه‌ای نواحی اطراف دریای خزر را در نظر گرفته‌اند.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

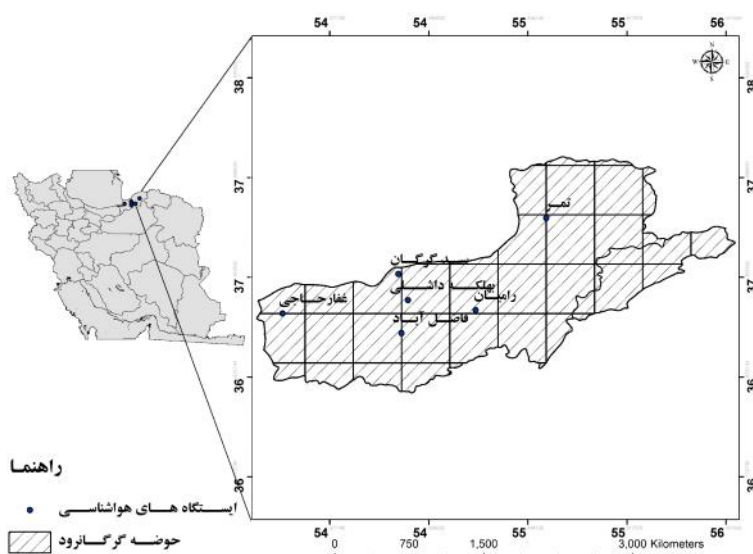
حوضه آبریز گرگانرود با مساحت ۱۱۳۸۰ کیلومتر مربع در شمال کشور و در جنوب شرقی دریاچه خزر واقع شده است. این منطقه از شمال به حوضه آبریز اترک سفلی، از جنوب به حوضه‌های آبریز کویر نمک، از غرب به دریای خزر و از جنوب غربی به حوضه نکارود محدود شده است. ارتفاعات البرز بخش‌های جنوبی و شرقی حوضه را تشکیل می‌دهند. از

TRMM-3B42 V6 در سطح ایران پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که نسخه ۶ از محصول TRMM-3B42 حدود ۲۵٪ متوسط بارش سالانه کل کشور را (حدود ۱۷۰ میلی‌متر در روز) کمتر تخمین می‌زند.

در زمینه ارزیابی بارش‌های ماهواره‌ای نیز تحقیقات زیادی توسط محققین خارجی انجام شده است. برای مثال، هیوز (۱۳) به مقایسه داده‌های بارش ماهواره‌ای PERSIANN و پروژه اقلیم‌شناسی بارش جهانی (Global Precipitation Project, Climatology GPCP) با داده‌های مشاهداتی ایستگاه‌های باران‌سنجی در چهار حوضه با رژیم مختلف آب و هوایی در آفریقای جنوبی پرداخت. هونگ و همکاران (۱۱) بارش PERSIANN را در منطقه شمال غربی مکزیک مورد بررسی قرار دادند. آنها اطلاعات PERSIANN را برای بارندگی‌های ساعتی و روزانه در فصول موسمی و گرم با داده‌های مشاهده شده ایستگاه‌های بارش مقایسه کردند. نتایج تحقیق ایشان بیانگر آن است که PERSIANN تخمین زمانی-مکانی خوبی برای بارندگی در مناطق مورد مطالعه داشته است. کیزا و همکاران (۱۵) بارش منطقه‌ای در دریاچه ویکتوریا را با استفاده از روش‌های درون‌یابی و داده‌های ماهواره‌ای برآورد کردند. در این مطالعه از روش درون‌یابی کریجینگ و عکس فاصله و اطلاعات TRMM3B42 و PERSIANN استفاده شد. نتایج تحقیق اخیر نشان داد که میانگین تفاوت‌های (Bias) TRMM-3B42 در برآورد بارش بیشتر از PERSIANN بود، اما همبستگی آن با تغییرات درون‌سالی بهتر بود. چن و همکاران (۷) به ارزیابی تخمین بارش روزانه طوفان‌های گرمسیری با استفاده از TRMM-3B42 نسخه ۷ پرداختند. در این پژوهش، اطلاعات بارش اقیانوس آرام (The Pacific Rainfall, PACRAIN) به‌عنوان مرجع برای ارزیابی اطلاعات TRMM-3B42 استفاده شد. نتایج آن تحقیق نشان می‌دهد که TRMM-3B42 همبستگی و تطابق خوبی با داده‌های مشاهداتی دارند. میلوسکی و همکاران (۱۸) به ارزیابی و بررسی نسخه‌های مختلف تولیدات TMPA (TMPA 3B42: V7, V7temp, V6)،

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب در حوضه گرگانرود

نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی		ارتفاع سالانه (میلی‌متر)	میانگین بارندگی
	طول	عرض		
تمر	۵۵° ۵۶'	۳۷° ۲۹'	۱۳۲	۵۷۳
رامیان	۵۵° ۰۸'	۳۷° ۰۱'	۲۰۰	۸۵۸
بهلکه داشلی	۵۴° ۴۷'	۳۷° ۰۴'	۲۴	۳۹۲
سد گرگان	۵۴° ۴۶'	۳۷° ۱۲'	۱۲	۳۳۲
فاضل‌آباد	۵۴° ۴۵'	۳۷° ۱۲'	-۲۲	۴۳۵
غفارحاجی	۵۴° ۰۸'	۳۷° ۰۰'	۲۱۰	۶۷۴



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی در حوضه گرگانرود

محصولات بارش PERSIANN

مدل PERSIANN یک الگوریتم تخمین بارندگی با استفاده از سنسور از دور با به‌کارگیری شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد (۲۳). شو و همکاران (۳) این مدل را در سال ۱۹۹۹ در دانشگاه آریزونا توسعه دادند. رویکرد این الگوریتم، واسنجی داده‌های مادون‌قرمز (Infrared, IR) با برآوردهای میکروویوهای غیرفعال (Passive Microwaves, PMW) است که توسط به‌روزرسانی پارامترها در هر زمان که برآورد PMW در دسترس است، انجام می‌شود. در واقع تخمین‌ها توسط امواج IR انجام می‌شوند و سپس با کمک PMW واسنجی می‌شوند (۶). پارامترهای این

نظر موقعیت جغرافیایی این حوضه بین عرض‌های جغرافیایی ۳۳° ۳۳' تا ۳۶° ۴۵' شمالی و در طول‌های جغرافیایی ۵۴° ۰۳' تا ۵۶° ۱۳' شرقی قرار دارد. حداکثر ارتفاع این حوضه در حدود ۶۰۰ متر و حداقل آن ۲۶ متر از سطح دریا می‌باشد. در مقاله حاضر، با توجه به کفایت داده‌های مورد نیاز از آمار بارندگی روزانه شش ایستگاه تمر، رامیان، بهلکه داشلی، سد گرگان، فاضل‌آباد و غفارحاجی در فاصله زمانی سال‌های آبی ۸۳-۱۳۸۲ تا ۸۶-۱۳۸۵ استفاده شد. مشخصات این ایستگاه‌ها در جدول ۱ و موقعیت جغرافیایی آنها در شکل ۱ ارائه شده است.

مربوط به سال آبی ۸۳-۱۳۸۲ تا ۸۶-۱۳۸۵. اطلاعات ماهواره‌ای بارش، شامل شبکه‌ای از نقاط با فاصله ۰/۲۵ درجه می‌باشد. لازم به ذکر است که برای عرض‌های جغرافیایی ایران، ۰/۲۵ درجه معادل ۲۷/۸ کیلومتر می‌باشد؛ در حالی که برای طول‌های جغرافیایی مختلف این مقدار از ۲۲/۲ کیلومتر در عرض شمالی یا جنوبی تا ۲۷/۸ کیلومتر در استوا تغییر می‌کند (۵). لذا، هر یک از ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه در درون یکی از این شبکه‌ها قرار دارند. در شکل (۱)، موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی و شبکه‌های متناظر نشان داده شده است.

معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی دقت اطلاعات بارش ماهواره‌ای، از چهار معیار آماری شامل میانگین تفاوت‌ها (Bias)، میانگین قدرمطلق خطا (MAE)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی پیرسون (PCC) استفاده شد. این معیارها به صورت زیر تعریف می‌شوند (۱۶):

$$\text{Bias} = \frac{\sum_{i=1}^N (P_{S_i} - P_{O_i})}{N} \quad [1]$$

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^N |P_{S_i} - P_{O_i}|}{N} \quad [2]$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_{S_i} - P_{O_i})^2}{N}} \quad [3]$$

$$\text{PCC} = \frac{\sum_{i=1}^N (P_{S_i} - \bar{P}_S)(P_{O_i} - \bar{P}_O)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (P_{S_i} - \bar{P}_S)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_{O_i} - \bar{P}_O)^2}} \quad [4]$$

در روابط بالا، P_{S_i} مقدار بارش ماهواره‌ای در گام زمانی i ام، P_{O_i} مقدار بارش مشاهداتی در گام زمانی i ام، N تعداد داده‌های بارش، \bar{P}_S متوسط مقدار بارش ماهواره‌ای در هر پیکسل و \bar{P}_O مقدار متوسط بارش در ایستگاه‌های مشاهداتی می‌باشد. واضح است که زیاد بودن مقدار PCC و کم بودن RMSE و MAE نشان از دقت بالای تخمین‌ها دارد. همچنین،

مدل، به‌طور منظم با استفاده از تصاویر ماهواره‌های با مدار پایین (Low-orbital) مانند NOAA-16، NOAA-15، TRMM، Defense Meteorological (DMSP F13، NOAA-17، Satellite Program)، F14 و F15 به‌روز می‌شوند. با استفاده از این روش، این محصول قادر است که به‌صورت بازگشتی انطباق و اسنچی را در مناطق مختلف انجام دهد (۹ و ۱۵). این مدل، به‌دلیل اتکای اولیه خود بر اطلاعات امواج IR که قدمت آن به سال ۱۹۷۹ باز می‌گردد، برای برآورد بارش تاریخی بیش از سه دهه گذشته بسیار مناسب است (۶).

محصولات بارش TRMM

TRMM در ۲۷ نوامبر ۱۹۹۷ برای مأموریت فضایی مشترک بین سازمان فضایی و هوانوردی ملی آمریکا (National Aeronautics and Space Administration, NASA) و ژانسن اکتشافات هوا فضایی ژاپن (Japanese Aerospace Exploration Agency, JAXA) طراحی شده و هدف آن بهبود تخمین بارش در مناطق استوایی که بخش عمده‌ای از بارش زمین را در بر می‌گیرد، می‌باشد (۱۲). پس از پرتاب این ماهواره، چندین نسخه از داده‌های بارش حاصل از این ماهواره تولید شده است. در این مطالعه، از محصولات بارش TRMM 3B42 نسخه ۷ استفاده شده است. در الگوریتم 3B42 از ترکیب اطلاعات میکروویو/مادون‌قرمز و خطای تخمین بارش برای تولید اطلاعات بارش استفاده می‌شود (۱۷). در حال حاضر TRMM 3B42 تنها نسخه‌ای از محصولات TRMM است که توسط ایستگاه‌های مشاهداتی در چهار پایگاه داده اصلاح می‌شود (۲۱).

روش کار

در این مطالعه، از دو مجموعه داده بارش استفاده شده که عبارتند از: ۱- داده‌های روزانه مشاهده شده ایستگاه‌های مورد بررسی در حوضه گرگانرود و ۲- داده‌های روزانه بارش PERSIANN و نسخه ۷ TRMM-3B42، در دوره آماری

گرفتن اثر تغییر فصل‌ها صورت گرفت. در مقیاس روزانه، ضریب همبستگی چندان قابل توجه نبود. بیشترین و کمترین مقدار همبستگی داده‌های PERSIANN با بارش روزانه ایستگاه سد گرگان و رامیان دیده شده است که به ترتیب برابر ۰/۲۴۴ و ۰/۱۰۶ به دست آمد. همچنین، برای TRMM-3B42 نیز بیشترین و کمترین ضریب همبستگی در همین دو ایستگاه (به ترتیب ۰/۳۹۷ و ۰/۱۸۳) به دست آمد. در مقیاس ماهانه، TRMM در همه ایستگاه‌ها، جز سد گرگان با میانگین اختلاف ۰/۱۲ میلی‌متر بر روز بارش را در طول دوره مورد مطالعه کمتر برآورد کرده است. در صورتی که PERSIANN در ایستگاه‌های تمر، رامیان و فاضل آباد، بارش را به ترتیب با میانگین اختلاف ۰/۵۵۶، ۱/۰۶۹ و ۰/۳۰۷ میلی‌متر بر روز کمتر و در ایستگاه‌های بهلکه داشلی، سد گرگان و غفار حاجی با میانگین اختلاف ۰/۱۸۶، ۰/۴۲ و ۰/۲۰۶ میلی‌متر بر روز بیشتر برآورد کرده است. در این مقیاس، بهترین مقادیر همبستگی PERSIANN در ایستگاه سد گرگان دیده شد که مقدار آن بین ۰/۹۹ تا ۰/۱۱ متغیر است که به طور متوسط برابر ۰/۳۴۴ محاسبه شد. در TRMM نیز بهترین مقادیر همبستگی ماهانه در ایستگاه بهلکه داشلی محاسبه شد. به طوری که مقدار آن بین ۰/۹۹ تا ۰/۱۴ متغیر بوده و به طور متوسط برابر ۰/۴۰۴ است. جدول ۲ مقادیر میانگین معیارهای ارزیابی را در مقیاس زمانی روزانه و ماهانه نشان می‌دهد. جدول ۳، مقایسه بین بارش‌های ماهواره‌ای را با بارش مشاهداتی ایستگاه‌ها در مقیاس ماهانه (میلی‌متر بر روز) در طول دوره مورد بررسی نشان می‌دهد. از مقایسه مقادیر میانگین بارندگی مشاهداتی در طول ۴۸ ماه مورد بررسی با میانگین ماهانه بارش برآورد شده توسط دو الگوریتم می‌توان نتیجه گرفت که تقریباً روند یکسانی را برای تخمین میانگین ماهانه بارش نشان می‌دهند و می‌توان گفت که رفتار هر دو سری زمانی در مقیاس ماهانه نزدیک به داده‌های مشاهداتی است. همچنین، در اکثر مواقع، با افزایش یا کاهش بارش مشاهداتی، بارش ماهواره‌ای نیز افزایش یا کاهش یافته است.

مقادیر منفی و مثبت Bias به ترتیب به معنای کم تخمینی و بیش تخمینی اطلاعات ماهواره‌ای است.

همچنین، سه شاخص طبقه‌بندی آماری شامل احتمال آشکارسازی (Probability of detection, POD)، نسبت هشدار اشتباه (False alarm ratio, FAR) و شاخص آستانه موفقیت (Critical success index, CSI) در مقاله حاضر برای ارزیابی تشخیص باران توسط مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. شاخص POD نشان‌دهنده نسبت شناسایی صحیح بارش ماهواره‌ای به تعداد کل رخداد‌های بارش مشاهده شده در ایستگاه‌های مشاهداتی است. شاخص FAR شامل مواردی است که در آن مدل وقوع بارش را نشان داده اما در ایستگاه بارشی رخ نداده است. شاخص CSI بیانگر نسبتی است که وقوع بارندگی توسط ماهواره به درستی تشخیص داده شده است (۱۹).

$$POD = \frac{a}{a+c} \quad [5]$$

$$FAR = \frac{b}{a+b} \quad [6]$$

$$CSI = \frac{a}{a+b+c} \quad [7]$$

در معادلات بالا، a تعداد دفعاتی است که باران مشاهده شده به درستی تشخیص داده شده، b تعداد دفعاتی است که در ایستگاه بارش رخ نداده اما مدل وقوع بارش را نشان داده و c تعداد مشاهداتی است که باران مشاهده شده تشخیص داده نشده است. در بهترین حالت ممکن، مقادیر POD، FAR، CSI به ترتیب برابر ۱، ۰ و ۱ می‌باشند (برای مطالعه بیشتر به سایت <http://www.cawcr.gov.au/projects/verification/#Methods> for_dichotomous_forecasts _ مراجعه شود).

نتایج و بحث

همان‌طور که پیش از این تشریح شد، در مقاله حاضر، یک مقایسه بین بارش ماهواره‌ای برآورد شده تولیدات PERSIANN و TRMM-3B42 V7 و بارش مشاهده شده در چند ایستگاه باران‌سنجی در حوضه گرگان‌رود انجام شد. این ارزیابی برای سال‌های آبی ۸۳-۱۳۸۲ تا ۸۶-۱۳۸۵ و با در نظر

جدول ۲. میانگین معیارهای ارزیابی محاسبه شده در مقیاس روزانه و ماهانه در ایستگاه‌های مورد بررسی

شاخص	PCC		RMSE		BIAS		MAE	
	روزانه	ماهانه	روزانه	ماهانه	روزانه	ماهانه	روزانه	ماهانه
تمر	۰/۲۱۸	۰/۲۹۳	۵/۸۴۳	۵/۲۵۹	-۰/۵۵۳	-۰/۵۵۶	۲/۳۴۳	۲/۴۴۱
	۰/۲۸۷	۰/۳۰۷	۶/۴۸۷	۵/۷۱۲	-۰/۳۴	-۰/۳۴۴	۴/۱۸۶	۲/۴۵۸
رامیان	۰/۱۰۶	۰/۲۲۱	۸/۷۳۲	۷/۶۱۱	-۱/۰۶۲	-۱/۰۶۹	۳/۱۸۳	۳/۲۰۱
	۰/۱۸۳	۰/۳۳	۸/۶۶۶	۷/۳۲۷	-۱/۳۶	-۱/۳۶۸	۲/۸۰۴	۲/۸۲۲
بهلکه داشلی	۰/۱۹۹	۰/۲۷۲	۴/۹۸۳	۴/۳۵۱	۰/۱۸۴	۰/۱۸۶	۲/۰۲۹	۲/۰۴۲
	۰/۳۳۷	۰/۴۰۴	۴/۶۳۲	۳/۹۱۹	-۰/۲۳۲	-۰/۲۳۴	۱/۵۵۳	۱/۵۶۳
سد گرگان	۰/۲۴۴	۰/۳۴۴	۴/۴۷۲	۳/۷۰۱	۰/۴۱۷	۰/۴۲	۱/۷۲۲	۱/۷۳۳
	۰/۳۹۷	۰/۳۸۶	۳/۹۶۱	۳/۳۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲	۱/۳۲۴	۱/۳۳۱
فاضل‌آباد	۰/۱۹۹	۰/۳۱۳	۶/۴۹۲	۵/۶۵۳	-۰/۳۰۸	-۰/۳۰۷	۲/۴۸۱	۲/۴۹۵
	۰/۳۰۹	۰/۳۵۷	۵/۹۳۸	۵/۰۹۹	-۰/۸۵۲	-۰/۸۵۸	۲/۰۵۴	۲/۰۶۲
غفارحاجی	۰/۱۹۱	۰/۲۹۲	۶/۲۲۱	۵/۰۳۳	۰/۲۰۴	۰/۲۰۶	۲/۲۴۷	۲/۲۶۲
	۰/۳۲۸	۰/۳۶۲	۵/۶۵۶	۴/۶۵۷	-۰/۲۱۴	-۰/۲۱۷	۱/۸۱	۱/۸۲۱

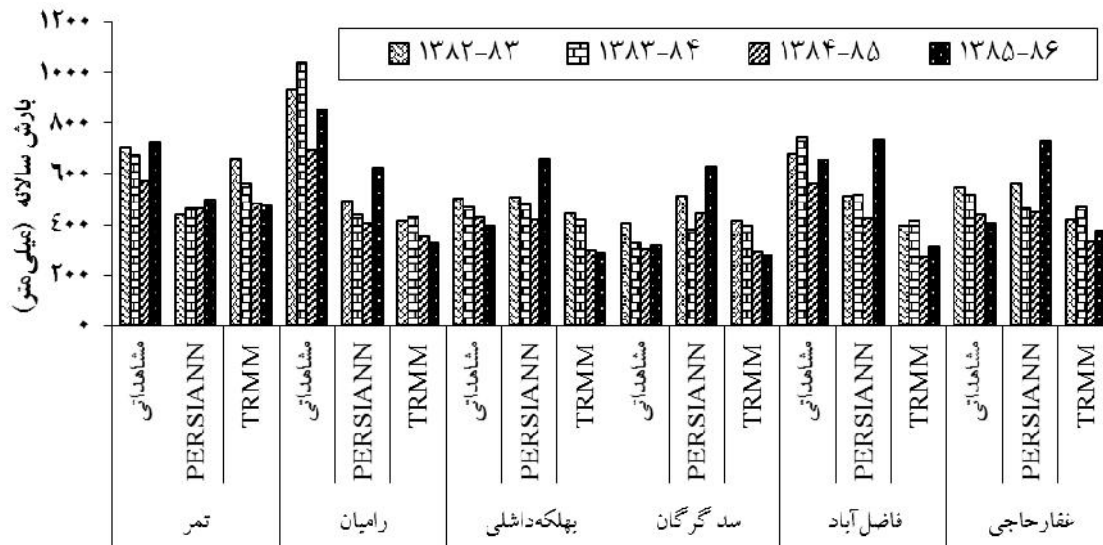
تمر، رامیان و فاضل‌آباد تمایل به کم‌تخمینی دارد. در این مقیاس هر دو الگوریتم در ایستگاه‌های سد گرگان و بهلکه داشلی تخمین قابل قبولی را از بارش سالیانه ارائه کردند. همان‌طور که از شکل ۲ مشخص است، در ایستگاه رامیان در طول دوره مورد مطالعه تخمین مناسبی در مقیاس سالانه انجام نشده است.

همان‌طور که قبلاً تشریح شد، برای مشخص کردن محدودیت تشخیص بارش از طریق الگوریتم‌های بارش ماهواره‌ای سه شاخص FAR، POD و CSI مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین مقادیر CSI و POD مربوط به PERSIANN برای ایستگاه فاضل‌آباد (به ترتیب برابر ۰/۵۹۳ و ۰/۲۷۵) به دست آمد و کمترین مقدار FAR مربوط به TRMM برای ایستگاه سد گرگان می‌باشد. مقادیر بالای POD نشان‌دهنده آن است که مدل به خوبی توانسته است تعداد روزهای بارانی را آشکار کند و مقادیر زیاد FAR بیانگر آن است که تعداد روزهای غیربارانی در مدل و ایستگاه دارای تطابق خوبی نمی‌باشند. CSI حدود ۰/۳ نیز نشان می‌دهد که هر دو تولیدات

برای ایستگاه‌های تمر، رامیان و بهلکه داشلی، بیشترین همبستگی داده‌های مشاهداتی در فصل‌های تابستان، بهار و پاییز با TRMM-3B42 V7 و در فصل زمستان با PERSIANN به ثبت رسید. برای ایستگاه‌های فاضل‌آباد و غفارحاجی نیز بیشترین همبستگی در تابستان با PERSIANN و در بهار، زمستان و پاییز با TRMM-3B42 مشاهده شد. در ایستگاه سد گرگان، PERSIANN در فصل‌های تابستان و زمستان و TRMM-3B42 در بهار و پاییز بیشترین همبستگی را با داده‌های مشاهداتی داشتند. به‌طور کلی، می‌توان گفت که همبستگی داده‌های مشاهداتی در فصل زمستان با PERSIANN و در بقیه فصل‌ها با TRMM-3B42 بیشتر است. کمترین مقادیر همبستگی در هر دو سری بارش ماهواره‌ای مورد مطالعه در ایستگاه رامیان دیده شد. شکل ۲، میانگین بارش سالانه PERSIANN و TRMM را با بارش مشاهداتی سالیانه در طول دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد. در این مقیاس، TRMM به جز ایستگاه سد گرگان بارش را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. PERSIANN در ایستگاه‌های

جدول ۳. مقایسه بارش ماهانه PERSIANN و TRMM-3B42 با بارش مشاهداتی در ایستگاه‌های مورد مطالعه (میلی‌متر بر روز)

آذر			آبان			مهر			ایستگاه
TRMM	PERSIANN	مشاهداتی	TRMM	PERSIANN	مشاهداتی	TRMM	PERSIANN	مشاهداتی	
۱/۷۴۹	۱/۱۶۰	۲/۰۹۶	۲/۵۰۷	۱/۷۷۲	۲/۷۵	۱/۳۲۸	۰/۵۴۴	۱/۲۸۳	تمر
۱/۷۰۵	۱/۴۲۴	۱/۷۵۰	۲/۰۶۴	۱/۹۰۰	۲/۱۷۱	۰/۶۲۲	۰/۷۸۴	۱/۰۶۳	رامیان
۱/۴۵۵	۱/۵۸۹	۱/۷۵۰	۲/۰۴۳	۲/۱۱۶	۲/۱۷۱	۰/۵۶۰	۰/۸۱۶	۱/۰۶۳	بهلکه داشلی
۱/۵۳۴	۱/۷۰۳	۱/۴۲۵	۱/۹۰۰	۱/۹۰۱	۱/۶۶۱	۰/۵۴۷	۰/۹۵۳	۰/۴۲۳	سد گرگان
۱/۳۵۴	۱/۶۳۵	۲/۵۴۲	۱/۸۷۶	۲/۱۲۵	۲/۸۸۸	۰/۵۷۳	۰/۷۸۰	۰/۸۳۳	فاضل‌آباد
۱/۷۷۳	۱/۵۰۵	۲/۱۰۳	۲/۱۶۶	۲/۱۸۳	۲/۸۸۸	۱/۰۵۶	۰/۸۶۸	۰/۷۰۵	غفار حاجی
اسفند			بهمن			دی			
TRMM	PERSIANN	مشاهداتی	TRMM	PERSIANN	مشاهداتی	TRMM	PERSIANN	مشاهداتی	ایستگاه
۱/۷۱۰	۲/۰۵۲	۲/۵۸۶	۲/۰۷۸	۲/۰۵۴	۲/۲۵۸	۰/۸۲۲	۱/۱۵۴	۲/۲۲۵	تمر
۱/۴۹۳	۲/۱۷۶	۱/۶۲۱	۱/۵۲۸	۲/۲۸۰	۱/۶۷۵	۱/۰۴۵	۱/۵۰۰	۱/۶۵۸	رامیان
۱/۳۲۲	۲/۴۷۱	۱/۶۲۱	۱/۳۷۷	۲/۳۰۶	۱/۶۷۵	۱/۱۸۰	۱/۶۹۶	۱/۶۵۸	بهلکه داشلی
۰/۷۵۱	۲/۳۵۹	۱/۴۱۷	۱/۴۱۸	۲/۲۳۲	۱/۲۹۰	۱/۱۳۸	۱/۴۶۰	۱/۳۳۰	سد گرگان
۱/۰۰۱	۲/۹۹۶	۲/۵۰۴	۱/۲۵۸	۲/۶۳۰	۲/۱۵۸	۱/۲۲۵	۱/۲۸۹	۲/۷۱۷	فاضل‌آباد
۱/۰۴۵	۲/۹۴۰	۱/۵۷۸	۱/۳۸۴	۲/۸۰۲	۱/۵۵۶	۱/۶۵۹	۱/۷۳۰	۲/۳۰۵	غفار حاجی
خرداد			اردیبهشت			فروردین			
TRMM	PERSIANN	مشاهداتی	TRMM	PERSIANN	مشاهداتی	TRMM	PERSIANN	مشاهداتی	ایستگاه
۰/۸۴۴	۰/۹۸۶	۰/۷۵۴	۲/۱۷۲	۳/۰۰۲	۲/۱۳۳	۲/۱۳۲	۲/۲۳۸	۲/۸۵۵	تمر
۰/۴۱۲	۰/۶۳۷	۰/۵۶۵	۱/۳۵۵	۲/۹۳۴	۱/۱۱۳	۱/۳۳۴	۲/۳۲۷	۱/۸۳۱	رامیان
۰/۴۴۹	۰/۷۵۴	۰/۵۶۵	۱/۱۵۸	۲/۶۱۳	۱/۱۱۳	۱/۴۶۵	۲/۴۵۳	۱/۸۳۱	بهلکه داشلی
۰/۴۰۷	۰/۶۳۹	۰/۱۵۷	۰/۹۵۲	۲/۲۹۴	۰/۷۵۸	۱/۷۵۸	۲/۵۲۶	۱/۶۷۱	سد گرگان
۰/۵۳۹	۱/۱۵۱	۰/۹۰۳	۱/۴۱۳	۲/۷۶۹	۲/۲۸۲	۱/۵۲۸	۲/۵۴۰	۲/۹۰۷	فاضل‌آباد
۰/۴۹۶	۰/۶۰۵	۰/۳۳۰	۰/۸۴۴	۲/۵۱۱	۰/۶۱۱	۱/۸۸۹	۲/۸۰۴	۱/۸۲۰	غفار حاجی
شهریور			مرداد			تیر			
TRMM	PERSIANN	مشاهداتی	TRMM	PERSIANN	مشاهداتی	TRMM	PERSIANN	مشاهداتی	ایستگاه
۱/۴۲۰	۰/۲۱۸	۱/۰۶۰	۰/۴۵۸	۰/۰۴۹	۰/۷۶۶	۰/۷۱۸	۰/۱۵۸	۱/۲۹۴	تمر
۰/۴۷۲	۰/۰۳۶	۰/۶۶۱	۰/۲۰۵	۰/۰۸۸	۰/۲۳۸	۰/۳۸۵	۰/۱۱۷	۰/۵۰۴	رامیان
۰/۴۹۵	۰/۰۴۱	۰/۶۶۱	۰/۲۲۲	۰/۱۱۳	۰/۲۳۸	۰/۳۱۶	۰/۱۱۴	۰/۵۰۴	بهلکه داشلی
۰/۴۲۷	۰/۰۶۵	۰/۵۹۹	۰/۱۷۸	۰/۰۱۵	۰/۱۰۶	۰/۳۸۱	۰/۱۳۵	۰/۴۰۳	سد گرگان
۰/۲۷۹	۰/۰۲۲	۰/۹۸۸	۰/۱۶۱	۰/۰۶۳	۰/۳۰۲	۰/۳۴۲	۰/۱۶۲	۰/۸۱۹	فاضل‌آباد
۰/۴۱۳	۰/۰۷۰	۰/۹۲۹	۰/۰۷۴	۰/۰۱۲	۰/۰۴۵	۰/۳۹۰	۰/۲۱۵	۰/۹۰۲	غفار حاجی



شکل ۲. مقایسه بارش مشاهداتی، PERSIANN و TRMM در مقیاس سالیانه

جدول ۴. مقادیر سه شاخص POD، FAR و CSI در ایستگاه‌های مورد مطالعه برای دو ماهواره مطالعه شده

شاخص	ایستگاه	تمر	رامیان	بهلکه داشلی	سد گرگان	فاضل آباد	غفار حاجی
POD	PERSIAN N	۰/۵۵۶	۰/۵۳۲	۰/۵۷۸	۰/۵۶۲	۰/۵۹۳	۰/۵۹
	TRMM	۰/۲۹۶	۰/۲۴۹	۰/۲۷۱	۰/۲۶۵	۰/۲۷۶	۰/۲۵۸
FAR	PERSIAN N	۰/۶۷۹	۰/۶۵۶	۰/۶۸۸	۰/۷۰۸	۰/۶۶۲	۰/۷۶۲
	TRMM	۰/۶۷۲	۰/۵۹۷	۰/۵۹۳	۰/۵۹	۰/۶۱۸	۰/۶۸۸
CSI	PERSIAN N	۰/۲۵۸	۰/۲۶۴	۰/۲۵۴	۰/۲۳۸	۰/۲۷۵	۰/۲۰۴
	TRMM	۰/۱۸۴	۰/۱۸۲	۰/۱۹۴	۰/۱۹۲	۰/۱۹۱	۰/۱۶۴

PERSIANN در فصل بهار، مخصوصاً اردیبهشت ماه، مقادیر بارش را بیشتر و در تابستان مقادیر بارش را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. هونگ و همکاران (۱۱) بیان کردند که میانگین تفاوت‌ها در PERSIANN وابسته به ارتفاع است. به گونه‌ای که زمانی که بارش کم در ارتفاعات اتفاق می‌افتد، این الگوریتم کمتر برآورد می‌کند و زمانی که بارش سنگین در ارتفاعات کم اتفاق می‌افتد این ماهواره بیشتر برآورد می‌کند. برای مثال، در ایستگاه غفار حاجی و رامیان، به ترتیب با ارتفاع ۲۱۰ و ۲۰۰ متر از سطح دریا، مشاهده می‌شود که بارش‌های کم، کمتر از مقدار مشاهداتی توسط این ماهواره برآورد شده‌اند.

در ایستگاه‌های مورد بررسی به خوبی نتوانسته‌اند روزهای بارانی و غیربارانی را از هم تفکیک کنند. جدول ۴ مقادیر این سه شاخص را برای ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد که دو سری داده ماهواره‌ای استفاده شده در تحقیق حاضر در تخمین تعداد روزهای تر و خشک در حوضه گرگانرود از دقت خوبی برخوردار نمی‌باشد.

از مقایسه میانگین تفاوت‌های بارش شش ایستگاه با خروجی PERSIANN (با مقادیر ۰/۱۶۱، ۰/۷۷، ۰/۹۵۷، ۰/۱۲۲ و ۰/۴۹۸ به ترتیب برای ایستگاه‌های تمر، بهلکه داشلی، سد گرگان، فاضل آباد و غفار حاجی) می‌توان دریافت که

بارش است. به طور کلی، می توان نتیجه گرفت که عملکرد داده های ماهواره ای بارش در تخمین بارش بستگی به رژیم بارش، ارتفاع و منطقه مورد بررسی دارد. گاتشالک و همکاران (۱۰) نیز در ارزیابی PERSIANN و TMPA 3B42RT در قاره آمریکا گزارش کردند که عملکرد الگوریتم ها تحت تأثیر الگوهای بارش فصلی است.

نتایج نشان داد که به طور کلی، برآورد بارش از طریق میکروویو در TRMM-3B42 V7 بهتر از امواج مادون قرمز در PERSIANN عمل کرده است. TRMM-3B42 به دلیل اصلاح توسط ایستگاه های مشاهداتی تطابق بهتری را با داده های مشاهداتی دارد. این نتیجه، با نتایج تحقیقات گائو و لی (۸)، معظمی و همکاران (۲۰) و میلوسکی و همکاران (۱۸) مطابقت دارد.

نتیجه گیری

برآورد قابل اعتماد و کمی بارش یکی از ضروری ترین نیازها در مدیریت منابع آب است. با این حال، در بسیاری از نقاط جهان، به ویژه ایران کمبود زمانی و مکانی داده های بارش بسیار محسوس است. لذا، استفاده از اطلاعات ماهواره ای یکی از راهکارهای پیشرو است. هدف از مقاله حاضر، بررسی دقت اطلاعات ماهواره ای بارش PERSIANN و TRMM-3B42 V7 در مقیاس های روزانه، ماهانه و فصلی بود. بدین منظور، از اطلاعات بارندگی شش ایستگاه حوضه گرگانرود در یک دوره ۴ ساله مربوط به سال های آبی ۸۳-۱۳۸۲ لغایت ۸۶-۱۳۸۵ استفاده شد. نتایج مربوط به مقایسه عملکرد دو پایگاه بارش در فصل های مختلف نشان می دهد که TRMM-3B42 در فصل زمستان ضعیف تر از PERSIANN عمل کرده است. در زمان های سرد سال، در مناطق کم ارتفاع سد گرگان و بهلکه داشلی یخ موجود در هوا توسط حسگرهای MW در ماهواره TRMM بارش تلقی می شود. لذا، بارش بیشتر برآورد می شود (۲۰ و ۲۲). با توجه به نتایج این مقاله، استفاده از داده های ماهواره ای می تواند جایگزینی برای بارش های

میانگین تفاوت ها برای TRMM در مناطق با ارتفاع زیاد به گونه ای است که بارش را کمتر برآورد می کند. برای مثال، در مقیاس روزانه، در ایستگاه های تمر، رامیان و غفارحاجی به ترتیب، ۰/۳۴-، ۱/۳۶- و ۰/۲۱۴- محاسبه شد. این معیار در مناطق کم ارتفاع مانند بهلکه داشلی و سدگرگان به میزان ۰/۲۳۲- و ۰/۱۵- به دست آمد که بیانگر آن است که TRMM برای این مناطق تخمین قابل قبولی را ارائه داده است.

برای ارزیابی دقت برآوردها، از معیارهای MAE و RMSE نیز استفاده شد. مقادیر زیاد RMSE و MAE در فصل زمستان بیانگر آن است که در این فصل، تخمین خوبی توسط دو الگوریتم انجام نشده و در مقابل در فصل تابستان کمترین مقادیر RMSE و MAE برای ایستگاه های مورد مطالعه دیده می شود. در هر دو سری تولیدات بارش ماهواره ای، بهترین مقادیر RMSE به ایستگاه های سد گرگان و بهلکه داشلی و بدترین مقدار آن به ایستگاه رامیان تعلق گرفت. در تمام فصل ها، کمترین مقادیر MAE (۰/۰۸۸، ۰/۱۲۲ و ۰/۰۸۹) در فصل های پاییز، زمستان و بهار برای TRMM و ۰/۰۲ در فصل تابستان (برای PERSIANN) در ایستگاه سد گرگان مشاهده شد. لذا، این دو الگوریتم در این ایستگاه تخمین قابل قبولی را ارائه کردند. به طور خلاصه، میانگین معیارهای ارزیابی در هر فصل در دوره مورد مطالعه برای دو الگوریتم در جدول ۵ آمده است. در این جدول بهترین مقدار برای هر آماره به صورت برجسته مشخص شده اند.

از مقایسه اختلاف بین نتایج مدل و بارش در طول دوره مورد مطالعه می توان دریافت که TRMM-3B42 بارش را در حوضه گرگانرود کمتر از مقادیر واقعی تخمین زده است (با مقادیر ۰/۳۴-، ۱/۳۶-، ۰/۲۳۲-، ۰/۸۵۲-، ۰/۲۱۴- میلی متر بر روز به ترتیب در ایستگاه های تمر، رامیان، بهلکه داشلی، فاضل آباد و غفارحاجی). معظمی و همکاران (۲۰) نتایج مشابهی در تخمین بارش TRMM-3B42 گزارش کردند. مسعودیان و همکاران (۴) نیز در مطالعه ای گزارش کردند که TRMM-3B42 در نوار ساحلی دریای خزر دارای کم برآوردی

جدول ۵. میانگین معیارهای آماری در فصل‌های پاییز، زمستان، بهار و تابستان برای دو ماهواره مورد بررسی.

شاخص	ایستگاه		تعداد	پاییز		زمستان		بهار		تعداد	تابستان	
	فاصل آباد	غفارحاجی		فاصل آباد	غفارحاجی	فاصل آباد	غفارحاجی	فاصل آباد	غفارحاجی			
PCC	PERSIANN	۰/۳۵۲	۰/۱۵۹	۰/۲۲۲	۰/۲۸۵	۰/۳۳۷	۰/۲۵۶	۰/۲۶۱	۰/۱۷۱	۰/۳۴۹	۰/۲۸۹	۰/۴۶۴
	TRMM	۰/۳۵۸	۰/۳۱۱	۰/۳۹۲	۰/۵۰۳	۰/۲۷۲	۰/۲۷۳	۰/۵۱۱	۰/۳۳۱	۰/۵۰۴	۰/۲۷۶	۰/۳۸۲
RMSE	PERSIANN	۵/۸۱۲	۹/۵۳۹	۵/۶۵۷	۶/۴۲۱	۸/۱۸۹	۸/۵۸۲	۷/۰۵۹	۶/۷۹۳	۸/۸۷۳	۹/۰۴۸	۹/۹۹۷
	TRMM	۶/۸۰۳	۹/۰۹۶	۵/۲۸۳	۳/۷۹۴	۶/۴۲۴	۷/۱۳۲	۶/۰۳۲	۳/۷۶۹	۶/۳۶۷	۷/۰۵۹	۳/۰۶۲
BIAS	PERSIANN	-۰/۸۸۴	-۱/۳۶۷	-۰/۱۵۴	۰/۳۴۹	-۰/۵۷۴	-۰/۴۴۹	۰/۴۹۱	-۰/۲۱۹	-۰/۳۷۹	-۰/۲۹۸	-۰/۵۴۸
	TRMM	-۰/۷۹۳	-۱/۳۹	-۰/۱۷۸	۰/۲۵۵	-۰/۴۶۳	-۰/۱۹۴	۰/۲۶۴	۰/۸۷	۰/۹۶۵	۰/۳۷۹	-۰/۱۲۶
MAE	PERSIANN	۰/۱۲۷	۰/۲۱۸	۰/۱۵۱	۰/۱۲۲	۰/۱۶۵	۰/۱۶۹	۰/۱۴۵	۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	۰/۱۳۴	۰/۱۸۵
	TRMM	۰/۱۶۴	۰/۱۸۹	۰/۱۱۱	۰/۰۸۸	۰/۱۳۹	۰/۱۵۵	۰/۰۹۷	۰/۱۶۹	۰/۱۶۸	۰/۰۸۹	۰/۱۵۳
PCC	PERSIANN	۰/۱۵۷	۰/۱۲۴	۰/۱۷۷	۰/۲۳۷	۰/۱۹۳	۰/۲۵۶	۰/۲۶۱	۰/۳۴۹	۰/۲۸۹	۰/۴۶۴	
	TRMM	۰/۱۰۹	۰/۰۰۷	۰/۱۷۳	۰/۱۵	۰/۲۷۲	۰/۲۷۳	۰/۵۱۱	۰/۵۰۴	۰/۲۷۶	۰/۳۸۲	
RMSE	PERSIANN	۶/۱۱۸	۱۱/۳۵	۶/۳۰۷	۵/۹۰۷	۸/۱۸۹	۸/۵۸۲	۷/۰۵۹	۶/۷۹۳	۸/۸۷۳	۹/۰۴۸	
	TRMM	۷/۲۰۱	۱۲/۱۳	۶/۱۴۱	۵/۳۱۵	۷/۱۳۲	۷/۰۳۲	۶/۰۳۲	۳/۷۶۹	۶/۳۶۷	۷/۰۵۹	
BIAS	PERSIANN	-۰/۶۰۴	-۱/۵۸۷	۰/۵۰۳	۰/۶۶۸	-۰/۱۶۲	۰/۴۹۱	-۰/۳۷۹	-۰/۱۰۷	-۰/۳۷۹	-۰/۲۹۸	
	TRMM	-۰/۷۹۳	-۱/۸۶۴	۰/۱۷	۰/۳۱۳	-۰/۴۳۲	-۰/۱۹۴	-۰/۱۹۵	-۰/۹۶۱	-۰/۱۲۶	-۰/۱۲۶	
MAE	PERSIANN	۰/۲۲۳	۰/۲۸۱	۰/۱۸۱	۰/۱۵۵	۰/۲۲۳	۰/۱۹۹	۰/۰۶۹	۰/۰۷۶	۰/۰۶۹	۰/۰۲	
	TRMM	۰/۱۹۴	۰/۲۶۹	۰/۱۴۲	۰/۱۲۲	۰/۱۶۸	۰/۱۵۲	۰/۰۷۴	۰/۰۷۴	۰/۰۸۶	۰/۰۳۲	

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه تهران به خاطر تأمین امکانات لازم جهت انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

مشاهداتی در مقیاس‌های زمانی ماهانه و بیشتر باشد. در این مطالعه، نسخه هفتم TRMM-3B42 نسبت به PERSIANN نتایج قابل قبول تری را نشان داد. لذا، پیشنهاد می‌شود این بررسی با ماهواره‌های دیگر و در مناطق مختلف ایران نیز انجام شود.

منابع مورد استفاده

۱. حجازی‌زاده، ا.، ب. علیجانی، پ. ضیاییان، م. کریمی و س. رفعتی. ۱۳۹۱. ارزیابی بارش ماهواره‌ای 3B43 و مقایسه آن با مقادیر حاصل از تکنیک درون‌یابی کریجینگ. سنجش از دور و GIS ایران ۴(۳): ۴۹-۶۴.
۲. شیروانی، ا. و ا. فخاری‌زاده شیرازی. ۱۳۹۳. مقایسه مقادیر مشاهداتی بارش و برآوردهای ماهواره TRMM در استان فارس. نشریه هواشناسی کشاورزی ۲(۲): ۱-۱۵.
۳. غضنفری‌مقدم، م.، ا. علیزاده، م. موسوی بایگی، ع. فرید حسینی و م. بنایان اول. ۱۳۹۰. مقایسه مدل PERSIANN با روش‌های درون‌یابی به منظور کاربرد در تخمین مقادیر بارندگی روزانه (مطالعه موردی: خراسان شمالی). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۵(۱): ۲۰۷-۲۱۵.
۴. مسعودیان، ا.، ف. رعیت‌پیشه و م. کیخسروی کیانی. ۱۳۹۳. معرفی و مقایسه پایگاه‌های داده بارشی TRMM و اسفزاری. مجله ژئوفیزیک ایران ۸(۴): ۱۵-۳۱.
۵. میان‌آبادی، آ.، ا. علیزاده، م. بنایان اول و ع. فرید حسینی. ۱۳۹۲. ارزیابی آماری خروجی مدل CMORPH در برآورد بارش شمال شرق ایران (مطالعه موردی: خراسان شمالی). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۷(۵): ۹۱۹-۹۲۷.
6. Ashouri, H., K. L. Hsu, S. Sorooshian, D. K. Braithwaite, K. R. Knapp, L. D. Cecil and O. P. Prat. 2015. PERSIANN-CDR: daily precipitation climate data record from multisatellite observations for hydrological and climate studies. *Bull. Am. Meteor. Soc.* 96(1): 69-83.
7. Chen, Y., E. E. Ebert, K. J. Walsh and N. E. Davidson. 2013. Evaluation of TRMM 3B42 precipitation estimates of tropical cyclone rainfall using PACRAIN data. *J. Geophys. Res. Atmospheres* 118(5): 2184-2196.
8. Gao, Y. C. and M. F. Liu. 2013. Evaluation of high-resolution satellite precipitation products using rain gauge observations over the Tibetan Plateau. *Hydrol. Earth Sys. Sci.* 17(2): 837-849.
9. Ghajarnia, N., A. Liaghat and P. D. Arasteh. 2015. Comparison and evaluation of high resolution precipitation estimation products in Urmia Basin-Iran. *Atmos. Res.* 158: 50-65.
10. Gottschalck, J., J. Meng, M. Rodell and P. Houser. 2005. Analysis of multiple precipitation products and preliminary assessment of their impact on global land data assimilation system land surface states. *J. Hydrometeor* 6(5): 573-598.
11. Hong, Y., D. Gochis, J. T. Cheng, K. L. Hsu and S. Sorooshian. 2007. Evaluation of PERSIANN-CCS rainfall measurement using the NAME event rain gauge network. *J. Hydrometeor* 8(3): 469-482.
12. Huffman, G. J. and D. T. Bolvin. 2013. TRMM and other data precipitation data set documentation. PP. 1-40. *In: NASA, Greenbelt, USA.*
13. Hughes, D. A. 2006. Comparison of satellite rainfall data with observations from gauging station networks. *J. Hydrol.* 327(3): 399-410.
14. Javanmard, S., A. Yatagai, M. I. Nodzu, J. BodaghJamali and H. Kawamoto. 2010. Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM_3B42 over Iran. *Adv. Geosci.* 25: 119-125.
15. Kizza, M., I. Westerberg, A. Rodhe and H. K. Ntale. 2012. Estimating areal rainfall over lake Victoria and its basin using ground-based and satellite data. *J. Hydrol.* 464: 401-411.
16. Kottegoda, N.T. and R. Rosso. 2008. *Applied Statistics for Civil and Environmental Engineers.* Blackwell, Malden, MA.

17. Liu, Z. 2015. Comparison of precipitation estimates between Version 7 3-hourly TRMM Multi-Satellite precipitation analysis (TMPA) near-real-time and research products. *Atmos. Res.* 153: 119-133.
18. Milewski, A., R. Elkadiri and M. Durham. 2015. Assessment and comparison of TMPA satellite precipitation products in varying climatic and topographic regimes in Morocco. *Remote. Sens.* 7(5): 5697-5717.
19. Moazami, S., S. Golian, Y. Hong, C. Sheng and M. R. Kavianpour. 2014. Comprehensive evaluation of four high-resolution satellite precipitation products over diverse climate conditions in Iran. *Hydrol. Sci. J.* 61(2): 420-440.
20. Moazami, S., S. Golian, M. R. Kavianpour and Y. Hong. 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.
21. Qin, Y., Z. Chen, Y. Shen, S. Zhang and R. Shi. 2014. Evaluation of satellite rainfall estimates over the Chinese mainland. *Remote. Sens.* 6(11): 11649-11672.
22. Romilly, T. G. and M. Gebremichael. 2011. Evaluation of satellite rainfall estimates over Ethiopian river basins. *Hydrol. Earth Sys. Sci.* 15(5): 1505-1514.
23. Sorooshian, S., K. L. Hsu, X. Gao, H. V. Gupta, B. Imam and D. Braithwaite. 2000. Evaluation of PERSIANN system satellite-based estimates of tropical rainfall. *Bull. Am. Meteor. Soc.* 81(9): 2035-2046.

Comparison of TRMM-3B42 V7 and PERSIANN Satellites Precipitation Data with Ground-Based Data (Case study: Gorganrood Basin, Iran)

D. Dezfooli, S. M. Hosseini-Moghari and K. Ebrahimi^{1*}

(Received: Oct. 06-2015; Accepted: Feb. 08-2016)

Abstract

Precipitation is an important element of the hydrologic cycle and lack of this data is one of the most serious problems facing research on hydrological and climatic analysis. On the other hand, using satellite images has been proposed by many researchers as one of practical strategies to estimate precipitation. The present paper aims to evaluate the accuracy of satellite precipitation data, provided by PERSIANN and TRMM-3B42 V7 in Gorganrood basin, Iran. To achieve this aim, two sets of daily precipitation ground-based data, 2003 to 2004 and 2006 to 2007, from six stations of Gorganrood basin, named; "Tamer", "Ramian", "Bahalkeh-ye Dashli", "Gorgan Dam", "Ghaffar Haji" and "Fazel Abad" have been used in this paper. The evaluation indices have been calculated and analyzed in different time scales, including daily, monthly and seasonal. The results indicated that the two above mentioned satellite models are not accurate in daily scale. However, they showed reasonable accuracy in monthly and seasonal scales. The highest correlations between satellites and recorded data in daily and monthly scales, for TRMM-3B42 V7 in "Gorgan Dam" and "Bahlke Dashlei" stations, are 0.397 and 0.404, respectively. The comparison of measured and satellite data of winter showed better agreement for PERSIANN model. However, TRMM-3B42 V7 shows better correlation in other seasons. The results also indicated that while TRMM-3B42 data displays higher correlation with measured data, PERSIANN provides better results in predicting the number of rainy days.

Keywords: Daily precipitation, Precipitation estimation, Remote sensing, Satellite images.

1. Dept. of Irrigation & Reclamation Eng., Faculty of Agri. Eng. & Technol., Univ. of Tehran, Tehran, Iran.

*: Corresponding Author, Email: EbrahimiK@ut.ac.ir