



سجش از دور و GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing &
GIS

سال دهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
Vol. ۱۰, No. ۲, Summer ۲۰۱۸

۴۵-۶۰

بررسی داده‌های بارش ماهواره‌های TRMM و GPM در مقیاس‌های روزانه، ماهیانه و فصلی در شهر تهران

آرش بی‌همتا^۱، حمید گهرنژاد^{۲*}، صابر معظمی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر
۲. استادیار گروه مهندسی عمران، مرکز تحقیقات علوم زیست‌محیطی، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر
۳. استادیار گروه مهندسی عمران، مرکز تحقیقات علوم زیست‌محیطی، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۲۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۱۱

چکیده

بارندگی مهم‌ترین عاملی است که در چرخه هیدرولوژی، دخالت مستقیم دارد. به‌دست آوردن اطلاعات دقیق بارش، برای تحلیل پدیده‌های گوناگون هیدرولوژیکی و تغییرات اقلیمی، امری ضروری است. هدف از این تحقیق بررسی میزان دقت داده‌های بارش دو ماهواره GPM با محصول TRMM و IMERG با محصول ۳B۴۲، در چهار ایستگاه سینوپتیک شهر تهران در مقیاس روزانه، ماهیانه و فصلی است. در مقایسه تطبیقی بین داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های مشاهده‌ای بارش ضریب همبستگی (R)، میزان انحراف نسبی (Bias)، خطای قدر مطلق میانگین (MAE)، میانگین مربعات خطا (RMSE) به‌منظور ارزیابی و واسنجی داده‌ها، و مقادیر احتمال تشخیص (POD) و نسبت هشدار اشتباه (FAR) و شاخص موفقیت (CSI) با هدف راستی‌آزمایی داده‌ها، بررسی شد. مقادیر Bias، MAE و RMSE تأیید کرد که هر دو محصول ۳B۴۲ و IMERG، در ایستگاه شمیران، کمترین میزان خطا را با داده‌های مشاهده‌ای دارند. همچنین، در ارزیابی محصول IMERG با مقادیر بارش ایستگاه شمیران، میزان همبستگی در این ایستگاه در مقیاس روزانه، ماهیانه و فصلی، به ترتیب ۰/۵۷، ۰/۸۳ و ۰/۸۷ مشخص شد. به‌طور کلی می‌توان گفت، با توجه به تکنولوژی برتر IMERG دقت بالایی دارد و ابزار خوبی برای پیش‌بینی‌های هیدرولوژیکی است.

کلیدواژه‌ها: GPM، TRMM، IMERG، ۳B۴۲، ماهواره، تهران.

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر. تلفن: ۰۹۱۲۷۱۴۴۲۶۵

۱- مقدمه

محدودند؛ مانند عدم قطعیت در نمونه‌برداری و خطاهای بازتابی و خطاهای ذاتی، که به‌علت اندازه‌گیری غیرمستقیم با سیستم‌های سنجش از دور به‌وجود می‌آیند (Madadi et al., ۲۰۱۶). با توجه به قراردادن مناطق وسیعی از ایران در معرض خطر سیل و از دیگر سو، نبود شبکه‌ای مترکم از ایستگاه‌های زمینی، استفاده از داده‌های بارش ماهواره‌ای به‌قصد کاهش خسارات سیل و همچنین، در نقش داده‌های ورودی در مدل‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی می‌تواند راهگشا باشد. تغییرات زمانی و مکانی بارش باعث شده است این پارامتر، طی دوران‌های گوناگون، عاملی مهم و بحث‌برانگیز و تأثیرگذار در مسائل اجتماعی و اقتصادی محسوب شود (شیروانی و فخاری‌زاده شیرازی، ۱۳۹۳).

ماهواره TRMM^۱ در سال ۱۹۹۷ به فضا پرتاب شد و در مداری در ارتفاع ۳۵۰ کیلومتری، با زاویهٔ میل ۳۵ درجه از استوا، قرار گرفت. سیستم اندازه‌گیری این ماهواره شامل یک رادار بارش، یک رادیومتر میکروویو چندفرکانسه و یک رادیومتر مادون قرمز مرئی می‌شود و محصول ماهواره TRMM با وضوح مکانی 0.25×0.25 درجه است (Kummerow et al., ۱۹۹۸).

در فوریهٔ ۲۰۱۴، نسل جدید ماهواره‌های تخمین بارش با نام GPM^۲، دارای تجهیزات و سنسورهای پیشرفته، به فضا پرتاب شد. GPM در سازمان فضایی ناسا ساخته و از ژاپن به فضا پرتاب شده است و در ارتفاع ۴۰۷ کیلومتری از سطح زمین، در مدار غیرخورشیدآهنگ، به حرکت خود ادامه می‌دهد. این ماهواره، با استفاده از دو ابزار تصویربرداری میکروویو (GMI)^۳ و رادار بارش دوفرکانسه (DPR)^۴، می‌تواند بارش‌های برف و باران را مشاهده کند. GPM ده ماهواره را رهبری می‌کند و محصول نهایی آن IMERG نام دارد. این محصول دارای وضوح مکانی 0.1×0.1 درجه است (Huffman et al., ۲۰۱۵).

بارش نقش بسیار مهمی در چرخهٔ طبیعت و مطالعات آب‌وهواشناسی دارد. از این رو، اندازه‌گیری آن در سطح منطقه‌ای می‌تواند به درک بهتر چرخهٔ هیدرولوژیکی کمک کند. داده‌های بارش یا آمارهای جمع‌آوری شده از باران‌سنج‌ها باید، با روش‌های گوناگون، بررسی شوند، کمبودهای آنها برطرف و درستی آنها آزموده شود تا پاسخگوی نیازهای مطالعاتی باشند (علی‌بخشی و همکاران، ۱۳۹۵). این داده‌ها همواره، در نقش ورودی اصلی در مدل‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی، به‌منظور پیش‌بینی بارش و مدیریت منابع آب به‌کار رفته است. از این رو، هزینه بر بودن اندازه‌گیری در کنار ظهور تکنولوژی‌های نوین ماهواره‌ای، زمینه‌ای مساعد برای تخمین داده‌های کمی فراهم آورده است (Tang et al., ۲۰۱۶). به دلیل تغییرپذیری زیاد این کمیت در مکان و زمان، پایش آن در مقیاس‌های کوچک با استفاده از ایستگاه‌های زمینی، بسیار دشوار است. در این زمینه، کاربرد دانش سنجش از دور با هدف این برآورد یکی از کارآمدترین روش‌ها شمرده می‌شود و از این رو، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای روشی توصیه‌شده برای دستیابی به داده‌هایی با تفکیک بالا است (رسولی و همکاران، ۱۳۹۵). کشورهای در حال توسعه‌ای مانند ایران، در بسیاری از مناطق، فاقد شبکهٔ مترکم ایستگاه‌های باران‌سنجی‌اند و با توجه به نقطه‌ای بودن بارش ثبت‌شده، نمی‌توانند بارش را به‌صورت سطحی نمایش دهند. این نکته محدودیت معتناهی برای کاربردهای مدل‌های هیدرولوژیکی فراهم می‌آورد (Sharifi et al., ۲۰۱۶). بنابراین، در مقایسه با ایستگاه‌های زمینی به‌ویژه در مناطقی که کمبود ایستگاه‌های زمینی وجود دارد، ماهواره‌ها می‌توانند کمیت بهتری از توزیع بارش در کرهٔ زمین در اختیار قرار دهند. در نتیجه، ارزیابی این ماهواره‌ها، پیش از استفاده، ضروری است. از سویی، داده‌های بارش سنجش از دور به خطاهای گوناگونی

۳. GPM Microwave Imager

۴. Dual-Frequency Precipitation Radar

۱. Tropical Rainfall Measuring Mission

۲. Global Precipitation Measurement

و CSI^۶ ارائه داد. در کل، عملکرد IMERG در مقایسه با محصولات دیگر، بیشتر مورد پذیرش بوده است و در آینده، می‌توان از آن برای برنامه‌های کاربردی و نیز در مدل‌های هیدرولوژی و هواشناسی استفاده کرد. با توجه به مطالعات بالا و نتایج به دست آمده از محصولات بارش ماهواره‌ای در نقاط متفاوت دنیا، در این تحقیق، بر آن بوده‌ایم دو محصول بارش ماهواره‌ای IMERG-F و ۳B۴۲-۷۷ در ایستگاه سینوپتیکی شمیران در شهر تهران را ارزیابی و دقت بارش روزانه و ماهیانه را با استفاده از دو محصول، طی دوره زمانی حدود سه سال (اول آوریل ۲۰۱۴ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱۶) بررسی کنیم.

۲- مواد و روش‌ها

در این بخش، منطقه مورد مطالعه و داده‌های به کاررفته را معرفی و روش تحقیق، شیوه تطبیق، ارزیابی و راستی‌آزمایی (صحت‌سنجی) داده‌ها را شرح می‌دهیم.

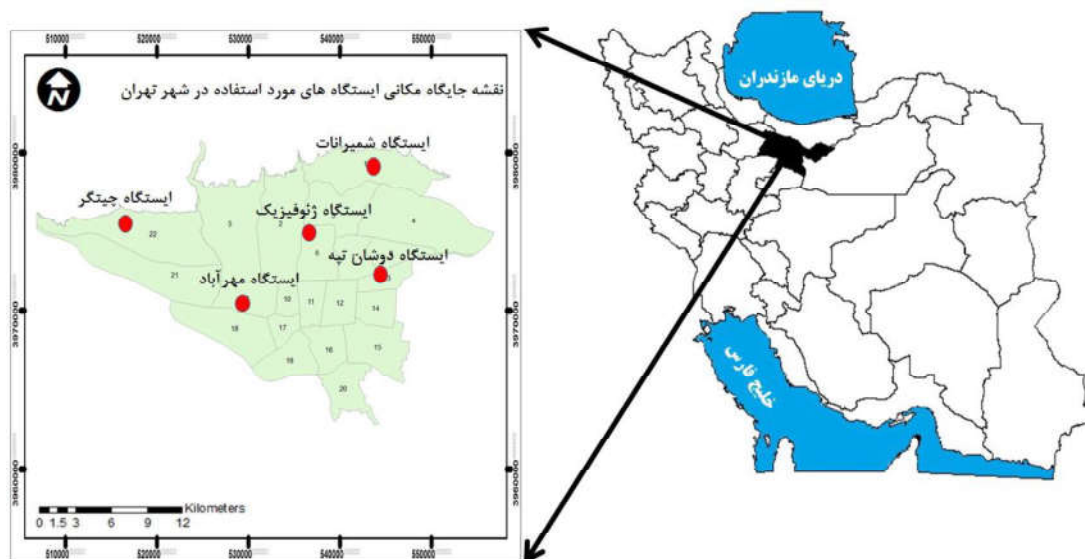
۲-۱- منطقه مطالعاتی

شهر تهران، با مساحت ۷۳۰ کیلومتر مربع، در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز گسترده شده است. به غیر از مناطق شمالی تهران که تحت تأثیر کوهستان تا اندازه‌ای معتدل و مرطوب قرار دارند، آب‌وهوای دیگر مناطق شهر کمابیش گرم‌وخشک و در زمستان‌ها، اندکی سرد است. آب‌وهوای این شهر از کوهستان در شمال و دشت در جنوب تأثیر پذیرفته و مهم‌ترین منبع بارش در این شهر بادهای مرطوب مدیترانه‌ای و اطلسی محسوب می‌شوند که از سوی غرب می‌وزند. ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در این شهر پنج عدد است. ایستگاه مهرآباد در جنوب غرب، ایستگاه چیتگر در شمال غرب، ایستگاه ژئوفیزیک در مرکز، ایستگاه شمیران در شمال شرق و ایستگاه دوشان تپه در شرق تهران واقع شده‌اند. در شکل ۱ و جدول ۲، به ترتیب، موقعیت و مشخصات ایستگاه‌ها نشان داده می‌شود.

- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| ۱. Wang et al. | ۲. Beijing |
| ۳. Moazami et al. | ۴. Probability of Detection |
| ۵. False Alarm Ratio | ۶. Critical Success Index |

جدول ۱. مشخصات هر دو محصول ماهواره‌ای بارش			
نام محصول	وضوح زمانی	وضوح مکانی	دوره دسترسی
IMERG	نیم‌ساعته	۰/۱ درجه	از سال ۲۰۱۴
۳B۴۲	سه‌ساعته	۰/۲۵ درجه	از سال ۱۹۹۷

وانگ و همکاران^۱ (۲۰۱۷)، در زمینه ارزیابی نسل جدید ماهواره GPM با محصول IMERG و ماهواره TRMM با محصول ۳B۴۲-۷۷ با استفاده از داده‌های زمینی، در حوضه رودخانه بیجینگ^۲ کشور چین، برای ارزیابی عملکرد و ابزار هیدرولوژیکی، از نه شاخص آماری استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که داده‌های ماهواره‌ای IMERG-F دقت رضایت‌بخشی، با ضریب همبستگی بالا (۰٫۶۳) و نسبت انحراف نسبی (۰٫۹۲) دارد. معظمی و همکاران^۳ (۲۰۱۵) چهار محصول ماهواره‌ای را روی ایران، در یک دوره پنج‌ساله ارزیابی کردند. نتایج نشان داد، در مقایسه با دیگر محصولات ماهواره‌ای، محصول کالیبره‌شده ۳B۴۲ با RBias برابر ۱۳/۳۴، RMSE برابر ۴/۲ میلی‌متر و MAE برابر ۱/۳۴ میلی‌متر برآوردهای بهتری از مقدار بارش دارد. شریفی و همکاران (۱۳۹۵)، در زمینه بررسی کارایی جدیدترین نسل محصولات بارش ماهواره‌ای با وضوح زمانی— مکانی بالا، با استفاده از سه محصول ماهواره‌های (IMERG) GPM، (۳B۴۲) TMPA و ERA (INTERIM) و مقایسه با داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه هواشناسی مهرآباد در مقیاس روزانه طی دوره زمانی یکساله (اسفند ۱۳۹۲ تا بهمن ۱۳۹۳)، به این نتیجه رسیدند که هر دو ماهواره GPM-IMERG و ۳B۴۲-TMPA، در این منطقه، به برآورد بیشتر تمایل دارند؛ در حالی که ERA-INTERIM، در مقایسه با داده‌های ایستگاه مهرآباد، به برآورد کمتری متمایل است. با وجود این، طبق مقادیر اندیس‌های آماری، IMERG عملکرد به مراتب بهتری برای POD^۴، FAR^۵



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک شهر تهران

جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک شهر تهران

ایستگاه	ارتفاع از سطح آب آزاد (متر)	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	سال تأسیس (میلادی)
مهرآباد	۱۱۹۱	۳۵/۴۱	۵۱/۱۹	۱۹۴۲
چیتگر	۱۳۰۵/۲	۳۵/۴۸	۵۱/۲۹	۱۹۹۶
شمیران	۱۵۴۹/۱	۵۱/۲۹	۳۵/۴۸	۱۹۸۸
ژنوفیزیک	۱۴۱۸/۶	۳۵/۴۴	۵۱/۲۳	۱۹۹۱
دوشان تپه	۱۲۰۹/۲	۳۵/۴۲	۵۱/۲۰	۱۹۷۲

۲-۳- روش تحقیق

داده‌های بارش ماهواره GPM با محصول IMERG-F و ماهواره TRMM با محصول ۳B۴۲-۷۷، با فرمت NetCDF و وارد کردن موقعیت مکانی و زمانی مورد نظر و در نهایت، انتخاب نوع متغیر، از سایت ناسا دانلود شدند. این داده‌ها با نرم‌افزار Arc GIS ۱۰٫۳ به داده‌های عددی تبدیل و به صورت ستونی، از ۲۰۱۴/۴/۱ تا ۲۰۱۶/۱۲/۳۱ در نرم‌افزار اکسل درج شدند. داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌ها از سازمان هواشناسی دریافت و در ستون مقابل داده‌های سنجنده، وارد شدند. ضریب همبستگی (R) به منظور نشان دادن میزان همبستگی

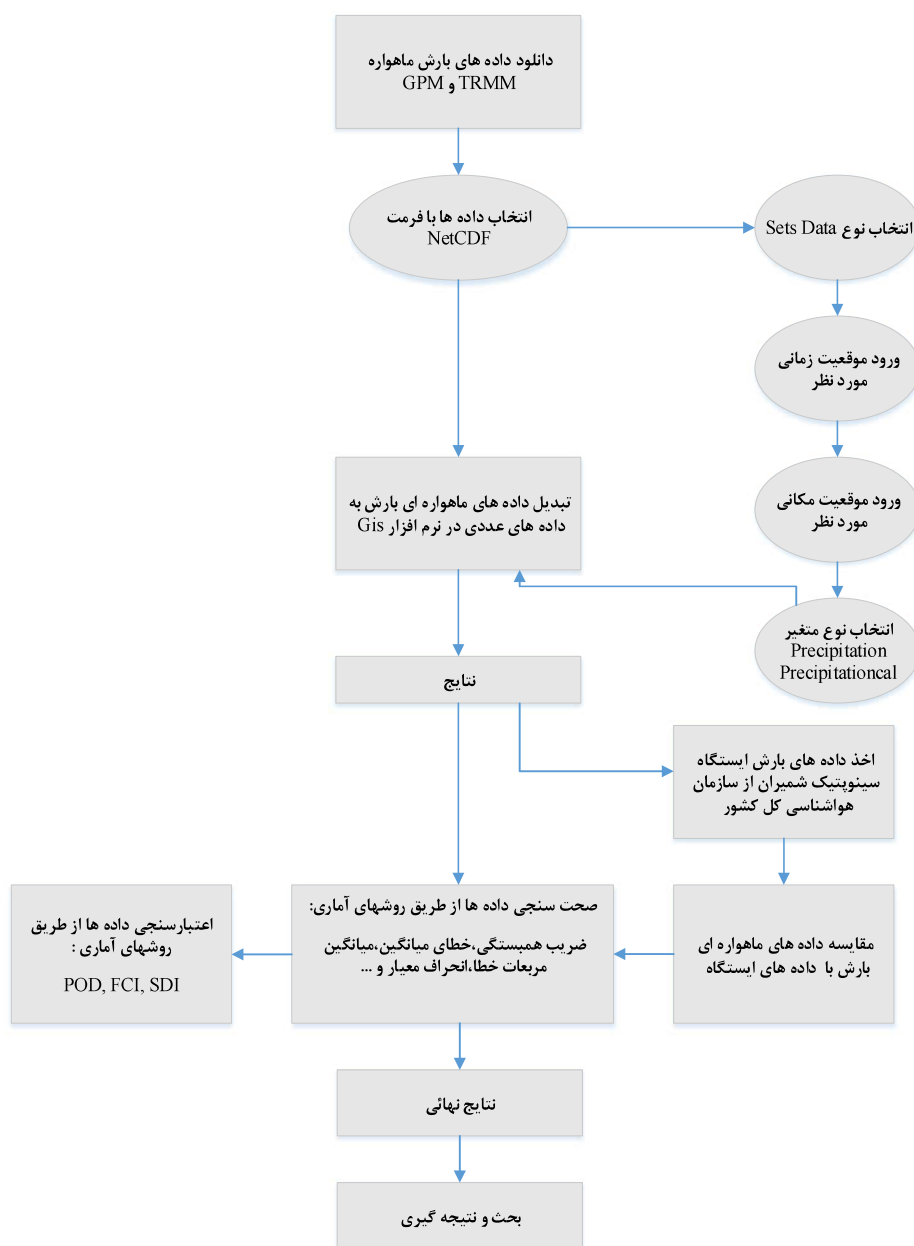
۲-۲- داده‌های استفاده شده

در این مطالعه، داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک شهر تهران، از ۱ آوریل ۲۰۱۴ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱۶ و برای مقایسه در مقیاس روزانه، ماهیانه و فصلی به کار رفته که داده‌ها با استفاده از ماهواره GPM با محصول ۳B۴۲-۷۴ IMERG-F و ماهواره TRMM با محصول ۳B۴۲-۷۷ به دست آمده‌اند. داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌ها از سازمان هواشناسی کل کشور دریافت شده‌اند و داده‌های روزانه سنجنده‌های ماهواره‌ای از سایت ناسا^۱ دانلود و به کمک نرم‌افزار GIS، به داده‌های عددی تبدیل شدند. در ادامه، داده‌های تخمینی و مشاهده‌ای مقایسه شدند.

۱. www.PMM.NASA.gov

روش‌های آماری (POD، FAR و CSI) راستی‌آزمایی کردند. نتایج حاصل، در مقیاس ماهیانه و فصلی، نشان از همبستگی بالای داده‌های بارش ماهواره GPM و داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه دارد؛ همچنین، میزان RMSE و MAE، در مقیاس روزانه و ماهیانه، دقت ماهواره GPM را در پیش‌بینی بارش، بیشتر از دقت ماهواره TRMM نشان می‌دهد.

میان داده‌های ماهواره‌ای و مشاهده‌ای به‌کار رفت. برای بررسی ارتباط بین مقادیر مشاهده‌ای و ماهواره‌ای در ایستگاه مورد مطالعه و به‌دست‌آوردن میزان خطای پیش‌بینی ماهواره، با استفاده از پارامترهای آماری (RMSE، MAE و Bias)، میزان خطای پیش‌بینی مشخص و اعتبارسنجی شد و آن را برای ارزیابی صحت مقادیر پیش‌بینی و میزان موفقیت سنجنده‌ها، از طریق



شکل ۲. فلوجارت نحوه مقایسه داده‌های ماهواره‌ای بارش با مقادیر ایستگاهی

خیر، به ترتیب، وجود بارش و خلاف آن را نشان می‌دهد. Hits تعداد وقایع بارشی را بیان می‌کند که، در هر دو ایستگاه زمینی و ماهواره‌ای، برای بارش مقدار ثبت شده و یا به عبارتی، ماهواره توانسته است به درستی وقوع بارندگی را تشخیص دهد. False Alarms تعداد حالت‌هایی را نشان می‌دهد که ماهواره بارش را پیش‌بینی کرده ولی، در واقع، هیچ‌گونه بارشی رخ نداده است. Misses معکوس حالت قبل است و تعداد وقایعی را بیان می‌کند که بارش اتفاق افتاده ولی ماهواره آن را تخمین نزده است. درنهایت، Correct Negative تعداد وقایعی را نشان می‌دهد که ماهواره توانسته است، به درستی، رخ ندادن بارش را پیش‌بینی کند.

جدول ۳. بررسی وقوع یا رخ ندادن بارش

تصاویر ماهواره‌ای	ایستگاه زمینی		
	بله	خیر	Total
بله	Hits (a)	Misses (c)	a+c
خیر	False alarms (b)	Correct negative (d)	b+d
Total	a+b	c+d	Total

POD شاخصی است که نشان می‌دهد چه کسری از رخ داده‌های مشاهداتی در ایستگاه (بله)، به درستی، با استفاده از ماهواره تشخیص داده شده‌اند. FAR کسری از رخ داده‌هایی را نشان می‌دهد که ماهواره، به اشتباه، بارندگی را تشخیص داده و در واقعیت، بارندگی رخ نداده است. CSI کسری از کل رخ داده‌های بارندگی را نشان می‌دهد که ماهواره درست تشخیص داده است. مقادیر شاخص‌های بالا بین ۰ و ۱ است. بهترین حالت، برای POD و CSI، ۱ محسوب می‌شود؛ درحالی‌که بهترین مقدار، برای FAR، صفر است (Wilks, ۲۰۰۶).

۱. Root Mean Square Error

۲. Mean Absolute Error

۲-۴- اعتبارسنجی داده‌ها

برای ارزیابی دقت اطلاعات بارش، از اندیس‌های آماری مانند ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)^۱، خطای مطلق میانگین (MAE)^۲، انحراف نسبی (Bias) و ضریب همبستگی (R) استفاده شد. معیار آماری ضریب همبستگی، برای تعیین همبستگی بین مقادیر واقعی و برآوردشده، و ریشه میانگین مربعات خطا و خطای مطلق میانگین (هر دو برحسب میلی‌متر) و انحراف نسبی، برای تعیین مقادیر خطای برآوردشده، به کار رفتند.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (y_i - y)^2}{n}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$MAE = \frac{\sum_{j=1}^n |y_i - y|}{n} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$Bias = \frac{\sum_{j=1}^n y_i}{\sum_{j=1}^n y} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$R = \frac{\sum (y_i - \bar{y})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در روابط (۱) تا (۴)، y_i میزان بارش تخمین زده شده با ماهواره، y میزان بارش مشاهداتی، \bar{y} میانگین بارش و n تعداد داده‌های بارش است و کمبودن مقادیر خطا، به وضوح، نشان از دقت بالای تخمین در مقابل مقادیر مشاهده‌ای دارد.

۲-۵- صحت‌سنجی داده‌ها

صحت‌سنجی داده‌ها با هدف بررسی و مقایسه عملکرد تصاویر ماهواره‌ای با داده‌های اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های هواشناسی و میزان توانایی هر دو محصول IMERG و ۳B۴۲ در تشخیص وقوع بارش صورت می‌گیرد. برای به دست آوردن شاخص‌های آماری صحت‌سنجی داده‌های بارش، از روابط زیر استفاده شد:

$$POD = \frac{Hits}{Hits + Misses} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$FAR = \frac{False\ alarms}{Hits + False\ alarm} \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$CSI = \frac{Hits}{Hits + False\ alarm + Misses} \quad \text{رابطه (۷)}$$

جدول ۳ پیشامد احتمالی ۲×۲ از نوع وقایع بله و

۳- نتایج و بحث

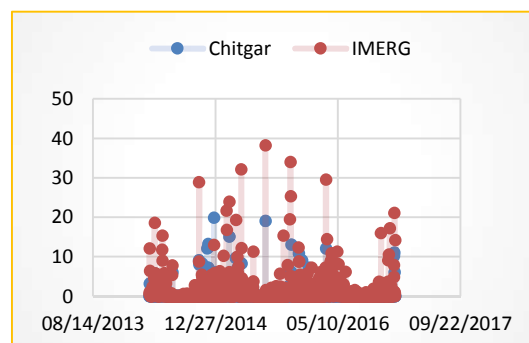
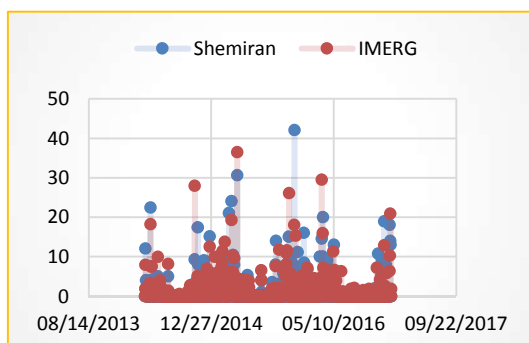
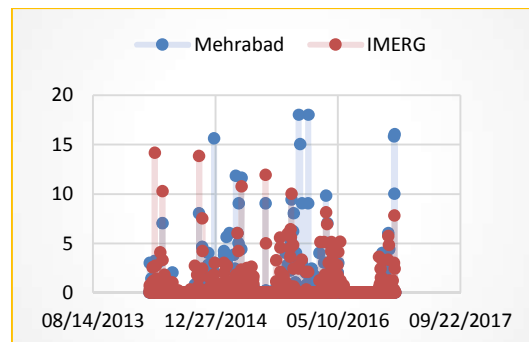
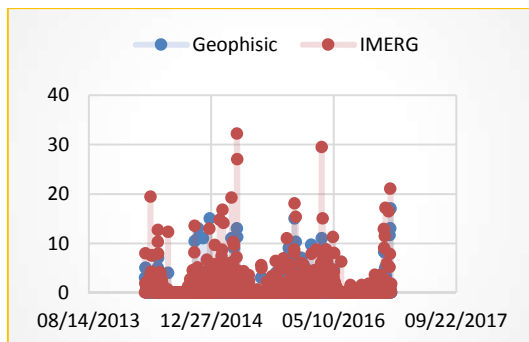
در این مطالعه، بین بارش ماهواره‌ای برآوردشده از ماهواره GPM با محصولIMERG و ماهواره TRMM با محصول ۳B۴۲ و بارش مشاهده‌شده از ۱ آوریل ۲۰۱۴ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱۶، در ایستگاه‌های سینوپتیک شهر تهران، مقایسه‌ای صورت گرفت. هدف از این مقایسه به‌دست‌آوردن میزان خطای تخمین بارش، با استفاده از هر دو ماهواره، در مقایسه با ثبت بارش در ایستگاه‌های زمینی و نیز میزان همبستگی میان داده‌های تخمینی و ایستگاه‌های زمینی در شهر تهران است. در صورت اندک‌بودن میزان خطا و وجود همبستگی بالا میان داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های مشاهده‌ای بارش، می‌توان از اطلاعات سنجنده‌ها برای پیش‌بینی بارش‌ها استفاده کرد.

۳-۱- ارزیابی روزانه داده‌های IMERG و ۳B۴۲، در

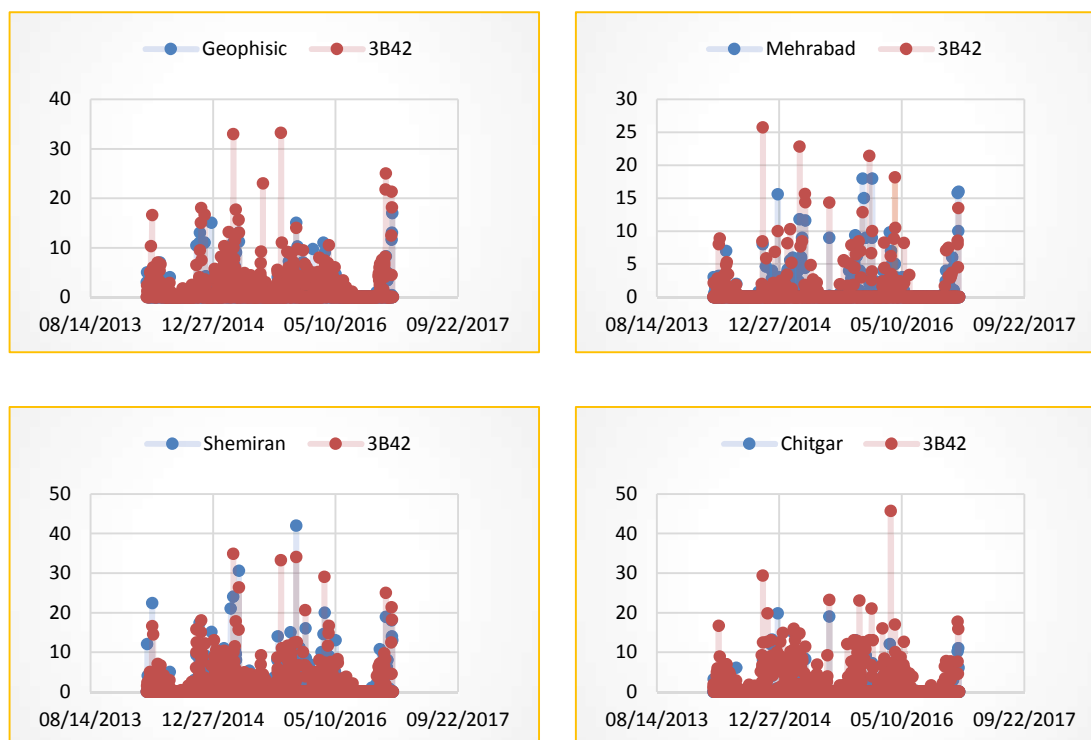
مقایسه با ایستگاه‌ها

میزان بارش تخمین‌زده‌شده روزانه با استفاده از هر دو محصول ماهواره‌ای، در مقایسه با داده‌های مشاهداتی ایستگاه‌های مهرآباد، چیتگر، شمیران و ژئوفیزیک، در شکل‌های ۳ و ۴ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نوسان‌های روزانه بارش ایستگاهی و ماهواره‌ای تشابه نسبی دارند.

اندیس‌های آماری مربوط به رخداد‌های بارش روزانه کل دوره، در هر دو محصول IMERG و ۳B۴۲، در جدول ۴ نشان داده شده است. مقادیر خطای RMSE، MAE و میزان BIAS، ضریب همبستگی R، ضریب تعیین R² و شاخص‌های صحت‌سنجی (راستی‌آزمایی) (CSI، FAR، POD) در مقیاس روزانه، نشان از برتری نسبی ماهواره GPM بر TRMM دارد.



شکل ۳. بارش روزانه داده‌های تخمینی محصول IMERG و داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه‌های سینوپتیک شهر تهران



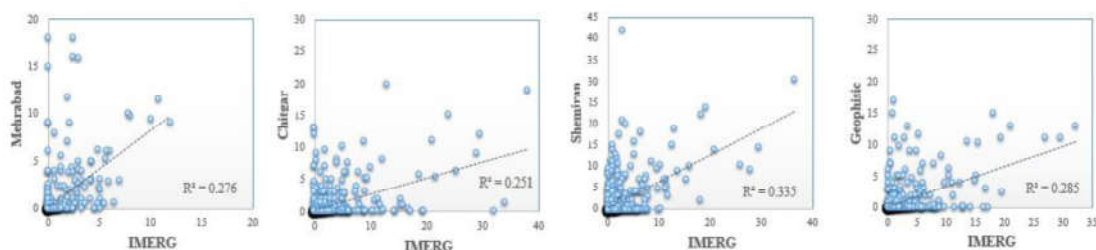
شکل ۴. بارش روزانه داده‌های تخمینی محصول ۳B۴۲ و داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه‌های سینوپتیک شهر تهران

جدول ۴. اندیس‌های آماری رخدادهای بارش روزانه در همه ایستگاه‌ها، در کل دوره

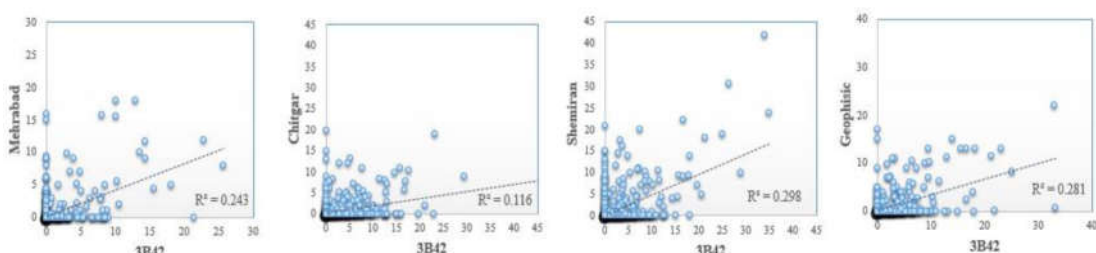
CSI	FAR	POD	BIAS	MAE	RMSE	R	R ²	مقیاس مکانی	مقیاس زمانی	محصول
۰/۵	۰/۲۸	۰/۶۳	۰/۹۲	۰/۰۴	۱/۰۶	۰/۵۲	۰/۲۷	مهرآباد	روزانه	IMERG
۰/۴۹	۰/۲۸	۰/۶۱	۱/۲۴	۰/۱	۲/۰۶	۰/۴۹	۰/۲۴			۳B۴۲
۰/۳۲	۰/۶۴	۰/۷۷	۱/۴۲	۰/۷۱	۳/۱۹	۰/۵	۰/۲۵	چیتگر	روزانه	IMERG
۰/۲۵	۰/۶۹	۰/۶	۳/۲۳	۰/۹۹	۳/۵۶	۰/۳۳	۰/۱۱			۳B۴۲
۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۸۱	۱/۱۱	۰/۱	۳/۱۱	۰/۵۷	۰/۳۳	شمیران	روزانه	IMERG
۰/۳۳	۰/۵۷	۰/۶	۱/۷۳	۰/۶۵	۳/۴۱	۰/۵۳	۰/۲۸			۳B۴۲
۰/۳۴	۰/۶۳	۰/۸	۱/۲	۰/۶۴	۲/۶۴	۰/۵۳	۰/۲۸	ژئوفیزیک	روزانه	IMERG
۰/۳	۰/۶۴	۰/۶	۲/۶۳	۰/۷۵	۲/۹۴	۰/۴۶	۰/۲۱			۳B۴۲

به ترتیب، ۵۸٪ و ۵۴٪ بوده است و به‌طور کلی، می‌توان گفت ضریب همبستگی در مقایسه داده‌های روزانه پایین است و در مقیاس روزانه، استفاده از این داده‌ها در مواردی که بارش روزانه به‌منزله پارامتر ورودی در آن محسوب شود، مناسب نیست.

شکل‌های ۵ و ۶ نتایج همبستگی ایستگاه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای بارش را، در مقیاس روزانه، طی دوره آماری ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ نشان می‌دهند. بیشترین همبستگی در داده‌های روزانه ایستگاه شمیران با مقایسه دو محصول ماهواره‌ای IMERG و ۳B۴۲،



شکل ۵. همبستگی بین داده‌های بارش ایستگاه‌های زمینی و هر دو محصول IMERG در مقیاس روزانه، در کل دوره



شکل ۶. همبستگی بین داده‌های بارش ایستگاه‌های زمینی و هر دو محصول ۳B۴۲ در مقیاس روزانه، در کل دوره

در جدول ۶، مقایسه محصول IMERG و داده‌های مشاهداتی نشان می‌دهد که، برای نمونه، در ایستگاه شمیران از ۳۰٪ مواقعی که تصاویر ماهواره‌ای وقوع بارش را نشان داده‌اند، حدود ۱۵٪ تخمین ماهواره درست بوده و در ۱۵٪ مواقع نیز، پیش‌بینی بارش ماهواره درست نبوده است. همچنین، در ۳٪ از موارد، ایستگاه‌ها بارش را ثبت کرده‌اند؛ درحالی‌که تصاویر ماهواره‌ای تخمینی از بارش نداشته‌اند. باید ذکر کرد که ۶۷٪ بارش‌های مشاهده‌ای و تخمینی برابر با صفر بوده است. طبق مقایسه محصول ۳B۴۲ و داده‌های مشاهداتی نیز، از ۲۷٪ مواقعی که تصاویر ماهواره‌ای حاکی از وقوع بارش بوده‌اند، حدود ۱۱٪ تخمین ماهواره درست و ۱۶٪ پیش‌بینی‌های بارش ماهواره نادرست بوده است. همچنین، در ۸٪ موارد، ایستگاه‌ها بارش را ثبت کرده‌اند؛ درحالی‌که تصاویر ماهواره‌ای تخمینی از بارش نداشته‌اند. باید اشاره کرد که ۶۵٪ بارش‌های مشاهده‌ای و تخمینی صفر بوده‌اند.

در جدول ۵، سه شاخص آماری POD، FAR و CSI، براساس مجموعه داده‌های روزانه در کل دوره، بررسی شد. نتایج به‌دست‌آمده در اینجا نشان می‌دهد که بیش از ۸۰٪ بارش‌های روزانه در ایستگاه‌های شمیران و ژئوفیزیک و بیش از ۶۰٪ در ایستگاه‌های مهرآباد و چیتگر با محصول IMERG تشخیص داده می‌شود اما این رقم، برای محصول ۳B۴۲، کمتر از ۸۰٪ و ۶۰٪ در این ایستگاه‌هاست که برتری تشخیص ماهواره GPM بر TRMM را می‌رساند.

جدول ۵. مقادیر POD، FAR و CSI برای دو محصول ماهواره‌های TRMM و GPM، برای کل دوره

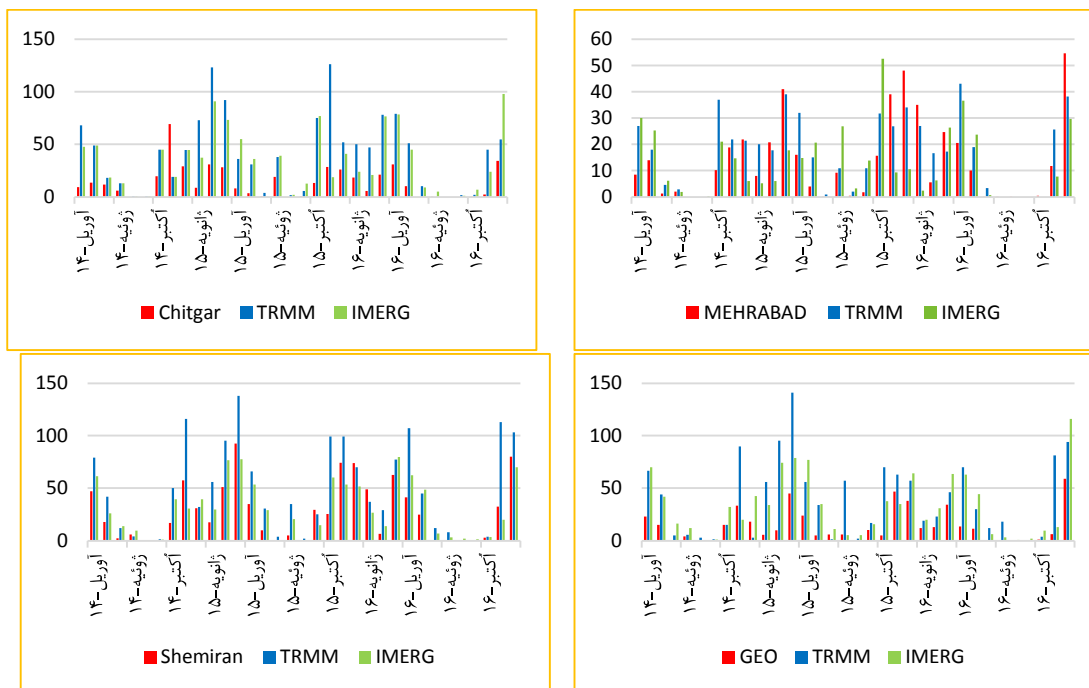
ایستگاه	ماهواره	POD	FAR	CSI
مهرآباد	GPM-IMERG	۰/۶۳	۰/۲۸	۰/۵
	TRMM-۳B۴۲	۰/۶۱	۰/۲۸	۰/۴۹
چیتگر	GPM-IMERG	۰/۷۷	۰/۶۴	۰/۳۲
	TRMM-۳B۴۲	۰/۱۶	۰/۶۹	۰/۲۵
شمیران	GPM-IMERG	۰/۸۱	۰/۴۹	۰/۴۵
	TRMM-۳B۴۲	۰/۱۶	۰/۵۷	۰/۳۳
ژئوفیزیک	GPM-IMERG	۰/۸	۰/۶۳	۰/۳۴
	TRMM-۳B۴۲	۰/۱۶	۰/۶۴	۰/۳

جدول ۶. مقادیر Correct negative و False alarm برای دو محصول ماهواره‌های TRMM و GPM، در کل دوره، بر حسب درصد

ایستگاه سینوپتیک	ماهواره	Hits	Misses	False alarm	Correct negative
مهرآباد	GPM-IMERG	٪۱۳	٪۷	٪۵	٪۷۵
	TRMM-۳B۴۲	٪۱۳	٪۸	٪۵	٪۷۴
چیتگر	GPM-IMERG	٪۱۱	٪۳	٪۲۰	٪۶۶
	TRMM-۳B۴۲	٪۸	٪۶	٪۱۹	٪۶۷
شمیران	GPM-IMERG	٪۱۵	٪۳	٪۱۵	٪۶۷
	TRMM-۳B۴۲	٪۱۱	٪۸	٪۱۶	٪۶۵
ژئوفیزیک	GPM-IMERG	٪۱۲	٪۲	٪۲۱	٪۶۵
	TRMM-۳B۴۲	٪۹	٪۵	٪۱۷	٪۶۹

ارزیابی دقت دو محصول IMERG و ۳B۴۲ در مقیاس ماهیانه، در ایستگاه‌های شهر تهران، یکی از اهداف این تحقیق است. با توجه به جدول ۷، مقادیر خطای RMSE، MAE و میزان BIAS، ضریب تعیین (R^2) و ضریب همبستگی (R) در مقیاس ماهیانه نشان از دقت بالای سنجنده IMERG و برتری آن بر TRMM در همه ایستگاه‌ها دارد و می‌توان گفت همبستگی داده‌های ماهیانه ماهواره‌ای و زمینی، در ایستگاه شمیران، بیشتر از دیگر ایستگاه‌هاست.

۳-۲- ارزیابی ماهیانه داده‌های IMERG و ۳B۴۲، در مقایسه با ایستگاه‌ها
مقایسه بارش ماهیانه ایستگاه‌ها با دو محصول IMERG و ۳B۴۲ در شکل ۷ نشان داده شده است. به‌طور کلی، مقادیر تخمین‌زده‌شده با محصول IMERG، در مقایسه با داده‌های مشاهده‌ای، اعداد نزدیک‌تری دارند و برآورد اعداد تخمین‌زده‌شده با محصول ۳B۴۲ بیشتر از داده‌های مشاهده‌ای است.



شکل ۷. مقایسه بارش ماهیانه ایستگاه‌ها با هر دو محصول IMERG و ۳B۴۲

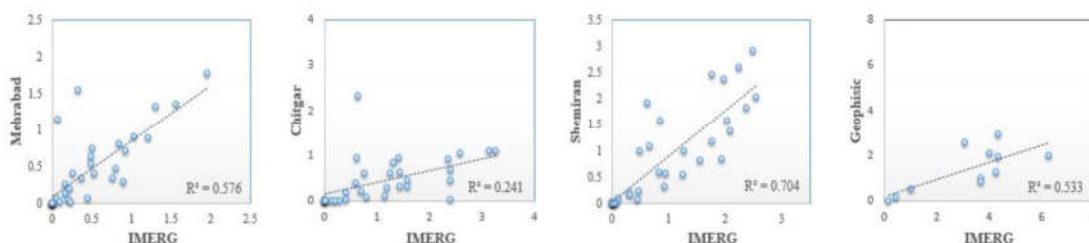
جدول ۷. اندیس‌های آماری رخدادهای بارش ماهیانه در ایستگاه‌ها، در کل دوره

محصول	مقیاس زمانی	مقیاس مکانی	R ²	R	RMSE	MAE	BIAS
IMERG	ماهیانه	مهرآباد	۰/۶	۰/۷۶	۰/۳۴	۰/۰۲	۱/۰۵
۳B۴۲	ماهیانه	مهرآباد	۰/۵۳	۰/۷۲	۰/۳۹	۰/۱۶	۱/۳۷
IMERG	ماهیانه	چیتگر	۰/۲۴	۰/۵	۱/۰۷	۰/۶۷	۲/۵۴
۳B۴۲	ماهیانه	چیتگر	۰/۲۹	۰/۵۴	۱/۳۳	۰/۸۹	۳/۰۲
IMERG	ماهیانه	شمیران	۰/۷۰	۰/۸۳	۰/۵	۰/۱۱	۱/۱۲
۳B۴۲	ماهیانه	شمیران	۰/۶۶	۰/۸۱	۱/۱۴	۰/۷۸	۱/۸۸
IMERG	ماهیانه	ژئوفیزیک	۰/۵۳	۰/۷۲	۰/۹۴	۰/۶۱	۲/۳۳
۳B۴۲	ماهیانه	ژئوفیزیک	۰/۴۷	۰/۶۸	۱/۱۹	۰/۷۸	۲/۶۴

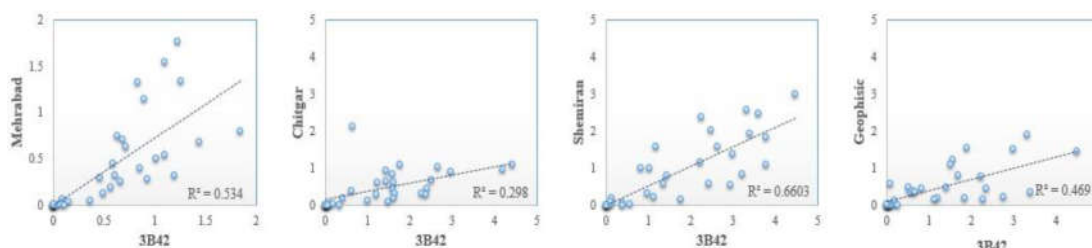
۳-۳- ارزیابی فصلی داده‌های IMERG و ۳B۴۲، در مقایسه با ایستگاه‌ها

مقایسه بارش فصلی ایستگاه‌ها با دو محصول IMERG و ۳B۴۲ در شکل ۱۰ ارائه شده است. مقادیر تخمین زده شده توسط محصول IMERG در ایستگاه شمیران به داده‌های مشاهده‌ای نزدیک‌تر بوده و برآورد اعداد تخمینی توسط محصول ۳B۴۲ از داده‌های مشاهده‌ای بیشتر است.

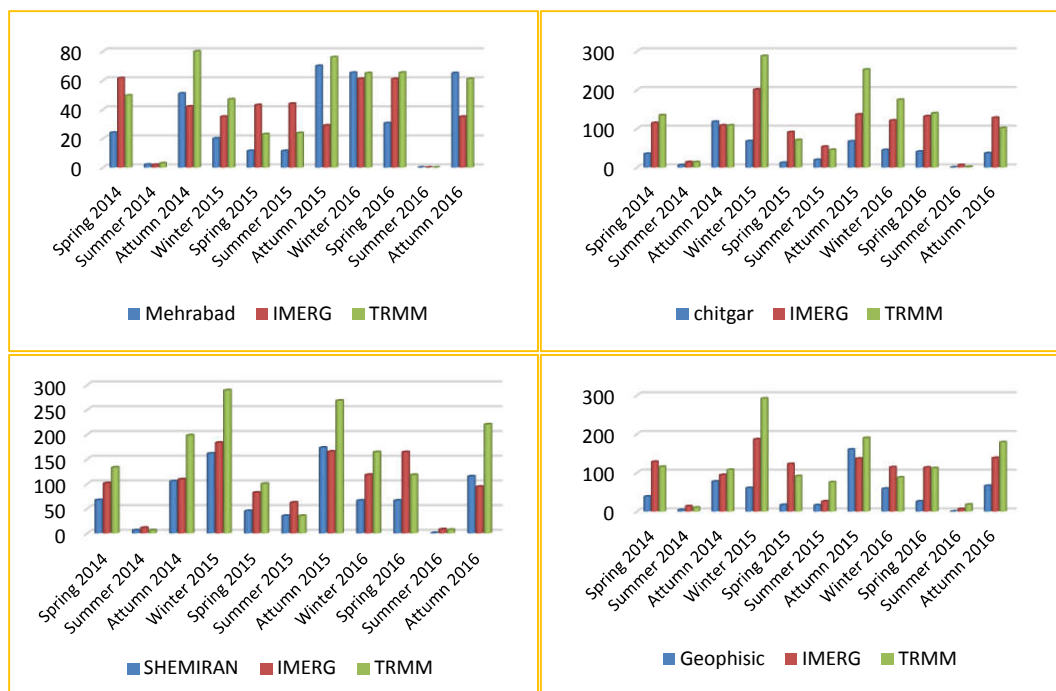
شکل ۸ و ۹ نتایج همبستگی ایستگاه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای، در مقیاس ماهیانه، را طی دوره آماری ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ نشان می‌دهد. بیشترین همبستگی در داده‌های ماهیانه، در مقایسه با هر دو محصول ماهواره‌ای IMERG و ۳B۴۲ در ایستگاه شمیران، به ترتیب، ۸۴٪ و ۸۱٪ بوده و در کل، می‌توان گفت استفاده از این داده‌ها، در مواردی که بارش ماهیانه به منزله پارامتر ورودی محسوب شود، مناسب است.



شکل ۸. همبستگی بین داده‌های زمینی و محصول ماهواره‌ای IMERG، در مقیاس ماهیانه



شکل ۹. همبستگی بین داده‌های زمینی و محصول ماهواره‌ای ۳B۴۲، در مقیاس ماهیانه



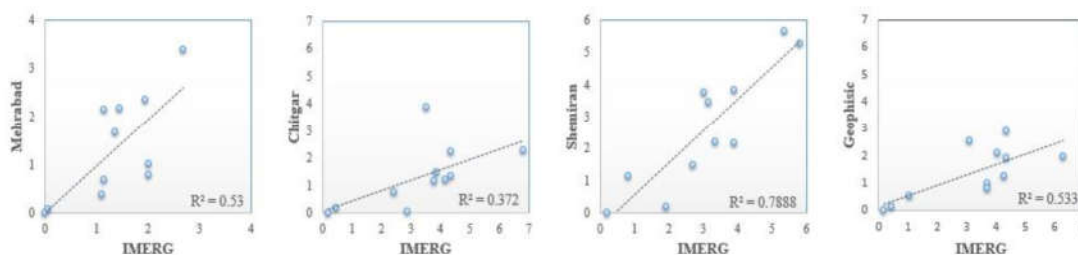
شکل ۱۰. مقایسه بارش فصلی ایستگاه‌ها با استفاده از هر دو محصول IMERG و ۳B۴۲

شکل ۱۱ و ۱۲ نتایج همبستگی ایستگاه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای در مقیاس فصلی را، طی دوره آماری ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶، نشان می‌دهد. بیشترین همبستگی در داده‌های ماهیانه، در مقایسه با هر دو محصول ماهواره‌ای IMERG و ۳B۴۲ در ایستگاه شمیران، به ترتیب، ۰/۸۷ و ۰/۹۰ است و به‌طور کلی می‌توان گفت استفاده از این داده‌ها، در مواردی که بارش فصلی به‌منزله پارامتر ورودی محسوب شود، بسیار مناسب است.

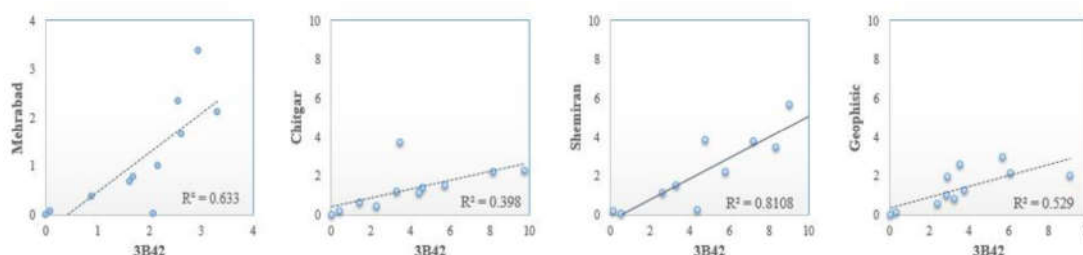
با توجه به جدول ۸، مقادیر خطای RMSE، MAE، میزان BIAS، ضریب تعیین (R^2) و ضریب همبستگی (R) در مقیاس فصلی نشان از برتری محصول ماهواره‌ای IMERG بر ۳B۴۲ دارد. میزان همبستگی، در ایستگاه شمیران و در مقایسه با محصول IMERG و ۳B۴۲، به ترتیب، ۰/۸۷ و ۰/۹۰ درصد است.

جدول ۸. اندیس‌های آماری رخدادهای بارش فصلی در ایستگاه‌ها، در کل دوره

محصول	مقیاس زمانی	مقیاس مکانی	R^2	R	RMSE	MAE	BIAS
IMERG	فصلی	مهرآباد	۰/۵۳	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۳۴	۱/۰۲
۳B۴۲	فصلی	مهرآباد	۰/۶۳	۰/۷۹	۰/۹۶	۰/۷	۱/۶
IMERG	فصلی	چیتگر	۰/۳۷	۰/۶	۲/۴۷	۲/۰۳	۲/۵۴
۳B۴۲	فصلی	چیتگر	۰/۴	۰/۶۳	۳/۵۸	۲/۶۷	۳/۰۲
IMERG	فصلی	شمیران	۰/۷۶	۰/۸۷	۰/۹۳	۰/۲۸	۱/۱
۳B۴۲	فصلی	شمیران	۰/۸۱	۰/۹	۳/۲	۲/۷	۲
IMERG	فصلی	ژئوفیزیک	۰/۵۳	۰/۷۳	۲/۲۵	۱/۸۵	۲/۳۳
۳B۴۲	فصلی	ژئوفیزیک	۰/۵۳	۰/۷۳	۲/۹۶	۲/۲۷	۲/۶۴



شکل ۱۱. همبستگی بین داده‌های زمینی و محصول ماهواره‌ای IMERG، در مقیاس فصلی



شکل ۱۲. همبستگی بین داده‌های زمینی و محصولات ماهواره‌ای 3B42، در مقیاس فصلی

۴- نتیجه‌گیری

به‌نسبت ماهواره دیگر نشان می‌دهد. این عملکرد، حتی در مکان‌ها و شرایط آب‌وهوایی متفاوت نیز، بیانگر دقت بالای محصول IMERG است؛ از این‌رو، می‌توان گفت ماهواره GPM بیشترین دقت را در میان ماهواره‌های بارش دارد. میزان انحراف، میانگین مربعات خطا و خطای مطلق میانگین نشان‌دهنده کمینه اختلاف داده‌های بارش زمینی و پیش‌بینی محصول IMERG است و طبق این مقادیر، نتایج سازگار است. در مقیاس بارش ماهیانه و فصلی، همبستگی بیشتر از مقیاس روزانه است و با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی و راستی‌آزمایی داده‌ها، می‌توان گفت مقایسه بین دو محصول مطابق با انتظار بوده است؛ یعنی IMERG، با توجه به سنسورهای جدید و دقیق نصب‌شده روی GPM و فرکانس بالای این محصول برای مشاهده بارش در سرتاسر کره زمین (نیم‌ساعته) و همچنین، اندازه

آگاهی از مقدار دقیق بارش در مدیریت منابع آب جایگاه ویژه‌ای دارد. با وجود این، نداشتن گسترش مکانی شبکه باران‌سنجی و تأخیر در دسترسی‌ها سبب شده تا اهمیت جست‌وجوی روش‌های مناسب برآورد بارش، بیش از پیش، مشخص شود. استفاده از داده‌های تخمین‌زده‌شده ماهواره‌ای یکی از گزینه‌هایی است که امروزه، به‌منظور برآورد بارش، بدان توجه می‌شود. در این تحقیق، داده‌های بارش دو ماهواره GPM، با محصول IMERG، و TRMM، با محصول 3B42، براساس بررسی‌های آماری صورت‌گرفته در ایستگاه‌های سینوپتیک شهر تهران، از ۲۰۱۴/۴/۱ تا ۲۰۱۶/۱۲/۳۱ ارزیابی شد.

نتایج این تحقیق در مقایسه با سایر تحقیقات، ازجمله ارزیابی وانگ و همکاران (۲۰۱۷) در حوضه رودخانه بیجینگ، لی و همکاران^۱ (۲۰۱۷) در حوضه رودخانه گانجیانگ^۲ کشور چین، کیم و همکاران^۳ (۲۰۱۷) در شرق آسیا و خدادوست و همکاران^۴ (۲۰۱۶) در ایران، عملکرد بهتر ماهواره GPM را

۱. Li et al.

۲. Ganjiang

۳. Kim et al.

۴. Khodadoust et al.

ایستگاه‌های زمینی در حوضه دریاچه ارومیه، فصلنامه علمی— پژوهشی فضای جغرافیایی، سال ششم، جلد ۱۶، شماره ۵۴، تابستان، صص. ۲۱۷-۱۹۵.

شریفی، ا.، ثقفیان، ب.، هلد اشتاینباکر، ر.، ۱۳۹۵، **بررسی کارآیی جدیدترین محصولات بارش ماهواره‌های با وضوح زمانی— مکانی بالا**، ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه کردستان.

شیروانی، ا.، فخاری زاده شیرازی، ا.، ۱۳۹۳، **مقایسه مقادیر مشاهداتی و برآوردهای ماهواره TRMM در استان فارس**، نشریه هواشناسی کشاورزی، جلد دوم، شماره ۲، صص. ۱۵-۱.

علی‌بخشی، م.، حسینی، ف.، داوری، ع.، علیزاده امین، ک.، گاسچا هنری، م.، ۱۳۹۵، **مقایسه آماری بین محصولات IMERG و ۳B۴۲۷۷ TMPA در سطح سه داده‌های بارشی GPM و TRMM (مطالعه موردی: حوضه آبریز کشف‌رود، استان خراسان رضوی)**، نشریه مرتع و آبخیزداری (مجله منابع طبیعی ایران)، دوره ۶۹، شماره ۴، صص. ۹۸۱-۹۶۳.

Abdollahi, B., Hosseini, S.M. & Ebrahimi, K., ۲۰۱۷, Assessment of Satellite Precipitation Data from TRMM ۳B۴۲ and CMORPH in Order to Estimate Precipitation in Gorganrood Basin-Iran, Iran-Watershed Management Science & Engineering, Vol. ۱۱, No. ۳۶.

Blacutt, L., Herdies, D., Gustavog, L., Vila, D. & Andrade, M., ۲۰۱۵, **Precipitation Comparison for the CFSR, MERRA, TRMM۳B۴۲ and Combined Scheme Datasets in Bolivia**, Atmospheric Research, Vol. ۱۶۳, PP. ۱۱۷-۱۳۱.

Cabreraa, J., Yupanquib, R.T. & Raub, P., ۲۰۱۶, **Validation of TRMM Daily Precipitation**

پیکسل‌های کوچک‌تر (۰/۱ درجه)، دقت بالاتری نشان داد. در نهایت، براساس نتایج، عملکرد IMERG بیشتر از محصول ۳B۴۲ مورد پذیرش واقع شده و می‌توان گفت تخمین محصول IMERG، در بارش‌های ماهیانه و فصلی، بسیار نزدیک به داده‌های مشاهداتی است؛ از این‌رو، در آینده می‌توان از آن برای پروژه‌های کاربردی، پیش‌بینی‌های بلندمدت، مدل‌های هیدرولوژی، مطالعات هواشناسی و موارد دیگر بهره برد. با توجه به مطالعات گسترده در زمینه ارزیابی محصولات ماهواره‌ای بارش، که در سراسر دنیا انجام گرفته، و نتایج حاصل از این تحقیقات، می‌توان نتیجه گرفت محصولات بارش ماهواره‌ای در شرایط آب‌وهوایی و ارتفاعات و عرض‌های جغرافیایی متفاوت، دارای دقت‌های متفاوتی‌اند. به همین دلیل، لزوم بررسی آنها، در هر نوع اقلیمی، تحقیقی جداگانه می‌طلبد که نکته‌ای بسیار مهم است. بنابراین، باتوجه به بررسی‌های دقیق و مدت زمانی که صرف تحقیق حاضر شده است و نیز، نظر به مطالعات گذشته که بسیاری از آنها محصولات ماهواره‌ای بارش را صرفاً در یک منطقه خاص ارزیابی کرده‌اند، می‌توان ارزیابی مناطق گوناگون اقلیمی داخل کشور را، در قالب فرصتی برای تحقیقات آتی، پیشنهاد داد و با نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، مقایسه کرد.

۵- منابع

حیدری، س.، شمسی‌پور، ع.ا.، ۱۳۹۶، **مقایسه مقادیر مشاهداتی بارش و برآوردهای ماهواره TRMM در استان کرمانشاه**، چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، ۲-۳ خرداد ۱۳۹۶، تهران. دسترسی در: https://www.civilica.com/Paper-ESPME۰۴-ESPME۰۴_۰۲۱.html

رسولی، ع.ا.، عرفانیان، م.، ساری صراف، ب.، جوان، خ.، ۱۳۹۵، **ارزیابی تطبیقی مقادیر بارندگی برآورده‌شده TRMM و بارش ثبت‌شده**

- Data for Extreme Events Analysis. The Case of Piura Watershed in Peru**, ۱۲th International Conference on Hydroinformatics, HIC ۲۰۱۶, Procedia Engineering, Vol. ۱۵۴, PP. ۱۵۴-۱۵۷.
- Darand, M., Amanollahi, J. & ZandKarimi, S., ۲۰۱۷, **Evaluation of the Performance of TRMM Multi-Satellite PRECIPITATION Analysis (TMPA) Estimation over Iran**, Atmospheric Research, Vol. ۱۹۰, PP. ۱۲۱-۱۲۷.
- Dembele, M. & Zwart, S., ۲۰۱۶**, Evaluation and Comparison of Satellite-Based Rainfall Products in Burkina Faso, West Africa, **International Journal of Remote Sensing, Vol. ۳۷, PP. ۳۹۹۵-۴۰۱۴**.
- Farooq Iqbal, M., ۲۰۱۸, Validation of Satellite Based Precipitation over Diverse Topography of Pakistan, Journal of Atmospheric Research, Vol. ۲۰۱, PP. ۲۴۷-۲۶۰.
- Ghajarnia, A., Liaghat, A. & Daneshkar Arasteh, P., ۲۰۱۵, **Comparison and Evaluation of High resolution Precipitation Estimation Products in Urmia Basin-Iran**, Atmospheric Research, Vol. ۱۵۸-۱۵۹, PP. ۵۰-۶۵.
- Guo, H., Chen, Sh., Bao, A., Behrangi, A., Hongd, Y., Ndayisaba, F., Huf, J. & Stepaniang, P.M., ۲۰۱۷, **Early Assessment of Integrated Multi-Satellite Retrievals for Global Precipitation Measurement over China**, Journal of Atmospheric Research, Vol. ۱۷۶-۱۷۷, PP. ۱۲۱-۱۳۳.
- Huffman, G., Bolvin, D.T., Braithwaite, D., Hsu, K. & Joyce, R., ۲۰۱۵, Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version ۴,۵: For the NASA Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellite E Retrievals for GPM (IMERG), GPM Project.
- Katiraie, P., Akbari, A., Lin, K. & Sorooshian, S., ۲۰۱۷, Intercomparison of PERSIANN-CDR and TRMM-۳B۴۲V۷ Precipitation Estimates at Monthly and Daily Time Scales, Atmospheric Research, Vol. ۱۹۳, PP. ۳۶-۴۹.
- Khodadoust Siuki, S., Saghafian, B. & Moazami, S., ۲۰۱۶, **Comprehensive Evaluation of ۳-Hourly TRMM and Half-Hourly GPM-IMERG Satellite Precipitation Products**, International Journal of Remote Sensing, Vol. ۳۸, PP. ۵۵۸-۵۷۱.
- Kim., K., Park., J., Baik, J. & Choi., M., ۲۰۱۷**, Evaluation of Topographical and Seasonal Feature Using GPM IMERG and TRMM ۳B۴۲ over Far-East Asia, **Atmospheric Research, Vol. ۱۸۷, PP. ۹۵-۱۰۵**.
- Kummerow, C., Barnes, W., Kozu, T., Shiue, J. & Simpson, J., ۱۹۹۸, The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Sensor Package, J. Atmos. Ocean Technol., ۱۵(۳), PP. ۸۰۹-۷۱۷.
- Li, N., Tang, G., Zhao, P., Hong, Y., Gou, Y. & Yang, K., ۲۰۱۷, Statistical Assessment and Hydrological Utility of the Latest Multi-Satellite Precipitation Analysis IMERG in Ganjiang River Basin, Atmospheric Research, Vol. ۱۸۳, PP. ۲۱۲-۲۲۳.
- Li, X., Zhang, Q., Xu, C., ۲۰۱۴**, Assessing the Performance of Satellite-Based Precipitation Product and Its Dependence on Topography over Poyang Lake Basin, **Theoretical and Applied Climatology, Vol. ۱۱۵, PP. ۷۱۳-۷۲۹**.
- Liu, Z., ۲۰۱۵, **Comparison Of Precipitation Estimates Between Version ۷ ۳-Hourly TRMM Multi-Satellite Precipitation**

- Analysis (TMPA) Near-Real-Time And Research Products**, Atmospheric Research, Vol. ۱۵۳, PP. ۱۱۹-۱۳۳.
- Madadi, Gh., Hamzeh, S. & Noroozi, A.A., ۲۰۱۶, Evaluation of Rainfall on a Daily, Monthly and Annual Basis Using Satellite Imagery (Case Study: West Boundary Basin of Iran), *Rs & Gis for Natural Resources*, Vol. ۶, PP. ۵۹-۷۴.
- Mishra, A. & Rafiq, M., ۲۰۱۷, Towards Combining GPM and MFG Observations to Monitor Near Real Time Heavy Precipitation at Fine Scale over India and Nearby Oceanic Regions, *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, Vol. ۸۰, PP. ۶۲-۷۴.
- Moazami, S., Golian, S., Hong, Y., Sheng, C. & Kavianpour, M.R., ۲۰۱۵**, Comprehensive Evaluation of Four High-Resolution Satellite Precipitation Products over Diverse Climate Conditions in Iran, *Hydrological Science Journal*, ۱۵۰۵۱۷۱۰۳۲۴۴۰۰۴.
- Moazami, S., Golian, S., Kavianpour, M.R. & Hong, Y., ۲۰۱۳, **Comparison of PERSIANN and VV TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA) Products with Rain Gauge Data over Iran**, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. ۳۴, PP. ۸۱۵۶-۸۱۷۱.
- Sharifi, E., Steinacker, R. & Saghafian, B., ۲۰۱۶, Assessment of GPM-IMERG and Other Precipitation Product against Gauge Data Under Different Topographic and Climate Conditions in Iran, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. ۸, PP. ۱۳۵.
- Tang, G. Ma, Y., Long, D. & Hong, Y., ۲۰۱۶, Evaluation of GPM Day-۱ IMERG and TMPA Version-V Legacy Products over Mainland China at Multiple Spatiotemporal Scales, *Journal of Hydrology*, Vol. ۵۳۳, PP. ۱۵۲-۱۶۷.
- Wang, Z., Zhong, R., Lai, CH. & Chen, J., ۲۰۱۷, **Evaluation of the GPM IMERG Satellite-Based Precipitation Products and the Hydrological Utility**, *Atmospheric Research*, Vol. ۱۹۶, PP. ۱۵۱-۱۶۳.
- Wilks, D.S., ۲۰۰۶, **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**, ۲nd edn. Academic Press: Amsterdam, ۶۲۷.



Study of Precipitation Data of GPM and TRMM Satellites in Daily, Monthly and Seasonal Scales at Tehran

Bihamta, A.¹, Goharnejad, H.^{2*}, Moazami, S.³

1. M.Sc. Student of Civil Engineering, Islamic Azad University, Islamshahr
2. Assistant Prof., Dep. of Civil Engineering, Environmental Sciences Research Center, Islamic Azad University, Islamshahr
3. Assistant Prof., Dep. of Civil Engineering, Environmental Sciences Research Center, Islamic Azad University, Islamshahr

Abstract

Rainfall is the most important factor directly involved in the hydrological cycle. Obtaining accurate rainfall data is essential for analyzing various hydrological phenomena and climate change. The aim of this study was to investigate the accuracy of the rainfall data of two GPM satellites with IMERG and TRMM with 3B42 product at four synoptic stations in Tehran on daily, monthly and seasonal scales. In comparative comparison between satellite data and rainfall observation data Correlation Coefficient (R), Bias, Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), with the aim of validating data, and Probability of Detection (POD), False Alarm Ratio (FAR) and Critical Success Index (CSI) verification of the data were investigated. The results showed that the correlation between IMERG data and rain observation data at station is higher than 3B42 data. In addition, the Bias, MAE and RMSE values confirmed that both the 3B42 and IMERG products had the lowest error rates with observation data. Also, In the evaluation of the IMERG product with rainfall values of the Shemiran station, the correlation at this station on the daily, monthly and seasonal scale was 57%, 83% and 87%, respectively. In general, considering to its superior technology, IMERG has a high precision and a good tool for hydrological forecasting.

Keywords: Satellite, GPM, TRMM, IMERG, 3B42, Tehran.