

ارزیابی و پهنه‌بندی داده‌های بارش ماهواره‌ای GPM و TRMM 3B42 V7 در شمال شرق ایران

زهرا شیرمحمدی علی‌اکبر خانی^{۱*}، سید فرهاد صابرعلی^۲، حسین نستری نصرآبادی^۲

^۱ استادیار گروه مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپروری تربت‌جام، خراسان رضوی، ایران
^۲ استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپروری تربت‌جام، خراسان رضوی، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۱۲ ، تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۲۹

چکیده

هدف اصلی این مطالعه ارزیابی داده‌های بارش ماهواره‌ای از دو ماهواره GPM با محصول IMERG و TRMM با محصول 3B42-V7 با داده‌های باران‌سنجی و مقایسه دو مدل کاربردی در ارزیابی مکانی این داده‌ها به منظور پهنه‌بندی بارش در آب‌وهوای نیمه‌خشک استان خراسان رضوی است. داده‌های بارش اندازه‌گیری شده از ۱۳ ایستگاه همدیدی در استان خراسان رضوی برای مدت ۲ سال، از ژانویه ۲۰۱۵ تا دسامبر ۲۰۱۶ جمع‌آوری شده و با داده‌های سالانه GPM و TRMM-3B42 V7 موجود مقایسه شده است. به منظور ارزیابی کارایی دو مدل وزن دهی معکوس فاصله (IDW) و کریجینگ برای پهنه‌بندی بارش سالیانه در این استان از روش‌های آماری مانند ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطا (ME) در نرم‌افزار GIS استفاده گردید. نتایج تحلیل‌های آماری مقایسه دو روش با داده‌های تولیدات ماهواره‌ای نشان داد که در مقیاس سالانه داده‌های ماهواره TRMM به داده‌های ماهواره GPM نزدیک می‌باشد اما ماهواره TRMM داده‌های بارش را با ضریب همبستگی کمی بالاتر و انحراف (بایاس) نسبی کمتری نسبت به ماهواره GPM شبیه‌سازی می‌نماید. همچنین نتایج نشان داد که در میان‌یابی هر سه داده بارش، روش کریجینگ نسبت به روش وزن دهی معکوس فاصله میان‌یابی را با دقت بالاتری انجام می‌دهد. در هر دو روش میان‌یابی، پهنه‌بندی داده‌های GPM با خطای بسیار کمتری انجام گرفت. این مطالعه نشان داد که در میانگین بارش سالیانه هر دو تولیدات بارش ماهواره‌ای TRMM و GPM می‌تواند در برآورد بارش مورد استفاده قرار گیرد و به‌طور بالقوه می‌تواند یکی از منابع قابل اطمینان برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی باشد.

کلمات کلیدی: بارش، پهنه‌بندی، تولیدات ماهواره‌ای، خراسان رضوی

مقدمه

درک مناسب تغییرات زمانی و مکانی بارش و تخمین دقیق بارش برای تمام حوضه و در دوره‌های طولانی مدت از نیازهای روزافزون مطالعات اقلیمی و هیدرولوژیکی و برنامه‌ریزی پایدار منابع آب می‌باشد. باران‌سنج‌ها در ایستگاه‌های همدیدی مشاهدات دقیق بارش را ارائه می‌دهند (ما و همکاران، ۲۰۱۵). با این حال، داده‌های باران‌سنجی در مکان‌های خاصی که بیان‌کننده مقدار بارش نقطه‌ای می‌باشند، به دست می‌آیند و محاسبه بارش متوسط با استفاده از روش‌های درونیابی در هنگام تعیین پیش‌بینی‌های مکانی بارش منجر به افزایش خطا خواهد شد. علاوه بر این در ایران و اکثر کشورهای در حال توسعه، شبکه‌های باران‌سنجی پراکنده بوده و در بعضی از مناطق نیز تعداد باران‌سنج‌ها محدود می‌باشد (کید و هافمن، ۲۰۱۱). استفاده از تخمین‌های بارش بر اساس تولیدات ماهواره‌ای، قابلیت بهبود و کاهش عدم قطعیت در ورودی‌های بارش و توسعه شبیه‌سازی‌های منابع آب را دارد. برآورد بارش‌های حاصل از تولیدات ماهواره‌ای در حال افزایش است و انتظار می‌رود که جایگزین مناسبی برای برآورد بارندگی در مقیاس زمانی و مکانی در حال حاضر و آینده باشد. اما نظر به تغییرات زمانی و مکانی بارش در اقلیم‌های مختلف باید صحت این داده‌ها بررسی و اعتبار سنجی گردد. استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای به منظور بهبود تخمین مکانی بارش در مطالعات زیادی گزارش شده‌اند از جمله: احمدی و نارنگی فرد، ۱۳۹۱، بی‌همتا و همکاران، ۱۳۹۷، خسروی و همکاران، ۱۳۹۲، گریمز و دایوپ، ۲۰۰۳، ابرت و مکبراید، ۲۰۰۰، هسو و همکاران، ۱۹۹۹، معظمی و همکاران، ۲۰۱۳، اوچاوا و همکاران، ۲۰۱۴، اسکافیلد و کولیگوسکی، ۲۰۰۳، شریفی و همکاران، ۲۰۱۶، سروشیان و همکاران، ۲۰۰۰).

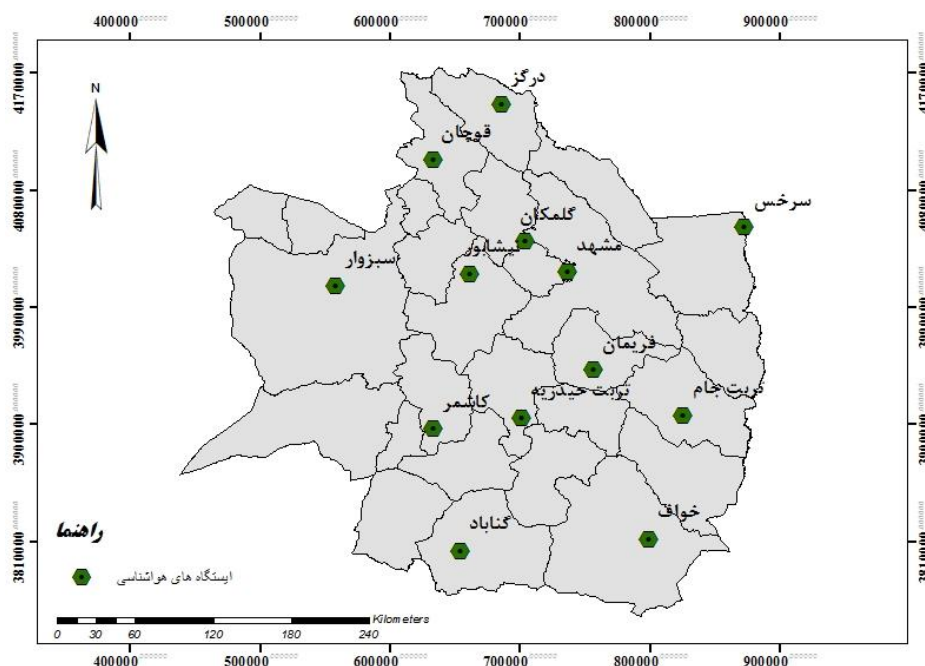
زی و همکاران (۲۰۰۷) نتایج ۵ داده ماهواره‌ای (3B42-V7, CPC, CMORPH, PERSIANN, NRL) با داده‌های ایستگاه‌های زمینی در شرق آسیا را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که

بارش‌های ماهواره‌ای در مناطقی با آب‌وهوای مرطوب و یا فصول مرطوب در طی سال، عملکرد بهتری نسبت به مناطق خشک آسیای مرکزی و مناطق نیمه‌خشک دارند. در ایران مطالعات متعددی بر روی مقایسه داده‌های TRMM با داده‌های ایستگاه‌های زمینی صورت پذیرفته است که در تمام این تحقیقات داده‌های بارش ماهواره TRMM عملکرد مناسبی از خود در مناطق مورد مطالعه نشان داده‌اند (اکبری ینگه قلعه و همکاران، ۱۳۹۶، غفوریان و همکاران، ۱۳۹۲، شیروانی و فخاری زاده، ۱۳۹۳، جوان و عزیز زاده، ۲۰۱۷). اما تاکنون بر روی ارزیابی و یا پهنه‌بندی بارش ماهواره GPM و مقایسه آن با داده‌های بارش TRMM در ایران کار زیادی انجام نشده است.

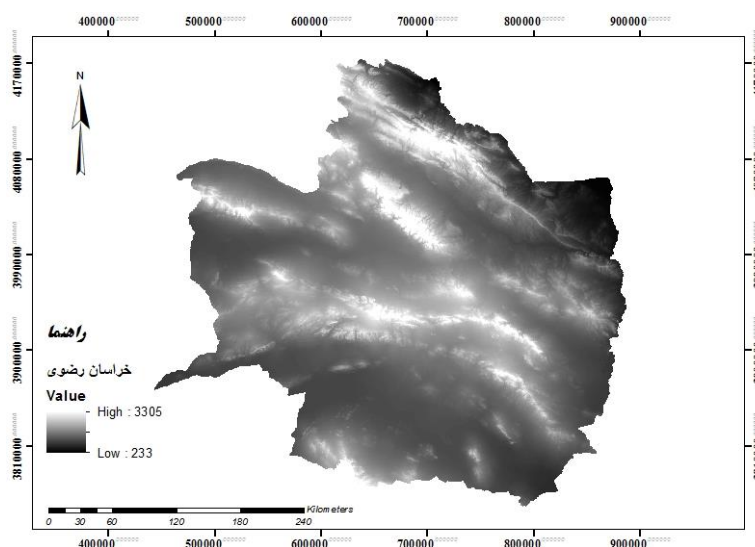
هدف از این مطالعه ارزیابی محصولات بارندگی ماهواره‌ای TRMM-3B42 V7 و GPM با استفاده از داده‌های بارندگی ایستگاه‌های زمینی و مقایسه مدل‌های وزن دهی معکوس فاصله (IDW) و کریجینگ (Kriging) در پهنه‌بندی داده‌های بارش در شمال شرق ایران می‌باشد. استفاده از داده‌های بارش ماهواره‌ای به طور بالقوه می‌تواند منافع علمی و اجتماعی (مانند پیش‌بینی بلایای طبیعی و نظارت و مدیریت منابع آب) زیادی داشته باشد.

مواد و روش‌ها

استان خراسان رضوی در شمالی شرقی ایران و در طول جغرافیایی فاصله ۶۲-۵۶ درجه شرقی و ۳۸-۳۳ درجه شمالی با مساحت ۱۱۷۲۰۰ کیلومتر مربع گسترش یافته است. متوسط سالانه بارندگی در این استان ۲۵۰ میلی‌متر گزارش شده است. بر اساس شاخص طبقه‌بندی اقلیمی تورنت وایت این منطقه دارای آب‌وهوای نیمه‌خشک می‌باشد. این پژوهش با استفاده از داده‌های بارندگی سه‌ساعته در ۱۱۳ ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی این استان شامل درگز، فریمان، گل‌مکان، نیشابور، سرخس، تربت حیدریه، تربت جام، قوچان، مشهد، سبزوار، کاشمر، گناباد، خواف در طول دوره آماری ۲ ساله انجام شده است (شکل ۱). نقشه ارتفاعات در استان خراسان رضوی



شکل ۱. نقشه توزیع مکانی ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی در منطقه مورد مطالعه



شکل ۲. نقشه توزیع ارتفاعات در خراسان رضوی

داده‌های بارندگی سه‌ساعته در ۱۳ ایستگاه همدیدی استان خراسان رضوی از اداره کل هواشناسی این استان به مدت ۲ سال دریافت گردید. خصوصیات آماری داده‌های سالیانه ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. همچنان که در جدول ۱

در شکل ۲ آورده شده است. توزیع زمانی بارش در این استان در فصول مختلف متفاوت می‌باشد بطوری که عمده بارندگی در این استان در فصول پاییز تا اواسط بهار اتفاق می‌افتد و از اواسط بهار تا اوایل پاییز بارندگی در این استان بسیار اندک است.

جدول ۱. توابع آماری داده‌های سالیانه ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی مورد مطالعه

مقدار	تابع آماری	مقدار	تابع آماری
۸۴/۲۱	انحراف معیار (SD)	۵۰/۷	حداقل (MIN)
۰/۳۲	چولگی (Skewness)	۴۱۷/۸	حداکثر (MAX)
۰/۴۰	کشدگی (Kurtosis)	۱۹۸/۹۵	میانگین (mean)
		۱۹۲/۶	میان (Median)

نسل جدید ماهواره‌های هواشناسی به نام مأموریت اندازه‌گیری بارندگی جهانی (GPM) شبکه‌ای از ماهواره‌هاست که پس از موفقیت ماهواره TRMM نسل بعدی مشاهدات جهانی بارش برف و باران را فراهم می‌نماید. این ماهواره محصول مشترک ناسا و آژانس کاوش‌های هوافضای ژاپن (Jaxa) است که داده‌هایIMERG را برای عموم در اواخر فوریه ۲۰۱۵ منتشر کرد. محصولات GPM شامل محصولات بارش در مقیاس جهانی با قدرت تفکیک مکانی ۰/۱ درجه و در بازه‌های زمانی ۳۰ دقیقه‌ای در دسترس می‌باشد (هافمن و همکاران، ۲۰۱۸). در این پژوهش از داده‌های نهاییIMERG از تاریخ اواخر فوریه ۲۰۱۵ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱۶ از سایت ناسا (<https://pmm.nasa.gov/>) دریافت گردید. پس از دریافت داده‌ها در بازه ۳۰ دقیقه این داده‌ها به داده‌های ساعتی و سپس به داده‌های روزانه، ماهانه و سالانه تبدیل گردید.

تحقیقات زیادی پیرامون دقت و قابلیت اطمینان برآورد بارندگی‌های ماهواره‌ای TRMM و GPM صورت گرفته است. با این حال عملکرد این مقادیر از مکانی به مکان دیگر متفاوت می‌باشد. از این رو همواره لازم است که دقت و عملکرد این داده‌ها با داده‌های ایستگاه‌های زمینی مورد ارزیابی قرار گیرد تا بتوان با اطمینان مناسب از این داده‌ها در برنامه‌ها و مطالعات محلی استفاده نمود. بنابراین برای استفاده از این داده‌ها، نیاز است این داده‌ها در منطقه مورد نظر کالیبره و اعتبار سنجی شود. در این پژوهش برای ارزیابی داده‌های بارش ماهواره‌ای و داده‌های بارش ایستگاه‌های هواشناسی در مقیاس سالانه برای ۱۳

مشاهده می‌گردد. مقادیر میانگین و میانه داده‌های بارش به هم نزدیک بوده و مقادیر چولگی هم برای داده‌های سالانه مقدار کمی به دست آمده است که نشان می‌دهد داده‌های بارش از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند. مقدار میانگین از مقدار میانه بیشتر می‌باشد به همین دلیل توزیع بارش در منطقه مورد مطالعه دارای چولگی مثبت می‌باشد. اختلاف زیاد بین مقادیر حداقل و حداکثر و بالا بودن انحراف معیار نشان می‌دهد که بارندگی در منطقه مورد مطالعه از تغییرپذیری مکانی بالایی برخوردار می‌باشد که یکی از دلایل عمده آن تغییرات زیاد ارتفاعی در منطقه مورد مطالعه است. اختلاف ارتفاع در منطقه مورد مطالعه بین پست‌ترین و مرتفع‌ترین نقطه ۳۰۷۳ متر است (شکل ۲). تأثیر ارتفاع بر بارش و خصوصیات آن در سال‌های گذشته در مناطق متعدد به وسیله محققین مطالعه و اثبات شده است (کنراد، ۱۹۹۶، الاست و پویگسور، ۱۹۹۲، سانچز مورینو و همکاران، ۲۰۱۴، واز و بویز، ۲۰۰۱).

داده‌های بارش ماهواره‌ای مورد استفاده در این پژوهش از داده‌های TRMM-3B42 V7 بوده است. تولیدات ماهواره‌ای TRMM که ترکیب سنجش‌ازدور و مشاهدات محلی به دست آمده‌اند، منطقه‌ای بین ۵۰ درجه شمالی تا ۵۰ درجه جنوبی را با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه (تقریباً ۲۷ کیلومتر) را پوشش می‌دهد. داده‌های مذکور به صورت داده‌های سه ساعته است که از سال ۱۹۹۸ در دسترس عموم قرار دارد (هافمن و بولوین، ۲۰۱۲). در این پژوهش سری زمانی TRMM-3B42 V7 از سایت ناسا (<http://trmm.gsfc.nasa.gov/3b42.html>) دریافت شد. سپس این داده‌ها به داده‌های روزانه و سپس ماهانه و سالانه تبدیل گردید.

جدول ۲. شاخص‌های آماری مورد استفاده در پژوهش به منظور ارزیابی دقت داده‌های ماهواره‌ای

شاخص‌های آماری	معادله مربوطه	مقدار مطلوب
ضریب همبستگی (CC)	$CC = \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (f_n - \bar{f})(r_n - \bar{r})}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (f_n - \bar{f})^2} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (r_n - \bar{r})^2}}$	۱
بایاس نسبی (RBIAS)	$RBIAS = \frac{\sum_{n=1}^N (f_n - r_n)}{\sum_{n=1}^N r_n} \times 100\%$	۰
ریشه میانگین مربعات خطا نرمال شده (NRMSE)	$NRMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (f_n - r_n)^2}}{\bar{r}}$	۰
شاخص ناش (NSE)	$NSE = 1 - \frac{\sum_{n=1}^N (r_n - f_n)^2}{\sum_{n=1}^N (r_n - \bar{r})^2}$	۱

که در آن n تعداد داده‌ها، مقادیر r_n مقدار تیخیر تعرق به روش استاندارد پنمن مانیت فائو و f_n مقادیر محاسباتی تیخیر تعرق با استفاده از سایر روش‌های تیخیر تعرق، n تعداد داده‌ها

با دقت بالاتری داده‌ها را تخمین می‌زند.

نتایج و بحث

میانگین بارش سالیانه داده‌های ماهواره GPM و TRMM و داده‌های ایستگاه‌های همدیدی در دو سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ در شکل‌های ۳ و ۴ آورده شده است. میزان بارندگی در سال ۲۰۱۶ هم در ایستگاه‌های زمینی و هم در داده‌های دو ماهواره نسبت به سال ۲۰۱۵ افزایش داشته است. در بین ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۵ میزان بارندگی ثبت شده در ایستگاه گناباد و تربت جام با بارندگی ثبت شده از ماهواره TRMM و بارندگی ایستگاه مشهد و سبزوار با بارندگی داده ثبت شده از ماهواره GPM مطابقت داشته است. در بین ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۶ میزان بارندگی ثبت شده در ایستگاه گل‌مکان، سبزوار و درگز با بارندگی ثبت شده از ماهواره TRMM و بارندگی ایستگاه مشهد و سبزوار با بارندگی داده ثبت شده از ماهواره GPM مطابقت داشته است. در ایستگاه کاشمر در سال ۲۰۱۶ میزان متوسط بارندگی سالیانه مشابه بارندگی ثبت شده توسط دو ماهواره GPM و TRMM می‌باشد. در بقیه ایستگاه‌ها مقادیر بارش ثبت شده توسط دو ماهواره با مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه زمینی

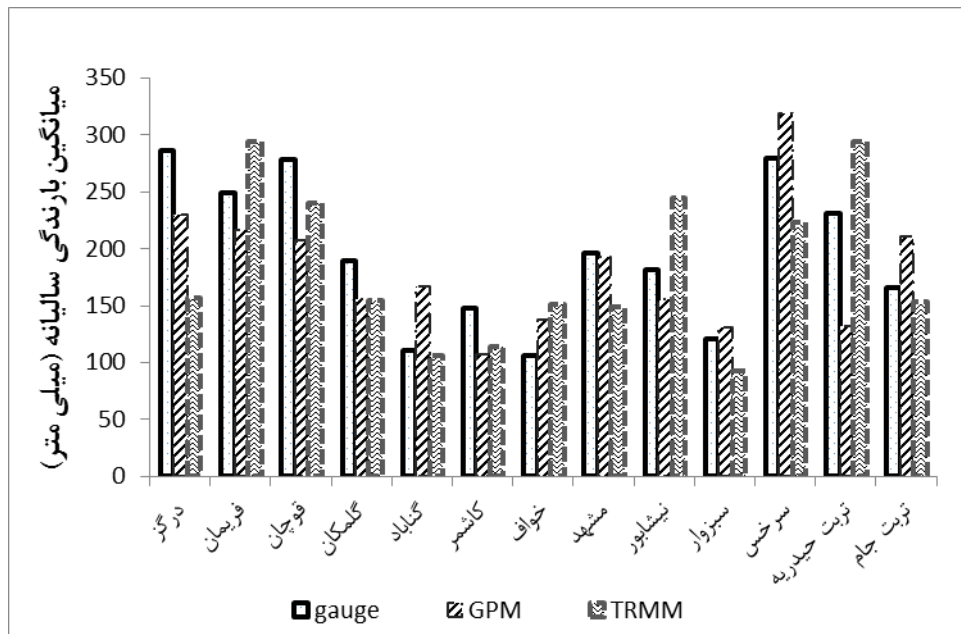
ایستگاه هواشناسی همدیدی از پارامترهای آماری ضریب همبستگی، بایاس نسبی، ریشه میانگین مربعات خطا نرمال شده و شاخص ناش استفاده گردید (جدول ۲).

به منظور پهنه‌بندی داده‌های بارش از یک روش میان یابی قطعی مانند وزن دهی معکوس فاصله (IDW) و روش میان یابی زمین‌آمار مانند کریجینگ با سمی واریوگرام های نمایی در سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS استفاده شد و نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از این روش‌ها رسم گردید. به منظور ارزیابی و مقایسه مدل‌ها و روش‌های متفاوت میان بی مورد بررسی از آماره‌های متعددی مانند RMSE (ریشه میانگین مربعات خطا) و ME (میانگین خطا) و مقادیر استاندارد شده آن‌ها با روابط زیر استفاده شد (احمدی و نارنگی فرد، ۱۳۹۱).

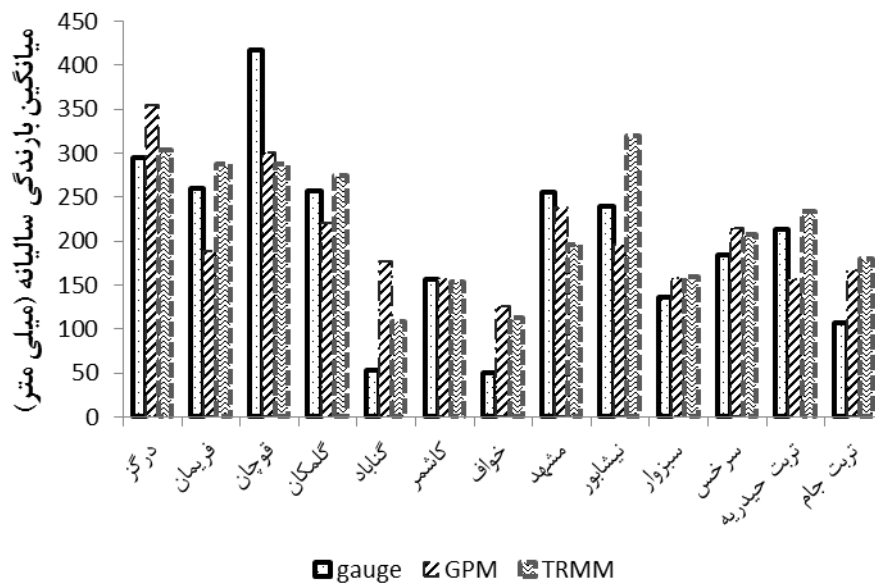
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{si} - P_{gi})^2}{n}} \quad (۱)$$

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{si} - P_{gi})}{n} \quad (۲)$$

که در آن P_{si} مقدار بارندگی داده‌های ماهواره‌ای و P_{gi} مقدار بارندگی اندازه‌گیری شده در ایستگاه زمینی می‌باشد. هر چه این مقادیر کمتر باشند مدل مورد استفاده



شکل ۳. میانگین بارش سالیانه منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و مشاهداتی در سال ۲۰۱۵.



شکل ۴. میانگین بارش سالیانه منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و مشاهداتی در سال ۲۰۱۶.

اختلاف را با داده‌های ماهواره TRMM نشان دادند. هو و همکاران (۲۰۱۴) نیز بیان داشتند که داده‌های TRMM نسبت به GPM در عرض‌های پایین از دقت بالاتری

اختلاف داشته‌اند. ایستگاه گناباد در منطقه مورد مطالعه دارای پایین‌ترین عرض جغرافیایی است که در هر دو سال مطالعه داده‌های بارش سالیانه در این ایستگاه کمترین

جدول ۳. مقادیر شاخص‌های آماری مقایسه دو بارش ماهواره‌ای GPM و TRMM با داده‌های بارش در ایستگاه‌های همدیدی استان خراسان رضوی در مقیاس سالانه

شاخص آماری	GPM-STATION	TRMM-STATION
ضریب همبستگی (CC)	۰/۷۲۳	۰/۷۵
بایاس نسبی (RBIAS)	۲/۹۵	-۰/۵۶
ریشه میانگین مربعات خطا نرمال شده (NRMSE)	۰/۲۴	۰/۲۳
شاخص ناش (NSE)	۰/۵۲	۰/۵۵

برخوردار می‌باشند. همچنین داده‌های بارش سالیانه ایستگاه‌های درگز، قوچان، نیشابور، مشهد و سبزوار در هر دو سال مورد مطالعه کمترین اختلاف را با داده‌های بارش GPM و داده‌های بارش سالیانه ایستگاه‌های تربت‌حیدریه، تربت‌جام، کاشمر و گناباد کمترین اختلاف را با داده‌های ماهواره TRMM نشان دادند که با توجه به نتایج تحقیقات هو و همکاران (۲۰۱۴) و سیوکی و همکاران (۲۰۱۷) شاید بتوان آن را به عرض جغرافیایی این ایستگاه‌ها مرتبط دانست.

مقادیر محاسبه شده شاخص‌های آماری در جدول ۳ آورده شده است. نتایج آنالیز آماری داده‌های ماهواره‌ای بارندگی با داده‌های بارش ثبت شده در ایستگاه‌های همدیدی نشان داد که در مقیاس سالانه نتایج شاخص‌های آماری داده‌های ماهواره TRMM به داده‌های ماهواره GPM نزدیک می‌باشد سیوکی و همکاران (۲۰۱۷) و شریفی و همکاران (۲۰۱۶) نیز در تحقیقات خود به این نتیجه دست یافتند. اما ماهواره TRMM داده‌های بارش را با ضریب همبستگی کمی بالاتر و بایاس نسبی کمتری نسبت به ماهواره GPM شبیه‌سازی نمود که این اختلاف پارامترهای آماری در دو روش بسیار اندک می‌باشد. بنابراین در برآوردهای بارش سالانه بین داده‌های بارش این دو ماهواره اختلاف زیادی وجود ندارد که این نتایج با نتایج بی‌همتا و همکاران (۱۳۹۷) مشابهت داشت. اما سیوکی و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقات خود با این نتیجه دست یافتند که داده‌های GPM کمی بهتر از داده‌های TRMM داده‌های بارش زمینی سه‌ساعته را شبیه‌سازی می‌نماید. با توجه به اینکه ضریب همبستگی

بین ۷/ تا ۸/۰ می‌باشد هر دو داده ماهواره‌ای با دقت متوسط مقادیر بارش واقعی را شبیه‌سازی می‌نمایند. همچنین زی و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که بارش‌های ماهواره‌ای در مناطقی با آب‌وهوای مرطوب و فصول مرطوب در طی سال، عملکرد بهتری نسبت به مناطق خشک آسیای مرکزی و مناطق نیمه‌خشک دارند.

نتایج حاصل از ارزیابی روش‌های درون‌یابی پهنه‌بندی میانگین بارش سالیانه داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های ایستگاه‌های زمینی در منطقه مورد مطالعه در جدول ۴ آورده شده است. پارامترهای ارزیابی میانگین خطا (ME)، میانگین استاندارد شده خطا (MS)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMS) و ریشه میانگین خطای استاندارد شده (RMSS) می‌باشد. همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است پارامترهای ارزیابی خطا در روش کریجینگ بسیار پایین‌تر از روش وزن دهی معکوس فاصله می‌باشد بنابراین در هر سه داده بارش روش کریجینگ نسبت به روش وزن دهی معکوس فاصله میان‌یابی را با دقت بالاتری انجام می‌دهد. در بین هر سه داده بارش تولیدات GPM خطای بسیار کمتری نسبت به دو داده دیگر داشتند. چون محصولات GPM شامل محصولات بارش در مقیاس جهانی با قدرت تفکیک مکانی ۰/۱ درجه می‌باشند که میزان بارندگی را در فواصل نزدیک‌تری نسبت به دو داده دیگر پیش‌بینی می‌نمایند بنابراین میزان خطای حاصل در این داده نیز بسیار کمتر بود.

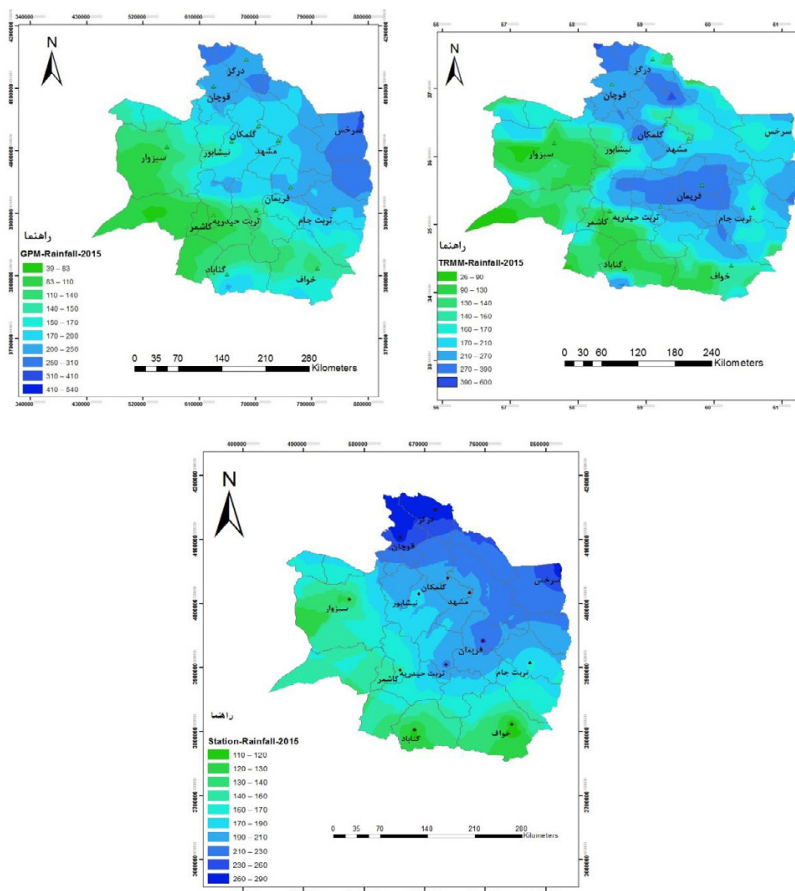
نتایج حاصل از پهنه‌بندی میانگین بارش سالیانه در

دو سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ با استفاده از روش‌های IDW و کریجینگ در شکل‌های ۵ تا ۸ آورده شده است. همان‌طور

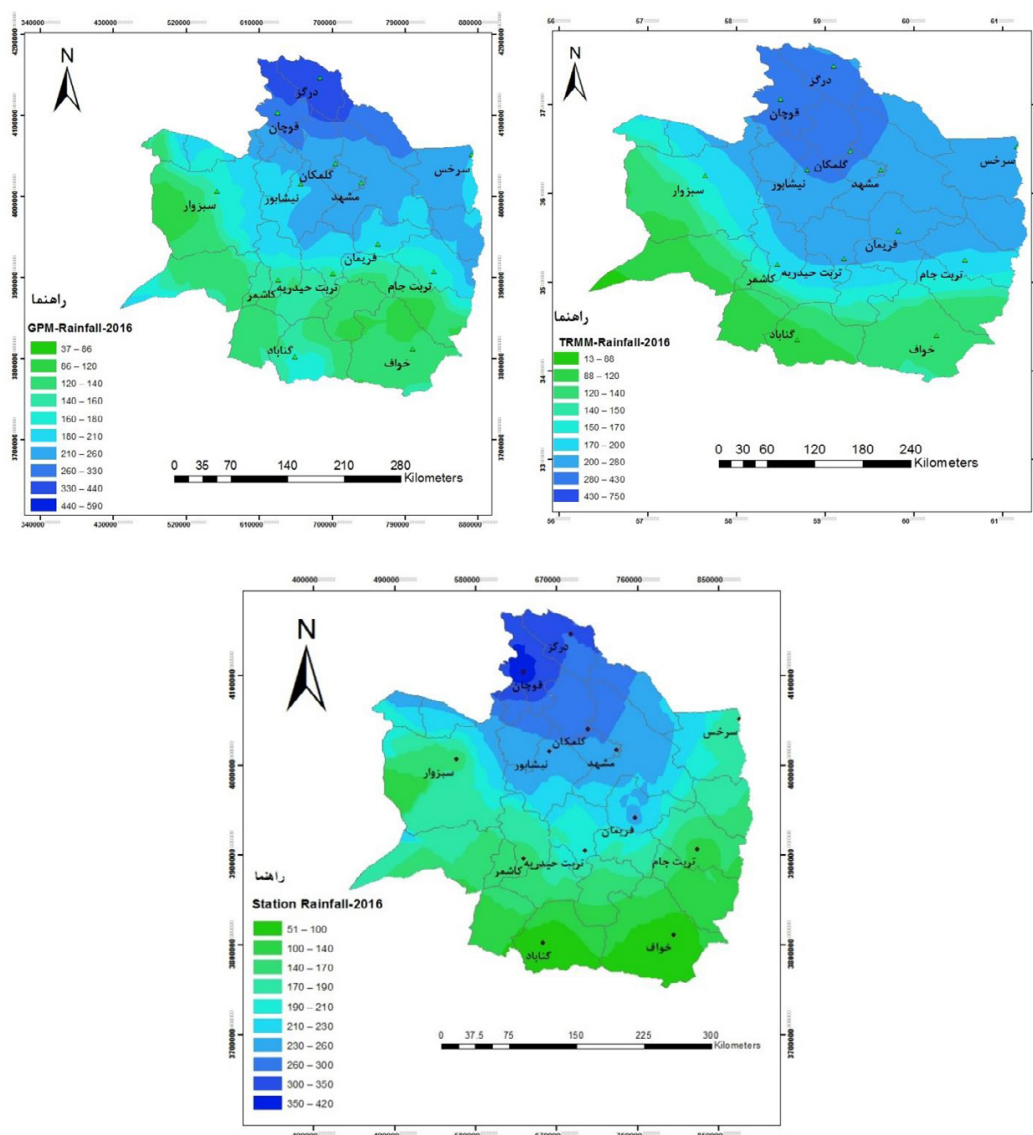
که در شکل‌ها مشاهده می‌گردد در هر دو روش میان یابی، پهنه‌بندی با روش GPM به داده‌های ایستگاه‌های

جدول ۴. ارزیابی روش‌های درون‌یابی پهنه‌بندی میانگین بارش سالیانه داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های ایستگاه‌های زمینی مشاهداتی در منطقه مورد مطالعه

داده‌های بارش	روش میان‌یابی	سال آماری	میزان خطا		
			ME	RMSS	RMS
ایستگاه زمینی	وزن دهی معکوس فاصله (IDW)	۲۰۱۵	-	-	۵۵/۵۵
	کریجینگ	۲۰۱۵	-۰/۰۰۴	۱/۱۸	۴۵/۸
	وزن دهی معکوس فاصله (IDW)	۲۰۱۶	-	-	۷۰/۴۵
	کریجینگ	۲۰۱۶	-۰/۰۲۶	۲/۴۲	۶۵/۶
GPM	وزن دهی معکوس فاصله (IDW)	۲۰۱۵	-	-	۱۱/۴۹
	کریجینگ	۲۰۱۵	-۰/۰۰۰۴	۰/۹۱	۱۰/۰۴
	وزن دهی معکوس فاصله (IDW)	۲۰۱۶	-	-	۱۲/۴۹
	کریجینگ	۲۰۱۶	۰/۰۰۰۱	۰/۹۱	۱۱/۲
TRMM	وزن دهی معکوس فاصله (IDW)	۲۰۱۵	-	-	۴۲/۷۱
	کریجینگ	۲۰۱۵	۰/۰۰۰۷	۰/۹۲	۴۲/۶۳
	وزن دهی معکوس فاصله (IDW)	۲۰۱۶	-	-	۴۷/۷۷
	کریجینگ	۲۰۱۶	۰/۰۰۰۸	۰/۹۴	۳۹/۳۵



شکل ۵. پهنه‌بندی میانگین بارش سالیانه بارش ماهواره‌ای و ایستگاه زمینی مشاهداتی با روش IDW در سال ۲۰۱۵.

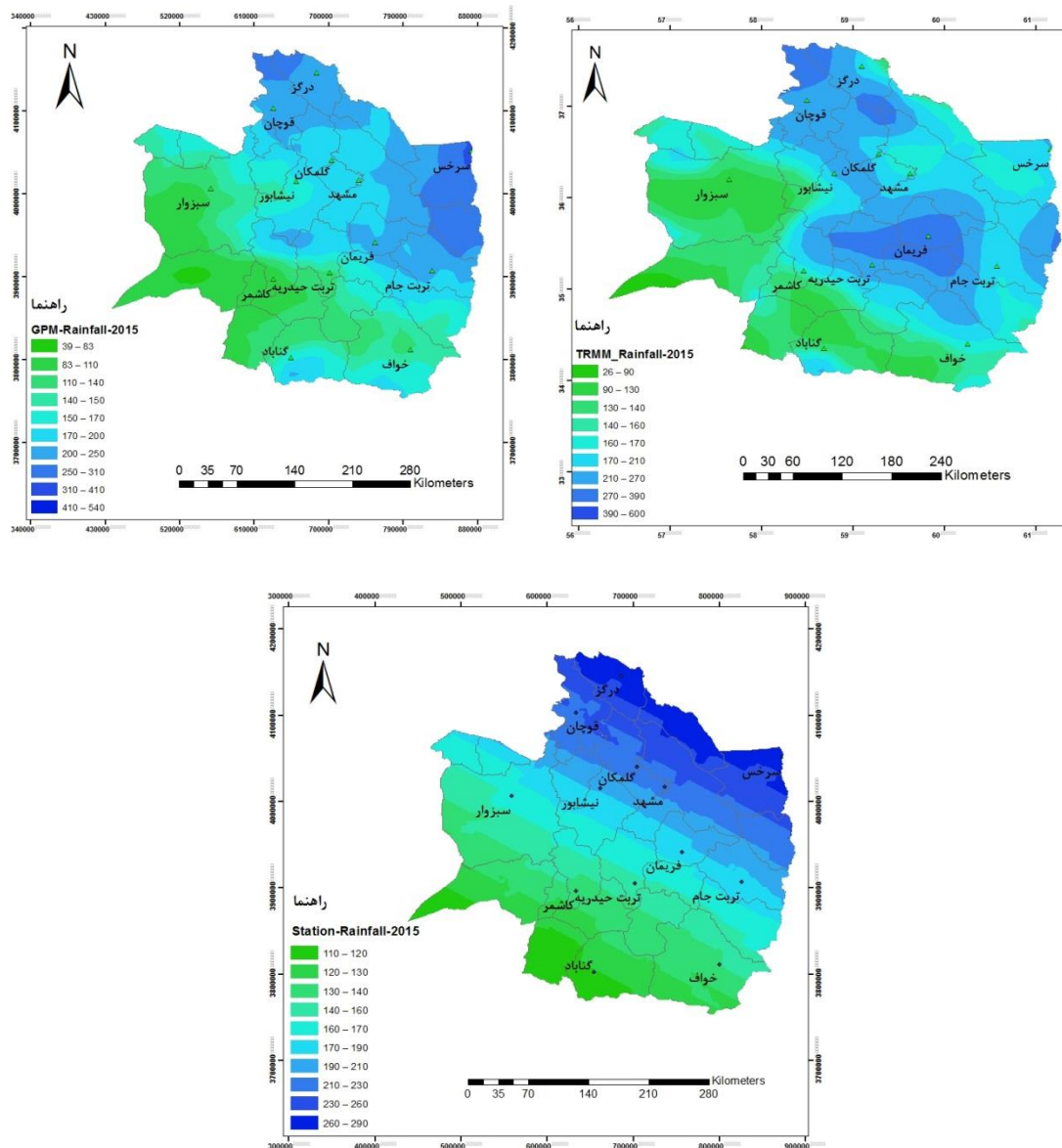


شکل ۶. پهنه‌بندی میانگین بارش سالیانه بارش ماهواره‌ای و ایستگاه زمینی مشاهداتی با روش IDW در سال ۲۰۱۶.

جمع‌بندی

با توجه به تغییرات زمانی و مکانی بارش در اقلیم‌های مختلف، تعیین دقیق توزیع بارش به‌خصوص در مکان‌های فاقد ایستگاه اندازه‌گیری، با توجه به کاربردهای گوناگون آن در مطالعات هواشناسی و هیدرولوژیکی مانند مدیریت صحیح منابع آب، مدیریت آبیاری، پیش‌بینی‌های هواشناسی، تعیین و تخصیص الگوی کشت از اهمیت

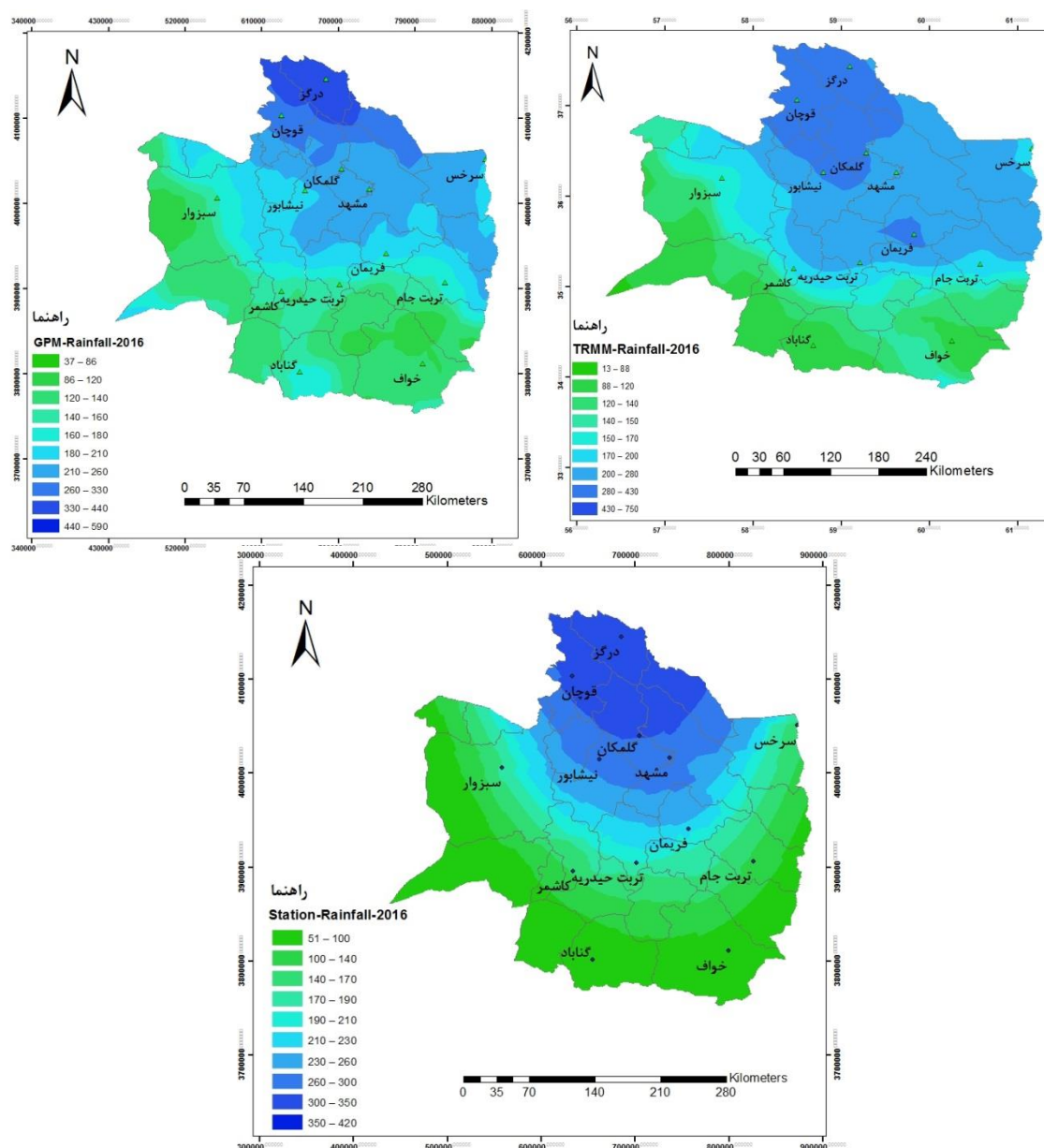
همدیدی در دو سال مورد مطالعه نزدیک‌تر است. میزان بارش از قسمت جنوب استان به سمت شمال و شمال شرق افزایش نشان می‌دهد. در صورتی که پهنه‌بندی بر اساس داده‌های TRMM با داده‌های زمینی اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌ها مخصوصاً در سال ۲۰۱۵ اختلاف فاحشی را نشان می‌دهد که این نتایج با نتایج خسروی و همکاران (۱۳۹۲) مشابهت داشت.



شکل ۷. پهنه‌بندی میانگین بارش سالیانه بارش ماهواره‌ای و ایستگاه زمینی مشاهداتی با روش کریجینگ در سال ۲۰۱۵.

رضوی و همچنین داده‌های تولیدات ماهواره‌ای TRMM و GPM در این نقاط استفاده گردید. نتایج تحلیل‌های آماری مقایسه دو روش با داده‌های تولیدات ماهواره‌ای نشان داد که در برآوردهای بارش سالانه بین داده‌های بارش این دو ماهواره اختلاف زیادی وجود ندارد و با توجه به ضریب همبستگی بالای هر دو داده ماهواره‌ای، با دقت متوسط مقادیر بارش واقعی را شبیه‌سازی می‌نمایند.

زیادی برخوردار می‌باشد. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای مخصوصاً در مناطق کوهستانی و مناطقی که توزیع ایستگاه‌های باران‌سنجی از پراکندگی بالایی برخوردار می‌باشد کمک مؤثری در برآورد داده‌های بارش می‌کند. در این پژوهش به منظور تعیین تغییرات مکانی بارش در مقیاس سالانه در استان خراسان رضوی از داده‌های بارندگی سه‌ساعته در ۱۳ ایستگاه همدیدی استان خراسان



شکل ۸. پهنه‌بندی میانگین بارش سالیانه بارش ماهواره‌ای و ایستگاه زمینی مشاهداتی با روش کریجینگ در سال ۲۰۱۶.

را شبیه‌سازی می‌نماید. همچنین سیوکی و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعات خود در خراسان رضوی (مارس تا دسامبر ۲۰۱۴) به این نتیجه دست یافتند که داده‌های بارش GPM کمی بهتر از داده‌های بارش TRMM است. داده‌های بارش زمینی سه‌ساعته را شبیه‌سازی می‌نماید. نتایج حاصل از ارزیابی روش‌های درون‌یابی پهنه‌بندی

که این نتایج با مطالعات انجام‌گرفته توسط بی‌همتا و همکاران (۱۳۹۷) در تهران مشابهت داشت. اما شریفی و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقات خود در مناطق گیلان، بوشهر، کرمانشاه و تهران به این نتیجه دست یافتند که داده‌های GPM در بارش‌های سنگین کمی بهتر از داده‌های TRMM داده‌های بارش زمینی روزانه

میانگین بارش سالیانه داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های ایستگاه‌های زمینی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که در هر سه داده بارش روش کریجینگ نسبت به روش وزن دهی معکوس فاصله، میان یابی را با دقت بالاتری انجام می‌دهد. در هر دو روش میان یابی، پهنه‌بندی داده‌های GPM با خطای بسیار کمتری انجام گرفت. در بین هر سه داده بارش روش GPM پهنه‌بندی را با دقت بالاتری نسبت به دو روش دیگر برآورد می‌کند. هو و همکاران (۲۰۱۴) بیان داشتند که داده‌های GPM نسبت به TRMM در عرض‌های میانه و بالا از دقت بالاتری برخوردار می‌باشند. همچنین داده‌های بارش سالیانه در ایستگاه‌هایی مانند درگز، قوچان، نیشابور، مشهد و سبزوار (دارای عرض جغرافیایی بالاتر در منطقه مورد مطالعه) در هر دو سال مورد مطالعه کمترین اختلاف را با داده‌های بارش GPM و داده‌های بارش سالیانه ایستگاه‌های تربت‌حیدریه، تربت‌جام، کاشمر و گناباد (دارای عرض جغرافیایی پایین‌تر در منطقه مورد مطالعه) کمترین اختلاف را با داده‌های ماهواره TRMM نشان دادند که با توجه به نتایج تحقیقات هو و همکاران (۲۰۱۴) و سیوکی و همکاران (۲۰۱۷) ممکن است بتوان آن را به عرض جغرافیایی این ایستگاه‌ها مرتبط دانست. اما در این زمینه نیاز به تحقیقات بیشتر با طول دوره آماری بالاتر و همچنین بررسی آماری هر کدام از ایستگاه‌ها به تفکیک می‌باشد، امید است که در تحقیقات بعدی به این مهم پرداخته شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده از محل اعتبارات معاونت پژوهشی مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپروری تربت‌جام می‌باشد. بدین‌وسیله از حمایت مالی این مجتمع تقدیر و تشکر می‌گردد.

مراجع

۱. احمدی، م. و نارنگی فرد، م.، ۱۳۹۱. ارزیابی پهنه‌های بارشی با استفاده داده‌های ماهواره TRMM در استان فارس. پژوهش‌های دانش زمین، ۳ (۱۱): ۴۴-۲۸.
۲. اکبری ینگه قلعه، م.، ثنایی نژاد، س. ح.، فرید حسینی، ع. ر. و اکبری، م.، ۱۳۹۶. بررسی زمانی- مکانی بارش با استفاده از داده‌های ماهواره TRMM (مطالعه موردی: خراسان رضوی). نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۲۹ (۸)، ۱-۱۸.
۳. بی‌همتا، آ.، گهر نژاد، ح. و معظمی، ص.، ۱۳۹۷. بررسی داده‌های بارش ماهواره‌ای GPM و TRMM در مقیاس‌های روزانه، ماهیانه و فصلی در شهر تهران. سنجش‌ازدور و GIS ایران، ۱۰ (۲): ۶۰-۵۴.
۴. خسروی، م.، بستانی، م.، عزیزاقلی، م. ح. و گودرزی فرو، م.، ۱۳۹۲. مقایسه پهنه‌های بارشی استان سیستان و بلوچستان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و ایستگاه زمینی. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱۳، ۹۷-۱۱۰.
۵. شیروانی، ا. و فخاری زاده شیرازی، ا.، ۱۳۹۳. مقایسه مقادیر مشاهداتی بارش و برآوردهای ماهواره TRMM در استان فارس. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۲ (۲)، ۱۵-۱.
۶. غفوریان، ه.، ثنایی نژاد، س. ح. و داوری، ک.، ۱۳۹۲. بررسی تعیین مناطق مناسب جهت پایش خشک‌سالی با استفاده از داده‌های ماهواره TRMM (مطالعه موردی: خراسان رضوی). نشریه آب‌وخاک، ۳ (۲)، ۶۴۸-۶۳۹.
7. Ebert, E., McBride, J., 2000. Verification of precipitation in weather systems: determination of systematic errors. J. Hydrol. 239 (1), 179-202.
8. Grimes D, Diop M., 2003. Satellite-Based Rainfall Estimation for River Flow Forecasting in Africa. I: Rainfall Estimates and Hydrological Forecasts. J. Hydrol. Sci. 48, 567-584.
9. Hou, A. Y., Kakar, R. K., Neeck, S., Azarbarzin, A. A., Kummerow, C. D., Kojima, M., Oki, R., Nakamura, K. and Iguchi. T., 2014. "The Global Precipitation Measurement Mission." Bulletin of the American Meteorological Society 95: 701-722. doi:10.1175/BAMS-D-13-00164.1.
10. Hsu, K., Gupta, H.V., Gao, X. and Sorooshian, S., 1999. Estimation of physical variables from multi-channel remotely sensed imagery using a neural network: Application to rainfall estimation. Water Resour. Res. 35 (5) 1605-1618.
11. Huffman, G.J. and Bolvin, D.T., 2012. TRMM and other data precipitation data set documentation, available at ftp://precip.gsfc.nasa.gov, last access: 25 May 2014.
12. Huffman, G.J., Bolvin, D.T., Dan, B., Hsu, K., Joyce, R., Kidd, C., Nelkin, E.J., Sorooshian, S., Tan, J. and Xie, P., 2018. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version 5.2 NASA Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG); NASA/GSFC: Greenbelt, MD, USA.
13. Javan, K., Azizzadeh, M., 2017. Evaluation of the TRMM-3B43 V7 rainfall products on a monthly scale in the Northwest of Iran. *Environmental Resources Research*, 5(2), 153-168. doi: 10.22069/ijerr.2017.3873
14. Kidd, C. and Huffman, G., 2011. Global precipitation measurement. *Meteorol. Appl.* 18, 334-353.
15. Konrad, C., 1996. Relationships between precipitation event types and topography in

۱. احمدی، م. و نارنگی فرد، م.، ۱۳۹۱. ارزیابی پهنه‌های بارشی با استفاده داده‌های ماهواره TRMM در استان فارس. پژوهش‌های دانش زمین، ۳ (۱۱): ۴۴-۲۸.

- 1081-1097.
21. Scofield, R.A. and Kuligowski, R.J., 2003. Status and outlook of operational satellite precipitation algorithms for extreme-precipitation events. *Weather Forecast.* 18 (6), 1037–1051.
22. Sharifi, E., Steinacker, R. and Saghafian, B., 2016. 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., PP.135.
23. Siuki, S.K., Saghafian, B. and Moazami, S., 2017. Comprehensive evaluation of 3-hourly TRMM and half-hourly GPM-IMERG satellite precipitation products. *Int. J. Remote Sens.* 2017, 38, 558–571.
24. Sorooshian, S., Hsu, K.L., Gao, X., Gupta, H.V., Imam, B. and Braithwaite, D., 2000. Evaluation of PERSIANN System Satellite-Based Estimates of Tropical Rainfall. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 81, 2035–2046.
25. Weisse, A.K. and Bois, P., 2001., Topographic effects on statistical characteristics of heavy rainfall and mapping in the French Alps. *Journal of Applied Meteorology* 40: 720–740.
26. Xie, P., Chen, M., Yang, S., Yatagai, A., Hayasaka, T., Fukushima, Y. and Liu, C., 2007. A gauge-based analysis of daily precipitation over East Asia. *J. Hydrometeorol.* 8, 607–626.
- the southern Blue Ridge mountains of the southeastern USA. *International Journal of Climatology* 16: 49–62.
16. Llasat, M.C. and Puigcerver, M., 1992. Pluies extremes en Catalogne: influence orographique et caracteristiques synoptiques. *Hydrologie Continentale* VII(2): 99–115.
17. Ma, Y., Zhang, Y., Yang, D. and Farhan, S.B., 2015. Precipitation bias variability versus various gauges under different climatic conditions over the Third Pole Environment (TPE) region. *Int. J. Climatol.* 35 (7), 1201–1211.
18. Moazami, S., Golian, S., Kavianpour, M. R. and Hong, Y., 2013. Comparison of PERSIANN and V TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA) Products with Rain Gauge Data over Iran, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 24, pp8156-8171.
19. Ochoa, A., Pineda, L., Crespo, P. and Willems, P., 2014. Evaluation of TRMM 3B42 precipitation estimates and WRF retrospective precipitation simulation over the Pacific-Andean region of Ecuador and Peru. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 18 (8), 3179–3193.
20. Sanchez-Moreno, J.F., Mannaerts, C.M. and Jetten, V., 2014. Influence of topography on rainfall variability in Santiago Island, Cape Verde. *International journal of climatology*, 34(4),

Evaluation and Zoning of GPM and TRMM 3B42 V7 Satellite Rainfall Data over Northeast of Iran

Zahra Shirmohammadi-Aliakbarkhani^{1,*}, Seyed Farhad Saberali², Hossein Nastari Nasrabadi²

¹ Assistant Professor, Department of Water Engineering, High Educational Complex of Torbat-e Jam, Khorasan Razavi, Iran,

² Assistant Professor, Department of horticulture science and engineering, High Educational Complex of Torbat-e Jam, Khorasan Razavi, Iran

*Corresponding Author Email: mshirmohamady@yahoo.com

Received: 1 February 2019, accepted: 19 May 2019

ABSTRACT

The main goal of this research is to assess the daily satellite rainfall data of two satellites, GPM with IMERG product and TRMM with 3B42-V7 product against rain gauges data, then the performance of two widely used models for the spatial assessment compared over the semiarid climate of Khorasan Razavi Province, Iran. Measured rainfall data from 13 rain gauge stations for two years (from Feb 2015 to Dec 2016) collected and compared with the available annual GPM and TRMM-3B42 V7 data. In order to assess the efficiency of Kriging and Inverse Distance Weighting (IDW) models for annual precipitation zoning, the statistical Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Error (ME) methods used in the Arc GIS software version 10.1. The results of statistical analysis comparing the two methods with the satellite production data showed that the TRMM satellite data are close to the GPM satellite data annually. However, TRMM satellite simulates precipitation data with slightly higher correlation coefficient and lower relative bias than GPM satellite. The results also showed that among the interpolation methods for all three precipitation data, the Kriging method performs more accurately than the Inverse Distance Weighting (IDW) method. In both interpolation methods, zoning performed with much less error in the GPM data. This study showed that the average annual precipitation of both TRMM and GPM satellite precipitation products can be used to estimate precipitation and could potentially be one of the reliable sources for hydrological modelling.

Keywords: Precipitation; Zoning, Satellite products, Khorasan Razavi

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Shirmohammadi-Aliakbarkhani, Z.; Saberali, S.F.; Nastari Nasrabadi, H. (2019). Evaluation and Zoning of GPM and TRMM 3B42 V7 Satellite Rainfall Data over Northeast of Iran. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 2(2): 179-191

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

