دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

ارزیابی داده‌های بارش زمینی، ماهواره GPM و MERRA (مطالعه موردی: حوضه آبریز کشف رود)

سیده مریم علی‌بخشی[۱]، علیرضا فریدحسینی[۲]، کامران داوری[۳] و امین علیزاده[۳] و هنری مونیکا[۵]

۱، ۳ و ۴- دکتری، دانشیار و استاد، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران (نویسنده مسوول: farid-h@um.ac.ir)
۵- استاد دانشگاه ITC هلند
تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۴

چکیده

در چند دهه اخیر داده‌های بارش ماهواره‌ای و تحلیلی منتج از مدل مورد توجه دانشمندان علم هیدرولوژی و دیگر رشته‌ها قرار گرفته است. هدف از این پژوهش، مقایسه کمی محصولات بارش MERRA و ماهواره GPM با ایستگاه‌های زمینی به عنوان داده مرجع در حوضه کشف‌رود است. مسئله مهم در مورد این داده‌ها دقت و اندازه پیکسل آنها است. ماهواره GPM در تاریخ ۲۸ فوریه ۲۰۱٤ به فضا پرتاب شده و تاکنون مطالعه‌ای در ایران درباره آن انجام نشده و در سایر نقاط جهان بندرت انجام گرفته است. این تحقیق قصد دارد تا به ارزیابی داده‌های بارش GPM و MERRA در مقایسه با داده‌های ۳٤ ایستگاه باران‌سنجی حوضه مذکور برای اعتبارسنجی دقت داده‌های بارش ماهواره‌ای بپردازد. برای مقایسه در مقیاس مکانی از دو روش مقایسه حوضه‌ای و ایستگاهی و همچنین قیاس زمانی روزانه و ماهانه استفاده گردید. برای اعتبارسنجی از معیارهای آماری MAE،RMSE، CC، BIAS، FAR، POD و CSI استفاده شد. نتایج نشان داد که، به طورکلی داده بارش روزانه HQ متعلق به ماهواره GPM دقت بالاتری از داده MERRA در منطقه مورد مطالعه داشته و مطابقت خوبی با داده‌های زمینی دارد و می‌تواند توزیع مکانی و زمانی بارندگی در سطح حوضه را نشان دهد. در مقابل، داده‌های MERRA در مقایسه زمانی ماهانه دقت بالاتری نسبت به داده GPM داشت. میزان RMSE برای داده MERRA در مقیاس روزانه در سطح ایستگاه و حوضه به ترتیب برابر ۳/٦ و ۲/۸٤ و در مقیاس ماهانه برابر ۲/۸و ۱/۷٤ است. همچنین میزان RMSE برای داده HQ در سطح ایستگاه حوضه در دوره روزانه برابر ۱/۷۸ و ۱/۷۲ و در دوره ماهانه برابر ۶/۰۷و ٦/٤٦ است.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه زمینی، حوضه کشف رود، داده HQ، داده MERRA، ماهواره GPM

مقدمه

اندازه‌گیری دقیق بارش کاربردهای بسیاری در تحقیقات اقلیمی، کشاورزی، خشکسالی، بلایای طبیعی و هیدرولوژی دارد. واضح است که نبود دسترسی به شبکه باران‌سنجی منظم زمینی، مانع رشد و توسعه و استفاده از مدل‌های اخطار سیل و خشکسالی، هیدرولوژی و سامانه نشان‌دهنده وضعیت اقلیمی حدی و تصمیم‌گیری است (۷). با وجود این در بسیاری از مناطق جهان و همچنین ایران یا باران‌سنج وجود ندارد یا باران‌سنج‌ها بسیار پراکنده‌اند به طوری که یک شبکه باران‌سنجی زمینی مطمئن و یکپارچه موجود نیست. بنابراین نیاز به برآورد داده‌های بارش با تراکم و دقت مناسب برای کاربردهای عملی، کاملا احساس می‌شود. ایستگاهای باران سنجی روش متداول در فراهم آوردن مشاهدات مستقیم از سطح بارش در حوضه می‌باشد. با این حال، شبکه‌های باران‌سنجی به صورت پراکنده در اکثر قاره‌های جهان توزیع شده و تعداد بسیار کمی در اقیانوس‌ها قرار گرفته‌اند (۲۱،۱۶، ۲۵). امروزه یکی ازمنابع برآورد بارش در سطح جهانی، محصولات به دست آمده از سنجش از دور ماهواره‌ای است. اخیرا با تلاش زیاد اغلب محصولات جهانی با تفکیک زیاد تولید شده‌اند. هریک از آنها روش خاص خود را در واسنجی، وزن دادن و ترکیب منابع و داده‌های گوناگون دارند. برای استفاده ازاین سری‌داده‌ها، ابتدا لازم است که کیفیت و ویژگی‌های خطای آنها در مکان‌های متفاوت ارزیابی شود (۹). چنین تحلیل‌ها و ارزیابی‌هایی راهنمای خوبی برای استفاده‌کنندگان هستند تا بتوانند در پژوهش خود مناسب‌ترین محصول را انتخاب کنند. ازطرفی، اگر این بررسی‌ها منجر به شناخت منابع خطا و تصحیح و کاهش خطا شود، برای بهبود و توسعه روش تولید داده در آینده بسیار مفید خواهد بود. مدل‌سازی زیست‌محیطی و کشاورزی هر دو نیازمند سری کامل داده‌های هواشناسی بعنوان ورودی مدل هستند (۳۰). در پهنه‌هایی از سیاره که تراکم ایستگاه‌های سنجش بارش کم است، چنین داده‌هایی را می توان در حکم جایگزین داده‌های ایستگاهی به‌کاربرد. امروزه نیز شمار رو به رشدی از فرآورده‌های بارشی کم و بیش بهنگام روی وبگاه در دسترس است، که راستی آزمایی فرآورده‌های آنها در اندازه‌گیری بارش ضروری است (۲۷). رادار هواشناسی، را با قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالاتری پایش می‌کند، اما اغلب دستخوش کیفیت کم داده در برخی مناطق است، که غالبا به دلیل انسداد سیگنال، میرایی (تضعیف) توسط باران و تغییرپذیری عمودی بازتاب می‌باشد (۲،۳۱). علاوه براین، ورودی بارش تأثیرات زیادی برعملکرد طیف وسیعی از هیدرولیک، آب و هوا، و مدل‌های جوی دارد (۳۵،۳۴). در حال حاضر، تنها راه عملی برای رسیدن به یک برآورد جامع از بارش در سطح جهانی استفاده از ماهواره‌های مشاهداتی زمین می‌باشد (۱۱،۱۰،۳۴). همچنین در همین راستا، سازمان فضایی ملی ایالات متحده آمریکا و دانشگاه کلمبیا در سال ۲۰۱۴ مجموعه داده‌هایی را با هدف ایجاد شبکه‌ای جهانی و همگون برای استفاده در پژوهش‌های

1- The Agricultural Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications
2- The Agricultural Model Inter-comparison and Improvement Project

کشاورزی، امنیت غذایی‌مدل‌های رشد گیاهی توسعه داده است. این پایگاه داده که AgMERRA[1] نامیده شده است، مجموعه‌ای از داده‌های آب‌وهوایی روزانه (دمای حداکثر و حداقل، بارندگی، تشعشع، سرعت باد و فشار بخار) با قدرت تفکیک بالا برای دوره آماری ۱۹۸۰–۲۰۱۰ میلادی می‌باشد که به‌عنوان بخشی از پروژه آماری AgMIP[2] و برای بررسی تأثیر تغییرات و نوساناتی اقلیمی بر بخش کشاورزی‌تأمین شده است. این مجموعه داده حاصل مجدد داده‌های MERRA[1] و PERSIANN[2] (۱۸) و داده‌های مشاهده شده از ایستگاه‌های سینوپتیک معروف جهان است. تاکنون مطالعات متعددی در زمینه بررسی و مقایسه داده‌ها بارندگی ماهوارهای در ایران و سایر کشورهای جهان انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره خواهد شد. از جمله تحقیقات داخلی انجام شده در این زمینه می‌توان به‌تحقیق قاجارنیا و همکاران (۶) در این تحقیق به‌بررسی و ارزیابی شش داده بارش با اندازه پیکسل ۰/۲۵ درجه به‌نام‌های PERSIANN، CMORPH –RAW، CMORPH–CRT، TMPA-RT، TMPA-V7 و APHRODITE بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با هدف نشان دادن قابلیت داده‌هایی بارش ماهواره‌ای به‌عنوان جایگزینی برای داده‌هایی بارش ایستگاه‌های زمینی پرداخته شده است. آن‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که داده‌هایی بارش ماهواره‌ای با داده‌هایی مرجع یعنی ایستگاه‌های مرجع زمینی قابل ملاحظه‌ای دارند و در بین این داده‌ها، APHRODITE بهترین عملکرد را داشته و مقادیر آن تقریبا بیشتر از ۳٪ بیش تخمین را نسبت به داده‌های مرجع ایستگاه‌های زمینی دارد. پس از این داده، TMPA-V7 با میزان بیش تخمین حدود ۲۶٪ مناسب‌ترین داده معرفی شده است. آن‌ها در نهایت به این نتیجه رسیده اند که داده‌های بارش ماهوارهای می‌توانند به عنوان یکی منبع ارزشمند از داده‌هایی بارش به ویژه در مناطق با کمبود داده شناخته شوند. بروجردی (۱۹) به ارزیابی چهار داده بارش ماهواره‌ای CMORPH، PERSIANN، TRMM3B42 V6 در ایران در مقیاس‌های زمانی روزانه و ماهانه ما بین سال های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۷ پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که در مناطق مختلف داده‌ها عملکردهای متفاوتی دارند. تمام داده‌ها در مناطق مرطوب کناره دریای مازندران عملکرد ضعیفی داشته و میزان بارش را کمتر از حد واقعی برآورد کرده‌اند. در تحلیل زمانی نیز مشخص شده است که بارش‌های بهار بسیار بهتر از بارش‌های زمستان به خصوص در مناطق کوهستانی می‌باشد. مقایسه بین داده‌ها نیز نشان داد که PERSIANN و TRMM-3B42 V6 عملکرد بهتری را داشته و داده CMORPH بدترین عملکرد را داشته است. عرفانیان و همکاران (۳) به ارزیابی دقت داده‌هایی باران ماهواره TRMMدر مناطق خشک و نیمه خشک ایران در مقیاس ماهانه پرداخته‌اند. آن‌ها پس از پردازش اولیه داده‌ها به مقایسه تطبیقی بین داده‌هایی ماهوارهای و دادهایی مشاهده‌ای باران در ۲۱ ایستگاه سینوپتیک واقع در منطقه اقلیمی خشک و نیمه خشک ایران طی دوره آماری ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ می‌پردازند و برای ارزیابی داده‌هایی ماهوارهای از معیارهای خطا (MAE, ME, R) و (RMSE و شاخص‌های مطابقت CST, (SR, FAR, POD و TSS) استفاده می‌کنند. نتایج ارزیابی آن‌ها نشان می‌دهد که ماهواره TRMM مقادیر بارندگی ماهانه را در ۷۰ درصد از ایستگاه‌های سینوپتیک، بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند ولی ضرایب همبستگی بالایی در بیشتر ماه‌های سال بین دو منبع اطلاعاتی وجود داشته و متوسط ضریب همبستگی حدود ۰/۸ می‌باشد. دادهایی ماهانه TRMMباید کالیبراسیون شوند تا قابل استفاده برای کارشناسان و محققان باشد و ارائه ضرایب تصحیح در تحقیقات آینده برای منطقه مورد مطالعه را توصیه می‌کنند. در تحقیق دیگری تانگ و همکاران (۳۲) داده‌های بارش IMERG و 3B42V7 از ماهواره‌های GPM و TRMM را در مقیاس زمانی روزانه در چین با هدف ارزیابی قابلیت این داده‌ها در مورد بارش‌های مربوط به تایفون‌ها به‌کار برده‌اند. این مقایسه برای ۸ تایفون در سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۵ در مناطق ساحلی چین انجام گرفته است. نتایج این تحقیق نشان از همبستگی بالا بین داده‌های بارش ماهواره‌ای و داده‌های بارش زمینی دارد اما میزان بارش تخمین زده شده برای باران‌های سنگین به‌ویژه در مرکز طوفان کمتر از واقعیت است. همچنین مشخص می‌شود که داده بارش IMERG عملکرد بهتری نسبت به 3B42V7 داشته و در مجموع هر دو داده عملکرد بهتری در شدت‌های بارش ۲۰–۴۰ میلی‌متر و ۸۰ – ۱۰۰ میلی‌متر در روز را دارند. تانگ و همکاران (۳۲) در یک کار تحقیقاتی به ارزیابی داده‌های بارش GPM IMERG و TRMM در یک حوضه کوهستانی درکشور میانمار با هدف شبیه‌سازی و پیش‌بینی میزان رواناب پرداختند. این تحقیق در بازه زمانی آوریل ۲۰۱۴ تا دسامبر ۲۰۱۵ انجام شده و نتایج آن نشان می‌دهد که اگرچه IMERG و 3B42V7 می‌توانند تغییرات زمانی مکانی بارش‌ها را نشان دهند اما خطاهای قابل ملاحظه‌ای نیز دارند. در مقایسه با 3B42V7 داده IMERG هیچ بهبود مهمی را نشان نداده و به‌علاوه، در مقیاس‌های روزانه و ماهانه و در تشخیص باران‌های سنگین در ۴ ایستگاه از ۵ ایستگاه حتی 3B42V7 عملکرد بهتری را نشان می‌دهد. اگرچه، شبیه‌سازی رواناب با استفاده از داده 3B42V7 نتیجه بهتری از شبیه سازی با داده‌هایی ایستگاه‌های زمینی در پی داشته است اما خطاهای بزرگ در داده‌هایی بارش ذکر شده باعث تخمین کمتر از واقعیت میزان رواناب و دبی نیز شده است. در نهایت محققان در این تحقیق پیشنهاد داده‌اند که داده 3B42V7 بهتر از داده IMERG برای شبیه‌سازی جریان رواناب است. از این رو به توسعه دهنگان و محققان ماهواره GPM و الگوریتم‌های بارش آن پیشنهاد داده‌اند تا در مدل‌های خود در محدوده کشور میانمار تجدیدنظر نمایند زیرا ماهواره جدید هیچ بهبود عملکردی نسبت به ماهواره قبلی خود در این منطقه ندارد. تانگ و همکاران (۳۳) اقدام به ارزیابی داده‌هایی بارش IMERG 3B42V7 و 3B42RT از ماهواره‌های GPM و TRMM در کشور چین نموده و سپس برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی

1- The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications
2- Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks

رواناب از این داده‌ها به همراه مدل بارش–رواناب کرست بهره بردند. نتایج شبیه‌سازی رواناب با داده‌هایی ماهواره‌ای و مقایسه آنها با داده‌هایی ایستگاه‌های زمینی نشان می‌دهد که داده IMERG می‌توانند در حد داده‌هایی زمینی عمل نمایند و در بسیاری از موارد داده‌هایی IMERG نسبت به داده‌هایی TRMM عملکرد بهتری دارند که این نشان‌دهنده قابلیت این داده‌ها برای کاربردهای هیدرولوژی و مدل‌های بارش است. در مجموع این تحقیق نشان می‌دهد که داده IMERG می‌تواند جایگزین خوبی برای داده‌هایی بارش ماهواره TRMM باشد. با توجه به اینکه پایگاه داده AgMERRA در سال ۲۰۱۴ راه‌اندازی شده است، مطالعات انجام شده در زمینه امکان سنجی استفاده از این مجموعه داده در سطح جهان در حال حاضر در حال انجام است و نتایج آن جدیدا انتشار یافته است و در ایران هیچ مطالعه‌ای صورت نگرفته است. در بررسی مجموعه داده‌های AgMERRA قدرت خوبی در در تخمین داده‌های گمشده حداکثر و حداقل دمای روزانه ایستگاه سینوپتیک مشهد دارد (۲۲). در این پژوهش، ماهواره سنجش جهانی بارندگی (GPM)[1] توسط ناسا با تغییرات در میرایی TRMM، در ماهواره سنجش‌جهانی بارندگی (GPM) که آن هدف دیدبانی پیوسته برف و بارندگی زمین در رزولوشن فضایی ۰/۱×۰/۱ با رزولیشن زمانی نیم ساعته به‌نام ماموریت‌های روش‌مند زمین است که با در اختیار داشتن مجموعه‌ای از ماهواره‌ها به منظور تأمین پوشش کلی سطح زمین فعالیت می‌کند (۱۲،۱۱). چشم‌انداز امیدوارکننده از ابزار هیدرولوژیکی و همچنین پیوستگی هیدرولوژیکی مطلوب از میرایی محصول دوران TRMM به داده HQ[2] ماهواره GPM در قیاس با داده‌های مرجع و در بسیاری از موارد بهتر از محصولات استاندارد TMPA[3] می‌باشد (۱۲،۱۳،۱۴). چشم‌انداز امیدوار کننده از ابزار هیدرولوژیکی وهمچنین پیوستگی هیدرولوژیکی مطلوب از میرایی محصول دوران TRMM به محصول HQ در دوران GPM، حتی با در دسترس بودن داده‌ها محدود از تاریخ انتشار و در عرض متوسط حوضه نشان می‌دهد (۲۲) بنابراین هدف از پژوهش حاضر ارزیابی دقت و امکان‌سنجی مقایسه پایگاه داده MERRA ایستگاه‌های زمینی و ماهواره GPM می‌باشد که در این مطالعه ایستگاه‌های موجود درحوضه آبریز کشف‌رود مورد مطالعه قرار گرفتند.

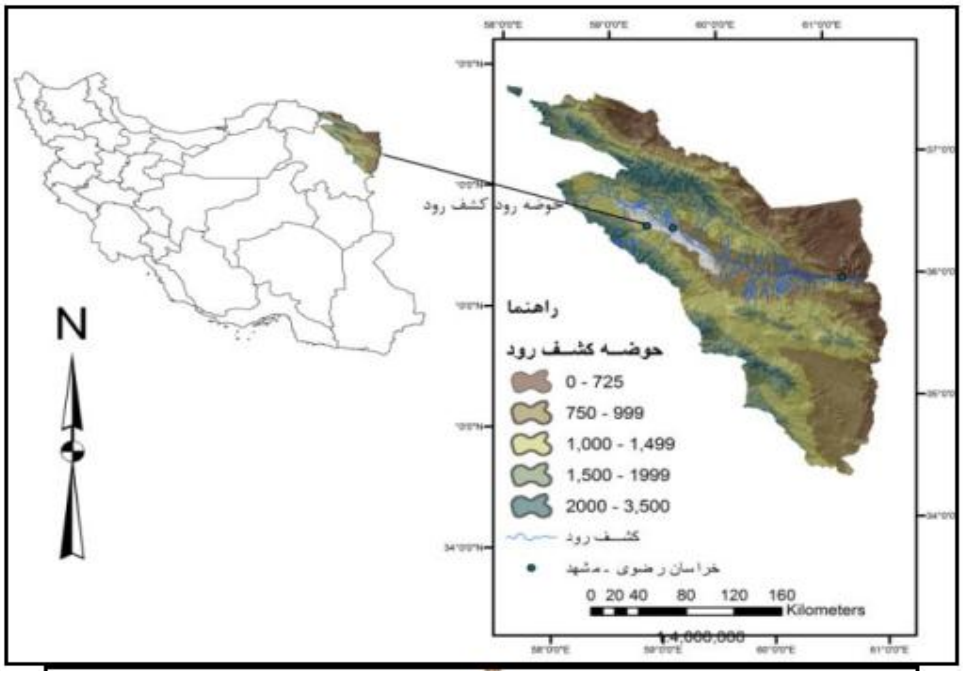
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان خراسان رضوی به طور کلی جزو مناطق نیمه خشک کشور به شمار می‌رود. در سال‌های اخیر تغییرات اقلیمی و تخریب پوشش گیاهی احتمال بروز سیلاب را افزایش داده و هر ساله خسارت های جانی و مالی را به نواحی مختلف استان وارد می‌کند. وقوع بارندگی‌های شدید در مناطق خشک و نیمه‌خشک، امکان جذب آب را از بارش‌ها به دلیل نبود یا فقر شدید پوشش گیاهی و نفوذپذیری می‌گیرد. شستشوی شدید خاک‌ها و افت سفره‌های آب از پیامدهای این نوع بارش‌هاست. حوضه کشف‌رود به لحاظ داشتن شرایط خاص اقلیمی و توپوگرافی همواره در معرض وقوع سیلاب‌های مخرب و خسارت‌های ناشی از آن می‌باشد. به طورکلی، در مناطق خشک و نیمه خشکی چون خراسان رضوی نفوذپذیری خاک کم بوده و در فصول خشک و کم بارش به دلیل سله بستن سطح خاک، مقدار نفوذپذیری اولیه از مقدار واقعی آن بسیار کمتر شده و همین امر موجب وقوع سیلاب‌های شدید در اثر وقوع بارش‌های رگباری می‌شود؛ بنابراین، برآورد دقیق مقدار بارش مؤثر (بخشی از بارش کل که در ناحیه توسعه ریشه در خاک ذخیره می‌شود و باعث به وجود آمدن جریان (سطحی) و رواناب در سطح زمین می‌شود) در این مناطق برای تخمین جریان در سطح زمین بسیار حائز اهمیت است. حوضه کشف رود به دلیل مورفولوژی‌های مختلف زمین، کاربری نامناسب اراضی و پوشش پراکنده گیاهی از پتانسیل بالایی در جهت افزایش میزان فرسایش خاک و وقوع سیلاب برخوردار است. با توجه به اینکه حوضه آبخیز کشف‌رود به عنوان یکی از بزرگترین حوضه‌های واقع در خراسان رضوی محسوب شده و بیشتر شهرستان‌های استان در این حوضه قرار گرفته‌اند مطالعات مربوط به بارش و رواناب در آن از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق حوضه آبریز کشف‌رود است که به‌عنوان بخشی از حوضه قره قوم محسوب می‌شود که در شمال شرق کشور و در نواحی شمالی استان خراسان رضوی قرار گرفته و از شرق شهرستان قوچان شروع و به سمت ارتفاعات شرقی، تقریباً تا جنوب شرق مشهد کشیده می‌شود. به‌عبارتی دیگر این حوضه از شمال به خط الراس ارتفاعات هزار مسجد – کپه داغ، از جنوب به خط الراس ارتفاعات بینالود، از شمال غرب به حوضه آبریز اترک، از جنوب شرق به حوضه جام رود، از شرق به رودخانه هریر رود و از غرب به ارتفاعات کوه‌ها خواجه علی، پشته پر و شاه جهان محدود می‌گردد. حوضه کشف‌رود در مختصات جغرافیایی ’۲۲ ، °۵۷ الی ’۹، °۶۱ طول شرقی و ’۳۸ ، °۳۵ الی °۳۷ عرض شمالی قرار دارد. مساحت حوضه کشف‌رود در حدود ۱۶۷۵۰.۹۵ کیلومترمربع است که بخش وسیعی از استان خراسان رضوی را به خود اختصاص داده است. از این وسعت حدود ۵۰۰۰ کیلومتر دشت و مابقی را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. موقعیت محدوده مورد مطالعه در (شکل ۱) نمایش داده شده است. در انجام این تحقیق از تعداد ۳۴ ایستگاه باران‌سنجی وزارت نیرو در محدوده حوضه استفاده گردیده است. داده‌هایی بارش روزانه ایستگاه‌های باران‌سنجی حوضه آبریز کشف‌رود از آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی تهیه شد (شکل ۲). اطلاعات این ایستگاه‌ها از تاریخ ۲۱ اسفند ۱۳۹۲ تا ۳۱ شهریور ۱۳۹۳ به مدت ۱۹۵ روز مورد استفاده قرار گرفته است. این داده‌ها به عنوان داده‌های شاهد برای سنجش دقت بارش‌های ماهواره‌ای استفاده شده‌اند. سپس داده‌های بارش GPM و MERRA2 از پایگاه مرکز خدمات اطلاعات و داده علوم زمین گودارد (ناسا)[4] دریافت گردید. داده‌های MERRA2 از نوع داده‌های بارش تحلیلی منتج از مدل و از ماهواره GPM داده HQ تهیه شد. اندازه پیکسل

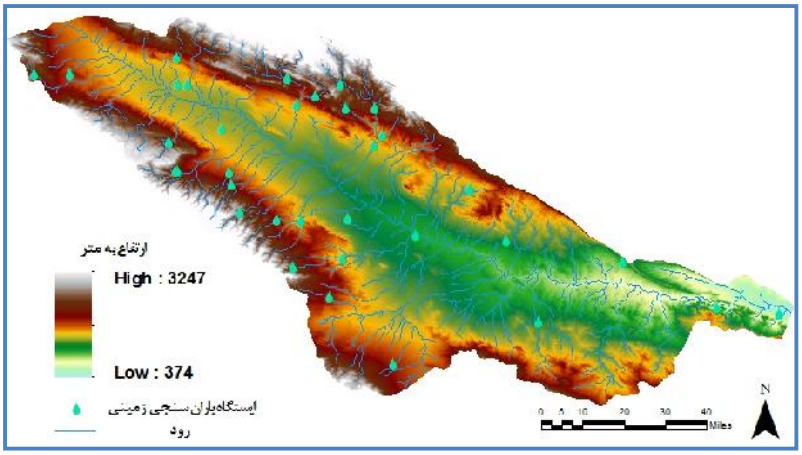
1- Global Precipitation Measurement
2- High Quality
3- TRMM Multisatellite Precipitation Analysis
4- National Aeronautics and Space Agency

داده‌های MERRA ۰/۵ × ۰/۵ که معادل ۵۵ تا ۶۰ کیلومتر است و قدرت تفکیک زمانی آن روزانه می‌باشد. داده HQ دارای اندازه پیکسل ۰/۱۰ × ۰/۱۰ و قدرت تفکیک زمانی ۳۰ دقیقه‌ای است. برای بدست آوردن داده‌های روزانه HQ از برنامه‌نویسی در محیط Python استفاده گردید (۱۴،۱۵،۱۶) (شکل ۳). در ادامه برای ارزیابی جامع داده‌های بارش MERRA و HQ از سه دسته شاخص‌های آماری استفاده کرده‌ایم. دسته اول شامل شاخص ضریب همبستگی (CC)[1] است که شدت و نوع رابطه بین دو متغیر بارش مشاهداتی و بارش ماهواره‌ای را نشان می‌دهد. دسته دوم شامل شاخص‌های خطای میانگین (ME)[2]، انحراف‌نسبی (BIAS)[3] و خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)[4] که برای توصیف خطا و انحراف نسبی از تخمین‌های ماهواره‌ای در مقایسه با بارش مشاهداتی استفاده می‌شود. دسته سوم شامل احتمال شناسایی (POD)[5]، نسبت هشدار اشتباه (FAR)[6] و شاخص موفقیت قطعی (CSI)[7] برای توصیف احتمال بارش ماهواره‌ای استفاده می‌شود. POD بخشی از وقایع بارندگی است که ماهواره در میان تمام وقایع بارندگی تشخیص می‌دهد و FAR نسبت وقایع بارندگی غیرواقعی در بین تمام بارش‌های تشخیص داده شده بوسیله ماهواره است. CSI تابعی از POD و FAR است که ترکیبی از اخطارهای اشتباه برآورد و رویدادهای از دست رفته است و بنابراین نتیجه متعادل‌تری است این شاخص‌ها با توجه به پژوهش‌های مشابه انجام شده در سطح دنیا مانند (۳۳،۳۴) انتخاب شدند (جدول ۲). مقایسه در بعد و مقیاس مکانی در دو سطح حوضه و ایستگاه انجام گرفت. مقایسه در سطح حوضه به معنای مقایسه کلی در سطح محدوده حوضه کشف رود است. به‌عبارت دیگر، برای کل حوضه ذکر شده در هر روز یک مقدار بارش از داده‌های زمینی استخراج شد و همچنین از بارش‌های ماهواره‌ای در سطح حوضه نیز میانگین روزانه بدست آمد. با توجه به نقطه‌ای بودن ایستگاه‌های زمینی از روش (IDW)[8] (۳۲) یا وزن‌دهی‌معکوس فاصله برای درون‌یابی داده‌ها استفاده شد. همچنین مقایسه بین ایستگاهی نیز در مقیاس روزانه و ماهانه انجام گرفت. این مقایسه برای بررسی دقت ایستگاه‌های مختلف که در مناطق متنوعی از حوضه پراکنده شده‌اند صورت گرفت. بعد از درون‌یابی، با توجه به رستری شدن داده‌ها از هر روز یک میانگین برای حوضه گرفته شد. این مقدار میانگین با مقادیر میانگین روزانه بارش‌های ماهواره GPM و داده MERRA مورد مقایسه قرار گرفت. در مقایسه ماهانه در سطح حوضه نیز، ابتدا داده‌های روزانه تجمیع ماهانه شده و سپس مراحل ذکرشده برای داده‌های روزانه، برای آنها نیز انجام شد. در روش مقایسه نقطه‌ای، بارش‌های روزانه زمینی و ماهواره‌ای استخراج شد. سپس این بارش‌های روزانه با یکدیگر مقایسه شدند. در مقایسه ماهانه نیز بارش‌های استخراج شده روزانه با هم تجمیع شدند و سپس ارزیابی دقت صورت گرفت. نکته قابل ذکر این است که واحد اندازه‌گیری داده‌ها همگی به میلی‌متر است و در مورد داده‌های GPM با نام HQ اقدام به تجمیع بارش‌های ۳۰ دقیقه‌ای به روزانه و روزانه به ماهانه شده است (۱۵) در (شکل ۳) نمونه‌ای از بارش هر دو ماهواره که، ظاهرا داده بارش HQ نزدیکی و شباهت بیشتری به داده‌های درون‌یابی شده زمینی دارد.

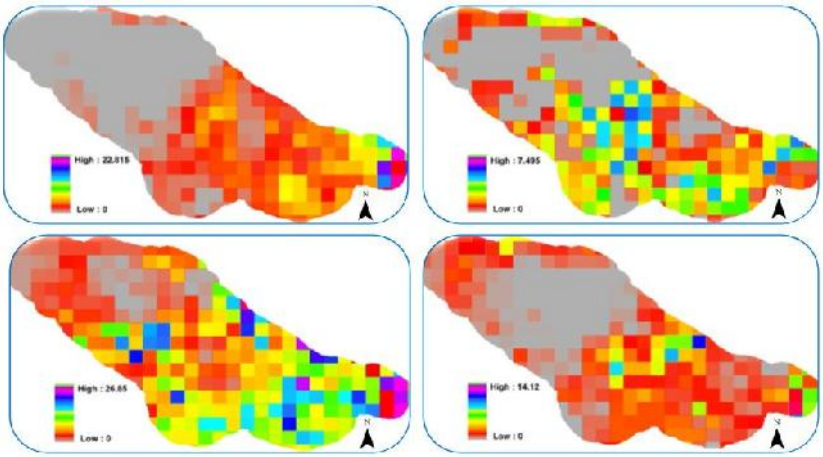


شکل ۱– موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of study area

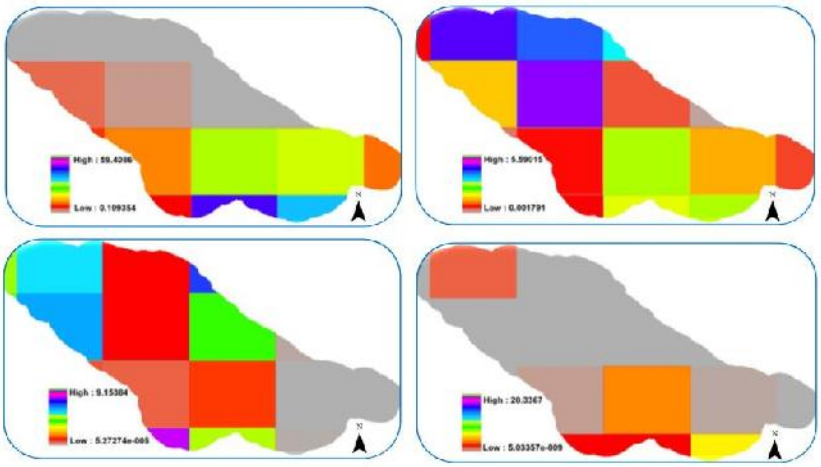
1- Correlation coefficient
2- Mean Error
3- Relative Bias
4- Root Mean Squared Error
5- Probability of Detection
6- False Alarm Ratio
7- Critical Success Index
8- Inverse distance weighting



شکل۲- موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی
Figure 2. Location of gauging station



شکل۳- توزیع فضایی بارش روزانه بدست آمده از داده‌های HQ (واحد بارش: میلی‌متر در روز)
Figure 3. Spatial distribution of daily rainfall from HQ data(mm/day)



شکل۴- نمونه‌ی توزیع فضایی بارش روزانه بدست آمده از داده‌های Merra (واحد بارش: میلی‌متر در روز)
Figure 4. Spatial distribution of daily rainfall from Merra data(mm/day)

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های باران‌سنجی حوضه کشف‌رود

Table 1. Location of gauging station of Kashafroud drainage basin

ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع (متر)	عرض جغرافیایی (درجه شمالی)	طول جغرافیایی (درجه شرقی)
۱	اداره مشهد	۱۰۱۸	۳۶/۳۱	۵۹/۵۷
۲	اندرخ	۱۲۰۷	۳۶/۵۸	۵۹/۶۶
۳	حصار – دهبار	۱۲۵۱	۳۶/۳۰	۵۹/۴۰
۴	آق دربند	۶۰۲	۳۵/۹۹	۶۰/۸۵
۵	چکنه علیا	۱۷۰۴	۳۶/۸۴	۵۸/۴۷
۶	بلغور	۱۹۴۱	۳۶/۸۴	۵۸/۵۹
۷	گوش بالا	۱۵۶۹	۳۶/۷۱	۵۹/۵۶
۸	آل	۱۴۶۴	۳۶/۷۱	۵۹/۶۶
۹	چناران	۱۱۸۶	۳۶/۶۴	۵۹/۱۳
۱۰	خرکت	۱۹۸۲	۳۵/۹۴	۶۰/۲۳
۱۱	زیربند گلستان	۱۴۳۴	۳۶/۳۱	۵۹/۳۲
۱۲	شریف آباد	۱۴۶۷	۳۶/۰۲	۵۹/۵۰
۱۳	هندل آباد	۱۲۰۶	۳۶/۴۲	۵۹/۹۹
۱۴	امامزاده – میامی	۱۰۳۹	۳۶/۲۳	۶۰/۱۲۶
۱۵	آبقد ارداک	۱۵۰۵	۳۶/۷۶	۵۹/۴۶
۱۶	بهمن جان علیا	۱۳۷۱	۳۶/۹۰	۵۸/۹۷
۱۷	آبقدفریزی	۱۳۹۰	۳۶/۴۹	۵۸/۹۶
۱۸	تلغور	۱۵۶۳	۳۶/۸۲	۵۹/۳۶
۱۹	فرهادگردفریمان	۱۵۰۳	۳۷/۷۴	۵۹/۷۳
۲۰	زشک خراسان	۱۸۳۲	۳۶/۳۳	۵۹/۱۹
۱۲	مزدوران	۹۲۷	۳۶/۱۵	۶۰/۵۳
۲۲	اولنگ اسدی	۹۱۲	۳۶/۲۵	۵۹/۸۰
۲۳	پل خاتون	۴۱۰	۳۵/۹۶	۶۱/۰۷
۲۴	سد کارده	۱۲۷۹	۳۶/۶۲	۵۹/۶۹
۲۵	مارشک	۱۸۳۰	۳۶/۸۰	۵۹/۵۴
۲۶	سدطرق	۱۲۴۲	۳۶/۱۷	۵۹/۵۵
۲۷	ارداک بند ساروج	۱۳۲۰	۳۶/۷۲	۵۹/۳۹
۲۸	قدیرآباد	۱۱۹۵	۳۶/۸۰	۵۸/۹۷
۲۹	امامزاده رادکان	۱۲۱۴	۳۶/۸۰	۵۹/۰۰
۳۰	دهانه اخلمد	۱۴۶۷	۳۶/۵۹	۵۸/۹۴
۳۱	فریزی	۱۶۳۱	۳۶/۴۸	۵۸/۹۷
۳۲	گلمکان	۱۴۴۰	۳۶/۴۸	۵۹/۱۵۶
۳۳	دولت آباد خرمدره	۱۵۷۵	۳۶/۴۳	۵۹/۱۶۶
۳۴	شغل آباد	۱۳۱۰	۳۶/۱۳	۵۹/۳۷

جدول ۲- معیارهای آماری مورد استفاده در ارزیابی و مقایسه

Table 2. The statistical criteria used in the evaluation and comparison

شاخص آماری	معادله	دامنه تغییرات
ضریب همبستگی (CC)	$CC = \frac{\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}(S_n - S)(G_n - G)}{\sigma_s \sigma_g}$	۱
خطای میانگین (ME)	$ME = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}(fn - rn)$	۰
انحراف نسبی (BIAS)	$BIAS = \frac{\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}(fn - rn)}{\sum_{N=1}^{N} rn} \times 100$	۰
خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}(fn - rn)^2}$	۰
احتمال شناسایی (POD)	$POD = \frac{n11}{n11 + n01}$	۱
نسبت هشدار اشتباه (FAR)	$FAR = \frac{n10}{n11 + n10}$	۰
شاخص موفقیت قطعی (CSI)	$CSI - \frac{n11}{n11 + n01 + n10}$	۱

N تعداد نمونه‌ها است. Sn تخمین بارش ماهواره‌ای است. Gn بارش مشاهده شده در ایستگاه است. rG انحراف معیار بارش ایستگاه است. N11. rS انحراف معیار بارش ماهواره است بارش مشاهده شده بوسیله ماهواره و ایستگاه به طور همزمان است (یعنی هر دو ثبت کرده اند) N10 بارشی است که ماهواره ثبت کرده اما ایستگاه زمینی ثبت نکرده. N01 متضاد قبلی است. یعنی ایستگاه زمینی ثبت کرده و ماهواره ثبت نکرده است. N00 بارشی است که نه ماهواره ثبت کرده و نه ایستگاه زمینی.

نتایج و بحث

برای ارزیابی پیوستگی و تفاوتهای بین داده‌های ماهواره‌ای HQ و MERRA، دو محصول در مقیاسهای مکانی ایستگاه و حوضه و زمانی روزانه و ماهانه با یکدیگر مقایسه و مورد ارزیابی قرار گرفتند. دوره زمانی مورد مقایسه از ۲۱ اسفند ۱۳۹۲ تا ۳۱ شهریور ۱۳۹۳ است. این پژوهش برای اولین بار در ایران به ارزیابی داده های بارش ماهواره GPM به همراه محصول بارش ماهواره MERRA در مقایسه با ایستگاه‌های باران‌سنجی زمینی می‌پردازد. داده‌های ماهواره‌ای بارش می‌توانند در شبیه‌سازی بارش رواناب و با مدل‌های هشدار سیل استفاده شوند. از دلایل عدم کاربرد وسیع این داده‌ها می‌توان به ناشناخته بودن و عدم تحقیق و پژوهش مناسب بر روی آنها دانست.

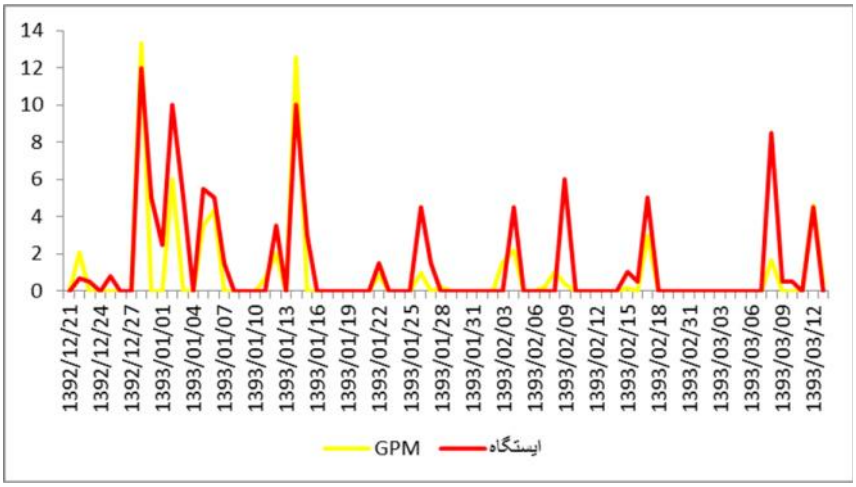
ارزیابی روزانه داده‌های HQ و MERRA در مقایسه با ایستگاه‌های باران سنجی زمینی

در جدول ۳ نتایج مقایسه روزانه در سطح حوضه و ایستگاه به تفکیک HQ و MERRA آمده است. با توجه به نتایج، فقط ضریب همبستگی در مقیاس مکانی ایستگاه برای داده HQ بهتر از داده MERRA بدست آمد که در حالی که بقیه شاخص‌ها نشان‌دهنده دقت بالاتر محصول MERRA در مقایسه با HQ می‌باشد. در شاخص RMSE در مقیاس مکانی حوضه اختلاف بیشتر و این اختلاف در مقیاس ایستگاه کمتر دیده شد. با توجه به نتایج تحقیق (۳۵) که ذکر کرده مقادیر پایین ME در مناطق با شدت بارش پایین اتفاق می‌افتد و همچنین ویژگی‌های اقلیمی حوضه مورد مطالعه این پژوهش، مقادیر پایین ME قابل توجیه است. در مقیاس مکانی حوضه و ایستگاه در محصول HQ شاخص ME به هم نزدیکتر است، در حالی که در MERRA اختلاف قابل توجهی دارد، به طوری که در مقیاس مکانی ایستگاهی این معیار منفی به‌دست آمده است. در مورد سایر شاخص‌ها با توجه به اینکه در مقیاس مکانی حوضه مقادیر شاخص‌ها در مورد محصول IMERG بالاتر می‌باشد، نتیجه می‌گیریم که این محصول می‌تواند در مقیاس‌های منطقه‌ای و کلی‌تر مناسب‌تر باشد. این نتیجه با نتایج بدست آمده توسط (۴۰،۴۱) منطبق است. در بخش شاخص‌های ارزیابی آماری کیفی شامل POD, FAR, CSI نیز همان ارزیابی آماری کیفی شامل POD، FAR و CSI نیز همان نتایج شاخص‌های کمی ذکر شده به‌دست آمده است. در شاخص POD که به معنی احتمال شناسایی یا تشخیص بارش است داده MERRA در هر دو مقیاس مکانی حوضه و ایستگاه به عددی بالای ۰/۸۰ دست یافته اما داده IMERG عدد ۰/۷۹ را نشان می‌دهد. در شکل‌های (۴ و ۵) نیز روند بارش حوضه به‌ترتیب برای داده IMERG و MERRA در مقایسه با داده مشاهداتی زمینی آمده است. درهر دو شکل اختلافات قابل توجهی بین واقعیت بارش و بارش ثبت شده ماهواره‌ای دیده می‌شود. یکی از بارزترین اختلافات قابل مشاهده در شکل (۴ و ۵) در روز ۲۹ مرداد ۱۳۹۳ می‌باشد که IMERG میزان ۲۲/۵ میلی‌متر و MERRA ۸/۵ میلیمتر ثبت بارش داشته است در حالی که ایستگاه‌های زمینی در حوضه فقط ۳ میلی متر بارش ثبت کرده‌اند. این اختلافات دلایل گوناگونی داشته که با توجه به زمان و موقعیت مکانی بارش می‌تواند نتیجه بارش‌های رگباری کوتاه مدت با شدت بالا، بارش‌های پراکنده و عدم قدرت تشخیص این بارش‌ها (۴۰،۴۱) توسط ماهواره بارش در ارزیابی ماهانه دادهای HQ و MERRA در جدول ۴، مقیاس حوضه و ایستگاه داده MERRA دقت بالاتری دارد. از طرف دیگر HQ تخمین کمتر از واقعیت در مقیاس ماهانه دارد (ضرایب ME و BIAS منفی می‌باشند) در حالی که MERRA در ایستگاهی تخمین بیش از واقعیت دارد. همچنین برای دوره روزانه، در مقیاس زمانی ماهانه نیز نتایج بدست آمده برای کل حوضه دقت بالاتری دارد که بتانگر تاثیر مکان و شرایط آب و هوایی و ویژگی‌های محیطی بر دقت داده‌های بارش ماهواره‌های گوناگون می‌باشد. در شکل (۶) نیز روند داده‌ها در طول دوره زمانی مورد بررسی مشخص است که انعکاس دهنده نتایج جدول ۶ است. در جدول ۵ نتایج تحلیل ماهانه هر دو داده بارشی آمده است. با توجه به ثبت بارش صفر در ماه‌های مرداد و شهریور در ایستگاه‌های زمینی، این دو ماه از تحلیل‌های ماهانه حذف شدند. در این جدول کاملا مشخص است که هرچه از فصل بارش فاصله گرفته و میزان بارش کاهش می‌یابد دقت داده‌ها نیز کمتر می‌شود. با مقایسه دو داده بارشی، فقط در فروردین و در شاخص همبستگی و در اردیبهشت در شاخص RMSE، HQ دقت بالاتری دارد.

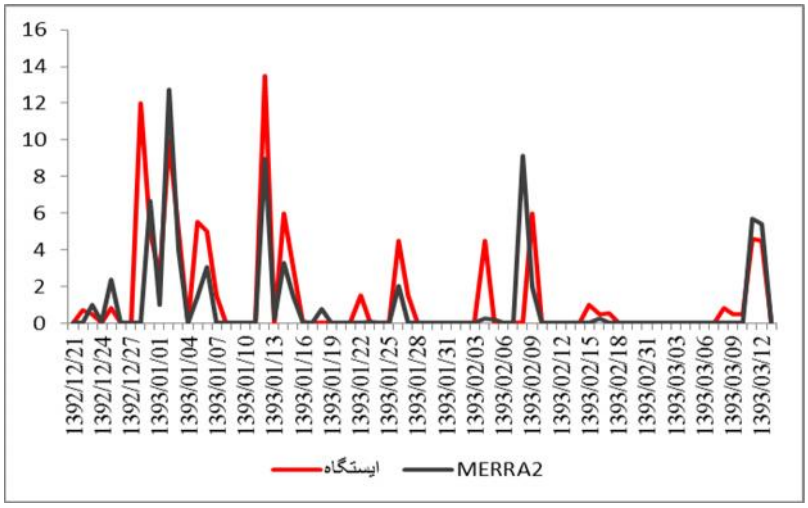
جدول ۳- مقایسه داده‌های روزانه HQ و MERRA در سطح حوضه و ایستگاه

Table 3. Comparison of daily HQ and MERRA data in basin and station

محصولات	مقیاس زمانی	مقیاس مکانی	CC	RMSE(mm)	ME(mm)	BIAS(%)	POD	FAR	CSI
HQ	روزانه	حوضه	۰.۶۱	۱.۷۲	-۰.۴۹	-۸.۵۵	۰.۵۶	۰.۰۹	۰.۵۳
MERRA			۰.۳۳	۲.۸۴	-۰.۰۹	-۳.۴۳	۰.۴۵	۰.۰۷	۰.۴۳
HQ		ایستگاه	۰.۴۶	۱.۷۸	-۰.۴۸	-۰.۳۶	۰.۵۱	۰.۱۲	۰.۴۸
MERRA			۰.۲	۳.۶	- ۰.۰۳	-۰.۰۲	۰.۴۸	۰.۰۷	۰.۴۶



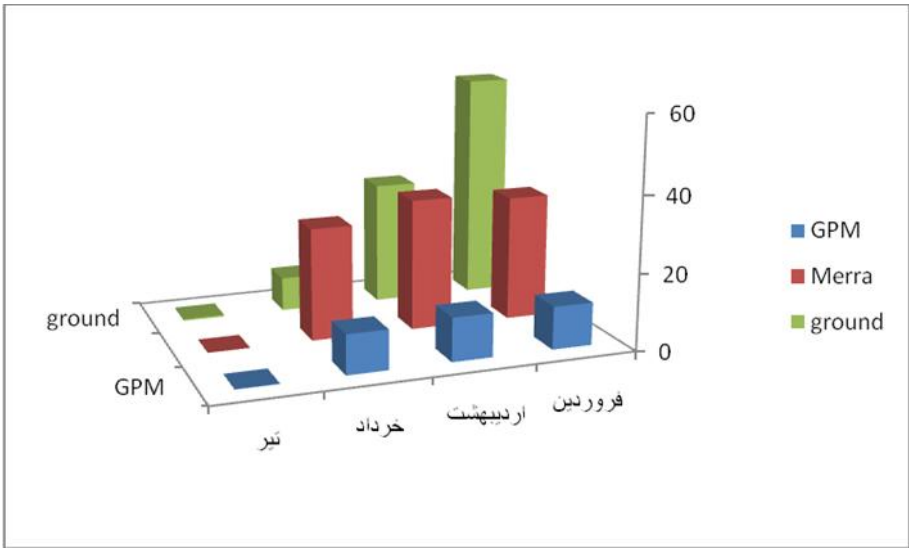
شکل ۵- مقایسه بارندگی بین ایستگاه‌های یاران سنجی و ماهواره GPM
Figure 5. Comparison of GPM Satellite Rainfall and rain-gage station



شکل ۶- مقایسه بارندگی بین ایستگاه‌های باران سنجی و MERRA2
Figure 6. Comparison of MERR2 Rainfall and rain-gage station

جدول ۴- مقایسه در سطح حوضه و ایستگاه، داده‌های ماهانه HQ و MERRA
Table 4. Comparison of monthly HQ and MERRA rainfall data in Basin and station

محصولات	مقیاس زمانی	مقیاس مکانی	CC	RMSE(mm)	ME(mm)	BIAS(%)
HQ	ماهانه	حوضه	۰/۷۸	۶/۴۶	-۱/۳۲	-۷/۲۹
MERRA			۰/۷۸	۱/۷۴	-۰/۸۰۵	-۴/۷۸
HQ		ایستگاه	۰/۸	۶/۰۷	-۱/۷۵	-۹/۸۶
MERRA			۰/۵۵	۲/۸	۰/۴۳	۲/۶



شکل۷- مقایسه مقادیر بارش ماهانه داده‌های HQ، MERRA و بارش ایستگاهی در سطح حوضه
Figure7. Comparison of monthly TRMM and MERRA rainfall data and rain gauge in Basin

جدول ۵ - تحلیل ماهانه داده‌های بارش HQ وMERRA
Table 5. Monthly analysis of rainfall data HQ and MERRA

	HQ				MERRA			
	CC	BIAS	ME	RMSE	CC	BIAS	ME	RMSE
فروردین	۰/۵	-۹/۷۱	-۱/۱۵	۰/۸۵	۰/۵۸	-۶/۵	۱/۰۹	۲/۵۵
اردیبهشت	۰/۳۳	۴/۶۱	-۰/۶۷	۱/۷۳	۰/۲۲	۸/۹۳	۰/۰۹	۳/۱۳
خرداد	۰/۷۶	۵/۳۳	-۰/۰۰۵	۰/۷۵	-۰/۶	۹/۳۸	۰/۶۲	۵/۱۴
تیر	۰/۹۹	-۷/۹۶	-۰/۰۰۹	۰/۰۵	-۰/۳	-۹/۹۸	-۰/۱	۰/۰۷

در این مطالعه، به ارزیابی داده بارش HQ از ماهواره GPM و داده MERRA از داده‌های MERRA در مقیاس‌های زمانی روزانه و ماهانه با استفاده از ۳۴ ایستگاه باران‌سنجی وزارت نیرو در حوضه آبریز کشف‌رود در یک دوره زمانی ۱۹۵ روزه اقدام شد. مقیاس‌های زمانی متفاوت برای بررسی نقش زمان و تجمیع بارش در دقت و کیفیت داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به محدوده کوچک این حوضه آبریز در مقایسه با اندازه پیکسل داده‌های بارشی و همچنین دوره زمانی کوتاه مقایسه (۱۹۵ روز) که در این مقاله استفاده شد، مطالعات بیشتر در حوضه‌ها و دوره‌های زمانی گسترده‌تر برای بررسی جامع‌تر این داده‌ها موردنیاز است. همچنین دیگر داده‌های بارشی مانند CMORPH، GSMap و ... نیز می‌تواند در ارزیابی و مقایسه وارد شوند تا نتیجه کامل‌تر و قابل اعتمادتری گرفته شود. نتایج اصلی قابل استخراج از این تحقیق به شرح زیر است:

۱- داده GPM در مقایسه با داده MERRA در مجموع دقت بالاتری در داده‌های روزانه ماهانه بالعکس می‌باشد. فقط در بخش مقایسه ماهانه اختلاف این بهتر بودن خیلی کم می‌باشد. این نتیجه بدست آمده با نتایج بدست آمده از ارزیابی این داده‌ها در چین (۳۲،۳۳) کاملا متضاد است. علت این امر می‌تواند بتانگر تاثیر مکان و شرایط آب و هوایی و ویژگی‌های محیطی بر دقت داده‌های بارش ماهواره‌های گوناگون باشد. برای تایید این نتایج با محقق اصلی و مسوول تیم GPM ناسا نیز ارتباط برقرار شد و ایشان نیز نتیجه را تابع مکان جغرافیایی و قابل پذیرش دانستند. ذکر این نکته ضروری است که تا به حال تنها در چین این داده بارش با دیگر داده‌های بارش ارزیابی و مقایسه شده، که در مقالات منتشره از این مقایسه‌ها، داده GPM دقت بیشتری از سایر ماهواره‌ها دارد. در راهنماها و متون منتشر شده نیز درباره GPM نوشته شده که این ماهواره بیشترین دقت را در میان ماهواره‌های بارش دارد، اما این امر می‌بایست با مطالعات گوناگون و در مکانهای جغرافیایی مختلف مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین، با توجه به نتایج این مقاله، نمی‌توان از قبل درباره دقت بالاتر محصول GPM در مقایسه با دیگر محصولات بارشی نظر داد و برای تمامی حوضه‌های آبریز این مقایسه و ارزیابی بایستی انجام شود تا بهترین داده ماهواره‌ای بارش آن حوضه مشخص شود.

۲- نتایج بدست آمده در بخش شاخص‌های آماری کیفی مانند احتمال تشخیص بارش، نشان می‌دهد که بیش از ۰/۸۰ بارش‌ها در مقیاس روزانه چه در سطح حوضه و چه ایستگاه با داده HQ قابل تشخیص است که با پژوهش‌های (۳،۵،۶،۲۳،۱) مطابقت دارد اما این رقم برای MERRA کمتر

از ۰/۵۵ می‌باشد. همچنن در مورد تحلیل ایستگاهی روزانه، نشان‌دهنده دقت‌های بسیار متفاوت در بین ایستگاه‌ها است (۲۴). در بین دو داده بارشی نیز در مجموع می‌توان داده GPM دارای صحت و دقت بیشتری دانست. برای بررسی علت تفاوت دقت ایستگاه‌های مختلف در هر دو داده، ارتباط نتایج بدست آمده با ارتفاع ایستگاه‌ها بررسی و ارزیابی شد، اما همبستگی ضعیفی بین دقت بارش‌ها و ارتفاع ایستگاه‌ها مشاهده شد به‌طوری که در بعضی از شاخص‌ها هیچ ارتباطی بین ارتفاع و میزان دقت به‌دست آمده مشاهده نشد. یکی از موارد قابل ذکر در تحلیل نتایج ایستگاهی روزانه، تخمین کمتر از واقعیت داده MERRA که مورد تایید در مقاله (۴،۲۱،۵،۲۵) و بیش از واقعیت داده HQ است.

۳- در تحلیل‌های ماهانه، نیز در مجموع داده HQ میزان دقت بالاتری دارد. نکته مشترک بین دو داده، دقت بالاتر در ماههای دارای بارش بیشتر و دقت کمتر در ماه‌های دارای بارش‌کمتر است که همبستگی مثبت بالایی را بین میزان بارش و ماه آن با دقت اندازه‌گیری بارش توسط دو داده نشان می‌دهد. میزان دقت کمتر در ماه‌های خرداد و تیر که بارش کمتری دارند می‌تواند موید عدم امکان تشخیص درست بارش‌های سبک و خفیف توسط این داده‌ها باشد. هر دو داده در ماههای خرداد و تیر میزان انحراف نسبی مثبت بالایی را نشان می‌دهند که این مطلب موید تشخیص بیش از واقعیت هر دو داده (البته HQ انحراف نسبی بسیار بیشتری دارد) در ماه‌های خشک سال که بارندگی‌های رگباری و پراکنده وجود دارد، است.

۴- بررسی نتایج در بخش مقیاس مکانی نشان از برتری قابل توجه مقیاس حوضه بر مقیاس ایستگاه دارد که این نتایج در مقاله (۳۲،۳۳) نیز تاکید شده است. بنابراین، هر چه محدوده مکانی مورد مطالعه بزرگتر باشد، با توجه به میانگین گرفتن از بارش روزانه در آن منطقه، انتظار بر این است که دقت بارش نیز بیشتر شود. با توجه به رژیم بارش در منطقه مورد مطالعه و نمودار بارش روزانه آن مشخص است که بارش‌های سنگین در منطقه اتفاق نمی‌افتد و بسیاری از بارش‌ها به خصوص در فصل خشک سال به صورت بارش سبک کمتر از ۵ میلی‌متر هستند. این نوع بارش‌ها می‌توانند باعث خطای داده‌های ماهواره‌ای بارش باشند. نتایج تحلیل بارندگی و دبی نشان داد بارندگی در فصل پاییز در اکثر ایستگاه‌ها افزایش یافته است.

۵- بنابراین، بررسی ارتباط شدت بارش هر منطقه با بارش‌های ثبت شده ماهواره‌ای در مطالعات بعدی لازم و ضروری است. به طور منطقی پیش‌بینی داده‌های HQ بطور ویژه در حال سبقت گرفتن از محصولات MERRA است چرا که داده‌های از طول و عرض جغرافیای بالا و با توجه به قابلیت رصدخانه مرکزی GPM برای تشخیص تشعشع و بارش جامد مورد استفاده قرار می‌گیرد که در مقاله (۱۲) نیز تایید شده است. نتایج بدست آمده حداقل در مقیاس زمانی روزانه، برای هر دو داده بارش ماهواره‌ای، نشانگر دقت متوسط است. بنابراین، به نظر می‌رسد محصولات ماهواره‌ای بارش حداقل در سطح حوضه مورد مطالعه این تحقیق دقت موردنیاز برای استفاده اجرایی و کاربردی در مدل‌های هیدرولوژیکی و دیگر مدل‌ها باید بررسی بیشتری صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

در اینجا لازم است بخاطر در اختیار قرار گذاشتن آمار و اطلاعات مورد نیاز برای انجام این مطالعه از سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی (بخش معاونت مطالعات پایه) تشکر و قدردانی کنیم.

منابع

1. Ahmadi, M., M. Narengifard and M. Ghonodi. 2015. Validation TRMM satellite rainfall data based on According to data from ground-based province Fars validation. Proceedings of the 12th Conference Iranian geographers, 172-181pp., Najafabad University, (In Persian).
2. Dinku, T., E.N. Anagnostou and M. Borga. 2002. Improving radarbased estimation of rainfall over complex terrain. Journal of Applie Meteorology and Climatology, 41: 1163-1169.
3. Erfanian, M., N. Vafaei and M. Rezaeianzadeh. 2014. A new method for drought risk assessment by integrating the TRMM rainfall data and the Terra/MODIS NDVI data in Fars province. Journal of Physical Geography Research Quarterly, 46(1): 93-108 (In Persian).
4. Futrell, J. and Coauthors. 2005. Water: Challenges at the intersection of human and natural systems NSF/DOE Tech. Rep. PNWD-3597: 50.
5. Ghafourian, H. 2013. Investigation Drought Monitoring Using TRMM Satellite Data (Case Study: Khorasan Razavi Province). Ph.D. Thesis, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. 156pp (In persian)
6. Ghafourian, H., S.H. Sanaeinejad and K. Davary. 2014. Investigation of Suitable Regions Determination for Drought Monitoring Using TRMM Satellite Data (Case Study: Khorasan Razavi Province). Journal of Water and soil, 28(3): 639-648 (In Persian).
7. Ghagourian, H. and H. SanaeiNejad. 2013. Drought monitoring using TRMM dataset in RazaviKhorasan Province. MSc Thesis, Agrometeorology, Ferdowsi University. Mashhad, Iran, 102 (In Persian).
8. Ghazanfari Moghaddam, M.S., A. Alizadeh, S.M. MousaviBaygi, A.R. Faridhosseini and M. Bannayan. 2011. Comparison the PERSIANN Model with the Interpolation Method to Estimate Daily Precipitation (A Case Study: North Khorasan). Journal of Water and Soil, 25(1): 207-215 (In Persian).
9. Guo, H., S.H. Chen, A. Bao, A. Behrangi, Y. Hong, F. Ndayisaba, Hu. Junjun and P.M. Stepanian. 2016. Early Assessment of Integrated Multi-Satellite Retrievals for Global Precipitation Measurement over China. Journal of Atmospheric Research, 176-177: 121-133.

10. Hong, Y., L.L. Ren, J.J. Gourley, G.J. Huffman, X. Chen, W. Wang and S. Khan. 2012. Assessment of evolving TRMM based multi-satellite real-time precipitation estimation methods and their impacts on hydrologic prediction in a high latitude basin. Journal of Geophys Research, 117: 108-115.
11. Hou, AY., G. Skofronick-Jackson, C.D. Kummerow and J.M. Shepherd. 2008. Global precipitation measurement: Advances in Measurement, Estimation and Prediction. Michaelides, SH. Springer, 131-169.
12. Hou, AY., G. Skofronick-Jackson, C.D. Kummerow, J.M Shepherd and Coauthors. 2014. The Global Precipitation Measurement Mission. Bull. Amer. Meteor. Soc., 95: 701-722.
13. http://pmm.nasa.gov/gpm-news/trmm-spacecraftre-enters-over-tropics.
14. http://trmm.gsfc.nasa.gov.
15. http://www.nasa.gov/mission_pages/GPM/main/index.html.
16. Huffman, GJ., D.T. Bolvin and Coauthors. 2001. Global precipitation at one-degree daily resolution frommultisatellite observations. Journal of Hydrometeor, 2: 36-50.
17. Jamei M., S.M. MousaviBaygi and M. Bannayan. 2014. Comparison of daily precipitation of APHRODITE network and results of spatial interpolation of precipitation in Khozestan Province. . Proceedings of the 1th National Conference on Agrometeorology, 101-106 pp, Mashhad, Iran.
18. Joyce, R.J., J.E. Anowiak, P.A. Arkin and P. Xie. 2004. CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. Journal of Hydrometeorology, 5: 450- 487.
19. Katiraie Boroujerdy, P.S. 2013. Comparison of high resolution gridded monthly satellite and ground based precipitation data over Iran. Iranian Journal of Geophysics, 7(4):149-160.
20. Kazempour Chorsi, S., S. Haidari and M. Erfanian. 2013. Evaluation and Calibration of TRMM Rainfall Data in Arid and Semi-arid Regions of Iran,Quarterly Journal of Geography (Regional Planning), 3(3): 85-93(In Persian).
21. kidd, C. and G. Huffman. 2011. Global precipitation measurement. Journal of Applied Meteorology and Climatology. 18: 334-353.
22. Lashkari, A., M. Bannayan, A. Koocheki, A. Alizadeh, Y.S. Choi and S.K. Park. 2016. Applicability of AgMERRA forcing dataset forgap-filling of in-situ meteorological observation, Case Study: Mashhad Plain. Journal of Water and Soil, 29(6): 1749-1758.
23. Li, Z., D. Yang, B. GAO, Y. Jiao, Y. Hong and T. Xu. 2015. Multiscale hydrologic applications of the latest satellite precipitation products in the Yangtze River basin using a distributed hydrologic model. Journal of Hydrometeor, 16: 407-426.
24. Mahdiha, A., A.H. Ghibi, S. Kharazmi and M. Rihani Parvari. 2013. Case Study variable contrast TRMM satellite rainfall estimate cumulative daily Tehran radar and rain-gauge stations. Proceedings of the 15th Conference of Fluid Dynamics (Fluid).123-127, Bandar Abbass, (In Persian).
25. Masoodian, SA. F. Rayatpishe and M.S Keykhosravi Kiani. 2015. Introducing the TRMM and Asfezari precipitation database: A comparative study. Journal of Geophysics, 4(8): 15-31.
26. Mishra, A.K. and P. Coulibaly. 2009. Developments in hydrometric network design: A review. Journal of Reviews of Geophysics, 47(2): 2-24.
27. Prakash, S.C., R. Mahesh, M. Gairola and P.K. Pal. 2010. Estimation of Indian summer monsoon rainfall using Kalpana-1 VHRR data and its validation using rain gauge and GPCP data. Journal of Meteorology and Atmospheric Physics, 110(1-2): 45- 52.
28. Shen, X., Y. Hong, K. Zhang and Z. Hao. 2015. Refine a distributed reservoir routing method to improve performance of the CREST model. Journal of Hydrolgy Eng, (In press).
29. Shen, Y. and A. Xiong. 2016. Validation and comparison of a new gauge-based precipitation analysis over mainland China. International Journal of Climatology. 36(1): 252-265 (In press).
30. Tang,G., Y. Ma, D. Long, L. Zhong and Y. Hong. 2016. Evaluation of GPM Day-1 IMERG and TMPA Version-7 legacy products over Mainland China at multiple spatiotemporal scales. Journal of Hydrometeorology, 17(5): 1407–1423.
31. Tardivo, G. and A. Berti. 2012. A Dynamic Method for Gap Filling in Daily Temperature Datasets. Journal of Applied Meteorology and Climatology. 51: 1079-1086.
32. Tian, Y. and C.D. Peters-Lidard. 2010. A global map of uncertainties satellite-based precipitation measurements. Journal of Geophysical Ressearch Letters, 37(24), L24407.
33. Tong, G., Z. Zeng, D. Long, X. Guo, B. Yong, W. Zhang and Y. Hong 2016. Statistical and Hydrological Comparisons between TRMM and GPM Level-3 Products over a Midlatitude Basin: Is Day-1 IMERG a Good Successor for TMPA 3B42V7. Journal of Hydrometeorology, 17(1): 121-137.
34. Turk, F.J. and S.D Miller 2005. Toward improved characterization of remotely sensed precipitation regimes with MODIS/ AMSR-E blended data techniques. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens, 43: 1059-1069.
35. Villarini, G. and K. Witold. 2008. Empirically-based modeling of spatial sampling uncertainties associated with rainfall measurements measurements by rain gauges. Adv. Journal of Water Resources, 31(7): 1015-1023.

Assessment of Ground Station, GPM Satellite and MERRA Precipitation Products in Kashafrud Basin

Seydeh Maryam Alibakhshi[1], Alireza Farid Hossini[2], Kamran Davari[3], Amin Alizadeh[4] and Henry Munyka[5]

1, 3 and 4- Graduated PhD., Associate Professor and Professor, Department of Water Science and Engineering Ferdowsi University of Mashhad
2- Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, (Corresponding Author: Farid-h@um.ac.ir)
5- Professor of ITC University, Netherland
Received: January 3,2017 Accepted: September 5,2017

Abstract

In recent decades, satellite and model- based precipitation products has attracted attention of the scientists and researchers in hydrology and other disciplines. The purpose of this research is quantitative comparison of MERRA and GPM satellite precipitation products with ground station precipitation values as reference data in Kashafrud basin. The important point about these data is their accuracy and resolution. GPM satellite was launched in February 2014 and up to now there are no studies about these data in Iran and a few studies have been carried out in other countries of the world. This research aims to assess GPM satellite data and MERRA precipitation products in comparison with 34 ground station precipitation data as reference. The assessment carried out in basin and station level and also daily and monthly periods. For validation, the statistical metrics including RMSE, MAE, CC, BIAS, FAR, POD and CSI are used. The results showed that HQ daily precipitation of GPM satellite has higher accuracy than MERRA daily data in this basin and It is in good agreement with ground data and can show the spatial and temporal distribution of rainfall at the basin level. In contrary, MERRA data in monthly temporal scale is superior to GPM data. RMSE values for MERRA in daily basin and station scales are 2.84 and 3.6 and for monthly, 2.8 and 1.74, respectively. For HQ data, RMSE values for daily basin and station scales are 1.78 and 1.72 and for monthly scale, 6.07 and 6.46, respectively.

Keywords: Ground Station, Kashafrud Basin, HQ Data, MERRA Data, GPM satellite