

Comparison of Observed Rainfall and PERSIANN and CMORPH Satellite Rainfall Data in Hourly and Daily Scale (Case Study: Shapoor Basin)

M.R. Zangeneh¹, B. Ghahraman^{2*}
and A. Faridhosseini³

Abstract

The precipitation is an important parameter in hydrology cycle lack of data for which is amongst the biggest problems in climate analysis and hydrologic studies. Researcher has suggested the use of satellite images and remote sensing as practical solutions for predicting rainfall. This research focused on evaluation of precipitation data from PERSIANN and CMORPH satellite for Shapoor basin. For this purpose, the daily and hourly rainfall data of Shapoor basin stations, for 28 precipitation events (hourly scale) and daily precipitation events in the period of 95-90 for stations located in the Kazeroun study area including Boushigan, Kazeroun, Chiti, Dashte Arjan and Pasghalat were used. Criteria of correlation coefficient, Root Mean Squared Error (RMSE), Probability of Detection (POD), False-Alarm Rate (FAR) and Critical Success Index (CSI) were calculated for both rainfall products. The result showed that PERSIANN and CMORPH satellite data are not accurate enough for hourly and daily scale. Also, comparing satellites and observed daily data of rainfall event showed that CMORPH data had a better correlation with observation data on the hourly scale (in daily scale correlation coefficients were 0.78 and 0.75 for CMORPH and PERSIANN, respectively). Also, the results showed that although the CMORPH model indicated a better correlation with observational data in the hourly scale, PERSIANN model had better results in detecting the number of rainy days (POD index).

Keywords: Daily Rainfall, Satellite Products, Remote Sensing.

Received: August 6, 2017

Accepted: January 9, 2018

مقایسه مقادیر مشاهداتی بارش و اطلاعات بارش ماهواره‌ای PERSIANN و CMORPH در مقیاس ساعتی و روزانه (مطالعه موردی: حوضه آبریز شاپور)

محمد رضا زنگنه اینانلو^۱، بیژن قهرمان^{۲*}
و علیرضا فریدحسینی^۳

چکیده

بارش یک پارامتر مهم در چرخه هیدرولوژی بوده و کمبود داده‌های آن از بزرگترین مشکلات در تحلیل‌های اقلیمی و هیدرولوژیک است. لذا، محققین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای حاصل از سنجش از دور را به عنوان یکی از راهکارهای عملی به منظور تخمین بارش مطرح کرده‌اند. در این مقاله، به ارزیابی اطلاعات بارش مدل‌های PERSIANN و CMORPH در حوضه آبریز شاپور پرداخته شده است. بدین منظور، از اطلاعات بارش روزانه و ساعتی ایستگاه‌های حوضه شاپور ۲۸ رویداد بارش (مقیاس ساعتی) و وقایع بارش روزانه در بازه زمانی ۹۵-۹۰ برای ایستگاه‌های واقع در محدوده مطالعاتی کازرون شامل بوشیگان، کازرون، چیتی، دشت ارژن و پس قلات استفاده شد. معیارهای ضریب همبستگی، میانگین مجذور مربع خطا، احتمال آشکارسازی، نرخ هشدار اشتباه و شاخص موفقیت بحرانی برای هر دو محصول بارش ماهواره‌ای محاسبه شد. نتایج نشان داد که مدل‌های PERSIANN و CMORPH در مقیاس ساعتی و روزانه دقت کافی ندارند و همبستگی داده‌های مشاهداتی در مقیاس ساعتی با CMORPH نسبت به PERSIANN بیشتر است (در مقیاس روزانه بالاترین ضریب همبستگی معادل ۰/۷۸ و ۰/۷۵ به ترتیب برای CMORPH و PERSIANN). همچنین نتایج نشان می‌دهد اگرچه مدل CMORPH در مقیاس ساعتی همبستگی بیشتری را با داده‌های مشاهداتی دارد، اما در آشکارسازی تعداد روزهای بارانی (شاخص POD) مدل PERSIANN نتایج بهتری را ارائه کرده است.

کلمات کلیدی: بارش روزانه، تصاویر ماهواره‌ای، سنجش از دور.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۵/۱۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۱۰/۱۹

1- Ph.D. Candidate of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2- Professor, Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: bijangh@um.ac.ir

3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

* Corresponding Author

۱- کاندید دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

به جهت عدم توانایی ارائه داده‌های مکانی بارش با وضوح بالا با استفاده از ایستگاه‌های باران‌سنجی و محدودیت در انعکاس تغییرات مکانی بارندگی به طور مؤثر، به ویژه در مناطقی که در آن توزیع ایستگاه‌های همدید و باران‌سنجی بسیار بالا نیست، لزوم بکارگیری تکنیک‌های سنجش از دور از اهمیت بیشتری برخوردار است. در دو دهه اخیر استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور جهت مطالعات جغرافیایی رایج شده است. اصولاً اطلاعات بارندگی به وسیله ایستگاه‌های زمینی، رادارهای زمینی و ماهواره‌ها جمع‌آوری می‌گردد. روش‌های سنتی نیز به علت احتمال اشتباه کاربر، حساسیت و خرابی دستگاه از دقت کافی برخوردار نیستند. برای غلبه بر این محدودیت، می‌توان از انواع روش‌های درون‌یابی فضایی، رگرسیون آماری و الگوریتم‌های تخمین بارندگی با کمک تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد (Moazami et al., 2014). امروزه، ماهواره‌ها با فراهم کردن یک پوشش مکانی کامل قادر به تخمین بارش برای کل جهان هستند. با انجام این مهم، به خصوص در کشورهای درحال توسعه مانند ایران که در بسیاری از حوضه‌های آن آمار مناسبی از داده‌های بارندگی موجود نیست، اطلاعات بارش در اختیار قرار گرفته است (Moazami et al., 2013). پژوهش‌های زیادی در سطح جهان و ایران به منظور دستیابی به روش‌های جدید برای دریافت تخمین داده‌های بارش انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. لذا در این پژوهش‌ها بررسی دقت داده‌های ماهواره‌ها و مقایسه آن‌ها با داده‌های مشاهده‌ای و ثبت شده در ایستگاه‌ها، موردنظر است. البته یکی از مشکلات مقایسه داده‌های ماهواره‌ای (که هر پیکسل آن‌ها سطح وسیعی را پوشش می‌دهد) با یک یا چند ایستگاه زمینی خطای *representativeness* می‌باشد. این بدان معناست که ایستگاه زمینی چون یک اندازه‌گیری نقطه‌ای است، نمی‌تواند به عنوان اندازه‌گیری دقیقی که نماینده‌ی کل بارش در سطح یک پیکسل ماهواره است در نظر گرفته شود. اما چون در این مورد داده‌های زمینی تنها راه ارزیابی داده‌های ماهواره‌ای می‌باشند، نیاز است که به این نکته به عنوان یکی از کمبودهای این روش اشاره شود. در چند دهه گذشته، با در هم آمیختن دانش و فن‌آوری سنجش از دور با پدیده‌های هواشناسی، مدل‌های پیشرفته‌ای برای برآورد ویژگی‌های بارش پیشرفت داده شده‌اند که دارای توانایی بالای آشکارسازی زمانی و مکانی هستند. برخی از این مدل‌ها که دارای دقت بالاتر و صحت بیشتری بودند به مرور معروف و در دسترس عموم قرار گرفتند. از جمله بهترین مدل‌ها و ماهواره‌ها می‌توان به ماهواره TRMM و مدل‌های بارش PERSIANN و CMORPH اشاره نمود که تقریباً برای هر نقطه از کره زمین و هر زمانی (پس از زمان شروع فعالیت) قابل

دستیابی می‌باشند (Marchi, 2006). از جمله این ماهواره‌ها می‌توان به داده‌های ماهواره TRMM اشاره کرد (مأموریت اندازه‌گیری باران مناطق حاره‌ای). در ۲۷ نوامبر سال ۱۹۹۷ با همکاری سازمان فضایی ایالات متحده آمریکا و ژاپن به فضا پرتاب شد و اولین مأموریت اختصاص داده شده برای اندازه‌گیری باران مناطق حاره‌ای و نیمه حاره‌ای از طریق سنجنده‌های میکروویو، مادون قرمز و مرئی است. بارندگی مناطق حاره‌ای بیش از ۷۵ درصد از بارندگی‌های کل جهان را شامل می‌شود و عامل اصلی توزیع گرما از طریق جریان اتمسفر است (Liang et al., 2012). از جمله روش‌های دیگر می‌توان به داده‌های ماهواره CMORPH توسط Joyce et al. (2004) در مرکز اقلیم NOAA ارائه شده، اشاره کرد. خروجی این مدل مقدار بارش بر مبنای تصاویر ماهواره‌ای است و از دسامبر ۲۰۰۲ تا کنون بر روی سایت NOAA قرار دارد. از دیگر داده‌های ماهواره‌ای معروف و در دسترس می‌توان به ماهواره PERSIANN اشاره کرد. یک الگوریتم تخمین بارندگی با استفاده از سنجش دور با بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد. الگوریتم پایه مدل بر مبنای شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد برای بکار بردن PERSIANN دو الگوریتم بصورت موازی اجرا شده است یکی از روش شبیه‌سازی اجرا شده است و دیگری روش به روز رسانی است. روش شبیه‌سازی بطور منظم خروجی شدت بارش را تولید می‌کند و روش به روز رسانی، کیفیت محصول را بهبود می‌بخشد. Yves Trambly et al. (2016) محصولات بارش ۵ ماهواره CMORPH 1.0 version 0.x، PERSIANN-CDR، RFE 2.0 و TRMM-3B42 v6 & v7 را برای مدل‌سازی هیدرولوژی در مراکش بررسی کردند. محصولات بارش این ماهواره‌ها با ۱۰ ایستگاه باران‌سنجی و ۴ روش درون‌یابی مختلف (inverse distance, nearest neighbor, ordinary kriging and residual kriging with altitude) مقایسه شدند. این پژوهش در مقیاس روزانه و ماهانه به بررسی داده‌های بارش حوضه آبریز مخزن با مساحت ۱۷۸۵ کیلومتر مربع (مراکش) می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد که همه ۴ روش درون‌یابی به جز nearest neighbor مشابه داده‌های مشاهده‌ای بوده و محصول TRMM-3B42 v7 بهترین عملکرد را نسبت به دیگر محصولات ماهواره‌ها دارد. علیرغم عملکرد ضعیف مقیاس روزانه، نتایج از داده‌های ماهانه محصولات بارش خوب ارزیابی شد و مناسب برای انجام مدل‌سازی می‌باشد. Luis A Blacutt et al. (2015) به مقایسه داده‌های بارش CFSR، MERRA، TRMM3B42 با داده‌های زمینی ثبت شده در سه حوضه آبریز اصلی بولیوی (Altiplano, La Plata, and Amazon) شامل Chaco، Andes، southwestern Amazonia و Altiplano پرداختند. این پژوهش در مقیاس روزانه انجام شد. در این تحقیق دو

تغییرات درون‌سالی بهتر بود. از نمونه پژوهش‌های انجام شده در استان فارس و منطقه مورد مطالعه می‌توان به پژوهش (Shirvani and fakhari zadeh 2014) اشاره کرد. در این مطالعه داده‌های روزانه بارش ۱۲ ایستگاه همدیدی و ۳۷ ایستگاه باران‌سنجی برای ارزیابی محصول نسخه ۷ ماهواره TRMM با مقیاس مکانی ۰/۲۵*۰/۲۵ در استان فارس در طی دوره ۲۰۱۱-۱۹۹۸ مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که بطور کلی همبستگی معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین داده‌های بارش زمینی و ماهواره‌ای در بیشتر مناطق استان فارس برای همه مقیاس‌های زمانی وجود دارد. به طوریکه مقدار آن برای همه ایستگاه‌های همدیدی (به جز اقلید) و باران‌سنجی به جزء ۶ ایستگاه در مقیاس سالانه به ترتیب ۰/۸ تا ۰/۹۵ و ۰/۶۴ تا ۰/۹۳ و برای مقیاس ماهانه به ترتیب بین ۰/۶۴ تا ۰/۹۶ و ۰/۵ تا ۰/۹ بود.

با توجه به اهمیت اطلاعات بارش به عنوان یک داده اولیه در اکثر مطالعات آبی و عدم وجود شبکه بارانسنجی مترکم در اکثر مناطق کشور، حرکت به سمت استفاده از داده‌های ماهواره‌ای برای برآورد بارش در مناطق مختلف ضروری است. اما دقت اطلاعات پایگاه‌های گوناگون برای مناطق مختلف یکسان نیست و با توجه به نتایج تحقیقات گذشته، در هر منطقه با توجه به خصوصیات بارش و نوع منطقه، عملکرد متفاوتی دارند. بنابراین لازم است دقت و صحت این داده‌ها در مناطق مختلف مورد ارزیابی قرارگیرد. در این راستا در مقاله حاضر دقت داده‌های بارش ماهواره‌ای حاصل از CMORPH و PERSIANN بررسی و به ارائه بهترین مدل (از منظر میزان صحت اطلاعات در منطقه مورد مطالعه) از مقایسه و ارزیابی داده‌های بارش ماهواره‌ای PERSIANN و CMORPH با بارش زمینی بوسیله روش‌های آماری مختلف، پرداخته شده است. در این پژوهش با توجه به اهمیت داده‌های بارش ساعتی و روزانه در مدل‌های بارش و رواناب، مقیاس‌های ساعتی و روزانه مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز شاپور بین ۱۱' ۵۱' تا ۰۳' ۵۲' طول شرقی و ۲۵' ۲۹' تا ۰۱' ۳۰' عرض شمالی واقع شده است. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. رودخانه شاپور از کوه‌های شمال دریاچه پریشان (ارتفاعات مابین دریاچه‌های پریشان و ارژن) و شمال شرق شهرستان کازرون استان فارس سرچشمه می‌گیرد و در ابتدا بنام رودخانه سفید در جهت شمال غربی جریان یافته و چندین شاخه فصلی و سیلابی از جمله رودخانه‌های حنا، بل حیات،

فصل خشک و مرطوب در نظر گرفته شد. CFSR and MERRA دارای بیش برآورد مقدار بارش در Amazon and the Andes می‌باشد. در حالیکه TRMM3B42 رفتاری مشابه داده‌های زمینی دارد. (Mianabadi et al. 2013) صحت‌سنجی مدل CMORPH در برآورد بارش شمال شرق ایران بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد که این مدل در مقیاس روزانه دستاورد چندان پذیرفتنی ندارد، اما در مقیاس ماهانه و فصلی، یافته‌ها از ریزبینی بالاتری برخوردار هستند. بیشترین همبستگی (ضریب همبستگی اسپیرمن) مدل با داده‌های ایستگاه‌ها در مقیاس روزانه در ایستگاه فاروج و نامانلو و به میزان ۰/۳۱ بود. در مقیاس ماهانه بیشترین همبستگی در ایستگاه‌های بارزو، نامانلو و سهیک‌آبو به میزان ۰/۶۲ و در مقیاس فصلی در ایستگاه غلامان و به میزان ۰/۶۳ دیده شد. گرچه مدل CMORPH در آشکارسازی روزهای بارانی تا اندازه‌ای کارآیی داشته، اما در برآورد روزهای تر و خشک، میانگین بارش سالانه و تعیین تعداد روزهای غیربارانی نتایج قابل قبولی را به همراه نداشت. (Hegazizadeh et al. 2012) به ارزیابی بارش TRMM-3B42 (محصولات بارش روزانه ماهواره TRMM) و مقایسه آن با مقادیر حاصل از درون‌یابی کریجینگ پرداختند. داده‌های بارش TRMM-3B42 در طول سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۳ با اطلاعات بارش ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی کشور مقایسه شدند. نتایج تحقیق ایشان بیانگر آن بود که میزان دقت این داده‌ها در سطح ایران متفاوت است. به طوریکه در جنوب رشته کوه‌های البرز و نواحی مرکزی و تا اندازه‌ای نواحی شرقی ایران دقت مناسبی ندارند؛ اما در نواحی غربی و جنوب غربی کشور دقت آن‌ها را می‌توان مناسب برشمرد. (Javanmard et al. 2010) به ارزیابی برآورد بارش TRMM-3B42 در سطح ایران پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که محصول TRMM-3B42 حدود ۲۵٪ متوسط بارش سالانه کل کشور را (حدود ۱۷٪ میلی‌متر در روز) کمتر تخمین می‌زند. مدل PERSIANN توسط (Hong et al. 2007) در منطقه شمال غربی مکزیک مورد ارزیابی قرار گرفت. آنها خروجی‌های مدل را برای بارندگی‌های ساعتی و روزانه در فصول گرم با داده‌های باران‌سنجی تخمین PERSIANN مقایسه نمودند. نتایج نشان می‌دهد که مدل زمانی- مکانی (رابطه رگرسیونی تغییرات بارندگی در مقابل تغییرات زمان و مکان) خوبی برای بارندگی در مناطق مورد مطالعه داشته است. (Kizza et al. 2012) بارش منطقه‌ای در دریاچه ویکتوریا را با استفاده از روش‌های درون‌یابی و داده‌های ماهواره‌ای برآورد کردند. در این مطالعه از روش درون‌یابی کریجینگ و عکس فاصله و اطلاعات PERSIANN و TRMM3B42 استفاده شد. نتایج تحقیق اخیر نشان داد که میانگین تفاوت‌های TRMM- (Bias) 3B42 در برآورد بارش بیشتر از PERSIANN بود، اما همبستگی آن با

توسعه دادن یک محصول ماهواره‌ای GEO و LEO با جنبه قابل توصیف دقت ماهواره‌های LEO و پوشش مکانی و زمانی داده IR است. اول برآوردهای بارش داده‌های میکروویو غیرفعال با استفاده از سنجنده TMI در ماهواره TRMM انتقال داده شده با الگوریتم GPROF و با استفاده از سنجنده SSM/I در ماهواره‌های DMSP14، DMSP13 و DMSP15، سنجنده AMSR و AMSU در ماهواره‌های NOAA15، NOAA16 و NOAA17 انتقال داده شده با الگوریتم NESDIS تولید می‌شوند. نتیجه یک محصول برآورد بارش در یک شبکه ۰/۲۵ درجه در هر ۳ ساعت است. نسخه دیگری از مدل فوق نیز ارائه شده است که دارای تفکیک زمانی و مکانی 30 دقیقه و ۸ کیلومتر می‌باشد، اما داده‌های آن‌ها اخیراً در خروجی سایت (National Oceanic) NOAA(ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov) and Atmospheric Administration قرار گرفته و طولانی نیست.

تنگه شیب و رنجان به آن متصل شده و به سمت جنوب غربی تغییر مسیر می‌دهد. توده‌های تأثیرگذار بر ریزش‌های جوی حوضه آبریز شامل توده‌های هوای مدیترانه‌ای مستقیم است که از نواحی غرب و شمال غرب کشور وارد حوضه آبریز شده و منشأ آن‌ها دریای سیاه و مدیترانه‌ای است زمان فعالیت این توده‌ها از آبان ماه لغایت اردیبهشت ماه است. از شبه جزیره عربستان از نواحی جنوب غرب کشور وارد حوضه می‌گردد. زمان فعالیت این توده‌ها از مهر ماه لغایت اردیبهشت ماه است. میانگین بارندگی سالانه ۳۳۰ میلی‌متر حداقل دمای بلند مدت منطقه ۹ درجه سانتیگراد و حداکثر دمای بلند مدت ۳۰ درجه سانتیگراد می‌باشد.

۲-۲- داده‌های بارش CMORPH

Joyce et al. (2004) در مرکز بارش اقلیم Climate Prediction Center (CPC) روش مورفینگ را توسعه دادند. هدف محصول برای

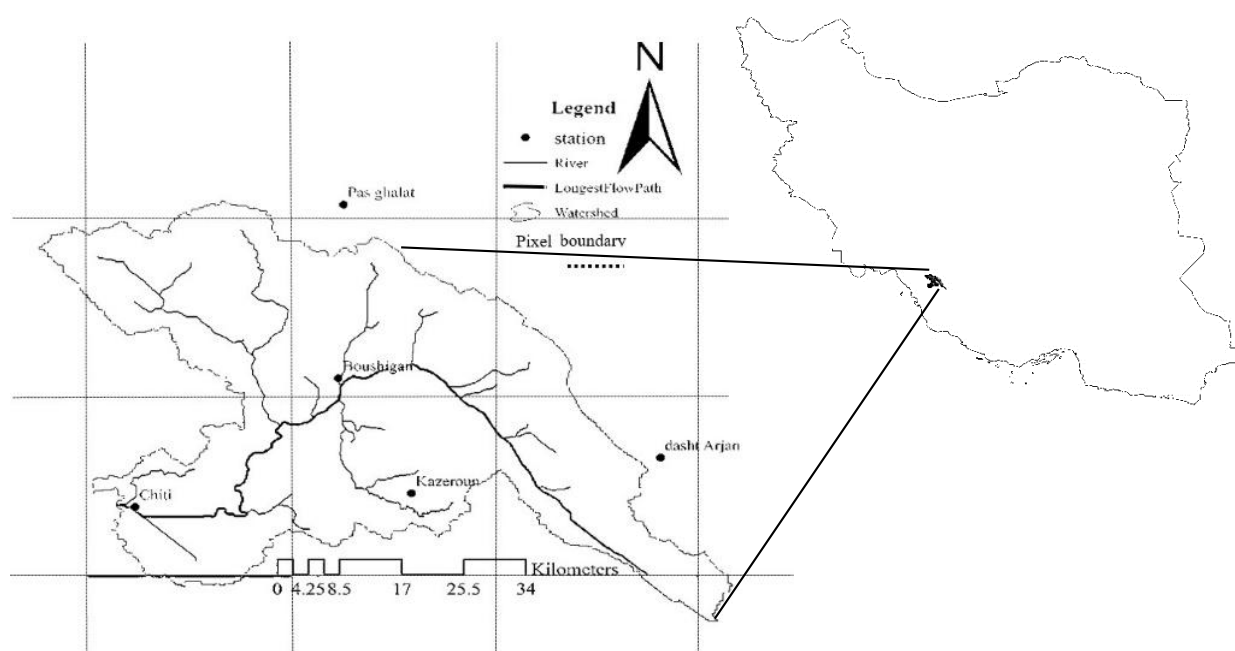


Fig. 1- Studied area and gauges inside and outside the watershed
 شکل ۱- محدوده مورد مطالعه به همراه ایستگاه‌های باران‌سنجی داخل و اطراف حوضه

Table 1- Specifications of rain gauge stations (coordinate system UTM, Zone 39)

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد سنجش (سیستم مختصات UTM در زون ۳۹)

ID	station	x	y	Elevation (m)
1	Boushigan	549329	3288269	707
2	Dasht Arjan	595548	3281409	2013
3	Chiti	529790	3274062	488
4	Pasgalat	555242	3319759	1059
5	Kazeroun	564059	3275546	807

که ایستگاه‌های مورد مطالعه در داخل آن قرار گرفت به عنوان بارش پایگاه‌های بارش لحاظ شد.

۲-۴- ارزیابی داده‌های ماهواره‌ای و پارامترهای آماری

در ابتدا با توجه به شبکه‌بندی اطلاعات بارش ماهواره‌ای، پیکسل مربوط به هر ایستگاه در نرم‌افزار GIS نسخه ۱۰/۴ مشخص شد. سپس برای پیکسل‌های مورد نظر سری زمانی اطلاعات بارش روزانه ماهواره‌ای استخراج گردید و معیارهای خطاسنجی محاسبه شد. در این پژوهش از میانگین و میانه به عنوان معیارهای تمرکز استفاده شد. برای تعیین میزان انطباق بارندگی برآورد شده با ماهواره‌های مورد نظر با مقادیر مشاهده‌ای در ایستگاه‌های سینوپتیکی از معیارهای آماری و شاخص‌های مطابقت استفاده شده است. معیارهای آماری شامل ضریب همبستگی پیرسون (R_p) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) است (روابط ۱ و ۲) با توجه به اینکه داده‌های بارندگی روزانه اغلب دارای مقادیر صفر و حداکثر است، عمدتاً از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند. لذا، از ضریب همبستگی پیرسون که یکی از روش‌های ناپارامتری است برای محاسبه میزان همبستگی بین داده‌های مشاهداتی و ماهواره‌ای به دلیل وجود داده‌های صفر استفاده شد.

$$R_p = \frac{\sum_{i=1}^n (SD_i - \overline{SD})(GD_i - \overline{GD})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (SD_i - \overline{SD})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (GD_i - \overline{GD})^2}} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (SD_i - GD_i)^2} \quad (2)$$

در این روابط n تعداد کل داده‌ها، SD داده‌های ماهواره‌ای و GD داده‌های ایستگاه باران‌سنجی است. مقدار n با توجه به دوره آماری تعیین می‌شود. در محاسبه شاخص‌های مطابقت، صرفاً به وقوع و عدم وقوع رویداد توجه شده و برای هر یک از ایستگاه‌ها، جدول مطابق جدول توافقی ۲*۲ مطابق جدول ۴ تهیه می‌شود.

ضریب همبستگی پیرسون از تقسیم کوواریانس نمونه‌ای به حاصل ضرب انحراف معیار نمونه‌ای دو متغیر X و Y به صورت معادله ۳ بدست می‌آید.

$$R_{xy} = S_{xy} / S_x S_y \quad (3)$$

به طوریکه S_{xy} ، S_x و S_y به ترتیب کوواریانس بین X و Y ، انحراف X و انحراف معیار Y آستانه معنی‌دار بودن مقدار ضریب همبستگی پیرسون با استفاده از معادله ۴ بدست می‌آید.

$$\left| \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \right| > t_{\alpha/2}(n-2) \quad (4)$$

بطوریکه α سطح معنی‌داری، n طول دوره آماری و r ضریب همبستگی نمونه‌ای می‌باشد.

Table 2- Features of CMORPH model

جدول ۲- ویژگی‌های مدل CMORPH

Years of Record: 2002/12 to 2017/10
Formats: NetCDF binary
Time step: Sub-daily Daily, monthly and yearly
Data Time Period Extended? Yes, data set is extended
Domain: Global
Spatial Resolution: 0.25×0.25
Earth system components and main variables: Atmosphere, Precipitation

۲-۳- داده‌های بارش PERSIANN

مدل PERSIANN یک الگوریتم تخمین بارندگی با استفاده از سنسور از دور با بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد. الگوریتم پایه مدل بر مبنای شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد. ورودی‌های پایه مدل دمای بالای ابر حاصل از تصاویر طیف مادون قرمز ابر توسط ماهواره‌های زمین مدار شامل GoEs 8&9 و GMS می‌باشد. خصوصیت بارز تصاویر ماهواره‌های زمین مدار قدرت تفکیک زمانی بالاست. اما این تصاویر دارای قدرت تفکیک مکانی پایینی می‌باشند. چرا که فاصله این نوع ماهواره از زمین نسبت به ماهواره‌های مدار قطبی بسیار بیشتر است. با استفاده از این تصاویر، PERSIANN اقدام به تخمین شدت بارندگی در سطح زمین می‌نماید. به منظور بالا بردن قدرت تفکیک مکانی، الگوریتم با استفاده از تصاویر ماهواره NOAA-13، NOAA-14 و TRMM که از نوع مدار قطبی 4 می‌باشند، و همچنین بهره‌گیری از شبکه عصبی مصنوعی، قدرت تفکیک مکانی 0.25*0.25 درجه در استوا را بوجود آورده است (Sorooshian et al., 2002).

Table 3- Features of PERSIANN algorithm

جدول ۳- ویژگی‌های الگوریتم PERSIANN

Data Period: March 2000 - Present
Coverage: 60°S to 60°N
Resolutions: 0.25° x 0.25°
Time steps: 1, 3, 6 hourly, daily
FTP Download (full): 1 hourly, 3 hourly, 6 hourly, Daily, Monthly, Yearly
Latest Update: Near real-time with 2 day delay

در این مطالعه اطلاعات روزانه دو پایگاه PERSIANN، CMORPH مورد استفاده قرار گرفت. اطلاعات این پایگاه‌ها با فرمت Tif یا NetCDF از درگاه‌های ذکر شده قابل دریافت است. این اطلاعات توسط نرم‌افزار MATLAB قابل مدیریت هستند. در این تحقیق از فرمت Tif این اطلاعات استفاده شد و اطلاعات هر سلول

۲-۵- نمودار سری زمانی

نخستین مرحله در تجزیه و تحلیل مجموعه‌ای از داده‌ها که در گذر زمان ثبت شده است، رسم نمودار سری‌های زمانی مربوط می‌باشد. این نمودارها خواص یک سری را آشکار و مقایسه مقادیر واقعی و تخمین زده شده را امکان‌پذیر می‌کند. بنابراین از نمودار سری‌های زمانی داده‌های مشاهده شده و ماهواره‌ای برای بررسی اولیه چگونگی تغییرات هم زمان این داده‌ها استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

در مقاله حاضر، یک مقایسه بین بارش ماهواره‌ای برآورد شده تولیدات CMORPH، PERSIANN و بارش مشاهده شده در چند ایستگاه باران‌سنجی در حوضه شاپور انجام شده است. این ارزیابی برای ۲۸ وقوع در مقیاس ساعتی و وقایع بارش در مقیاس روزانه، سال آبی ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۶ با شرایط مختلف از جمله ماه‌های کم‌باران (۲۰۱۲/۱۲/۲۱، ۲۰۱۲/۱۱/۱۹) پرباران (۲۰۱۲/۱۲/۲۲، ۲۰۱۴/۰۱/۰۶) و روزهای متوالی بارش (۲۰۱۲/۱۱/۱۹، ۲۰۱۲/۱۱/۲۰) و نمودار (۲۰۱۲/۱۲/۲۱، ۲۰۱۲/۱۲/۲۲) و روزهای با وقفه انجام شد. نمودار سری زمانی بارش مشاهده‌ای و ماهواره‌ای در مقیاس ساعتی در ایستگاه بوشیگان کازرون به ترتیب در شکل ۲، ۳، ۴ و ۵ رسم شد (به عنوان نمونه رفتار ساعتی ۴ وقوع بارش رسم شد). همانطور که در شکل ۲ دیده می‌شود نوسانات ساعتی بارش ایستگاهی و ماهواره‌ای مشابه می‌باشد. این نمودارها بیانگر الگوی مشابه بارش مشاهده‌ای و ماهواره‌ای می‌باشند. لذا با توجه به شکل ۲ می‌توان گفت که رفتار سری زمانی در مقیاس ساعتی نزدیک می‌باشند و با افزایش (کاهش) بارش ایستگاهی، بارش ماهواره‌ای افزایش (کاهش) می‌یابد. نکته دیگری که از نمودار قابل درک است این است که اغلب مدل CMORPH مقدار بارش را نزدیک‌تر به مقدار واقعی تخمین زده است. همچنین مقدار ضریب همبستگی پیرسون برای ایستگاه‌های باران‌سنجی در مقیاس ساعتی بین ۰/۰۴ تا ۰/۹۶۵ بود.

داده‌های بازسازی شده، خروجی‌های مدل PERSIANN و CMORPH برای داده‌های روزانه بارندگی برای ۲۸ وقوع بارش در سال‌های ۲۰۱۲، ۲۰۱۳، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ همچنین داده‌های واقعی بارندگی از ایستگاه هواشناسی بوشیگان کازرون (تنها ایستگاه ثابت در حوضه شاپور) در نرم‌افزار Sigmaplot استفاده شد. از آنجا که آزمون نرمال بودن برای داده‌ها نشان‌دهنده عدم تطابق آنها با توزیع نرمال بود، لذا با استفاده از آزمون پیرسون، همبستگی داده‌های بازسازی شده و خروجی‌های مدل با داده‌های ایستگاه به تفکیک بررسی گردید.

Table 4- The contingency table for frequency of occurrence or non-occurrence of significant precipitation (Wilcox, 2011)

جدول ۴- جدول توافقی فراوانی وقوع یا عدم وقوع بارندگی (Wilcox, 2011)

	GAUGE DATA	
	NO	YES
Satellite data	F	H
	N	M

در این جدول H تعداد پیش‌بینی‌های است که در هر دو روش مقدار بارندگی ثبت شده است، F تعداد پیش‌بینی‌هایی است که فقط ماهواره مورد نظر مقدار بارندگی را ثبت کرده است. مقدار M تعداد پیش‌بینی‌هایی است که علی‌رغم وقوع بارندگی در ایستگاه زمینی، مقدار آن در ماهواره مورد نظر ثبت نشده است، اما N تعداد نقاطی است که در هیچ یک از دو منبع مقدار بارندگی مشاهده نشده است. در این تحقیق از شاخص‌های مطابقت POD، FAR، CSI، TSS^۱ و روابط ۴، ۵، ۶ و ۷.

$$POD = \frac{H}{H+M} \quad (5)$$

$$FAR = \frac{F}{F+H} \quad (6)$$

$$CSI = \frac{H}{H+M+F} \quad (7)$$

$$TSS = \frac{N * H - F * M}{(N+F) * (M+H)} \quad (8)$$

شاخص POD نسبت تعداد پیش‌بینی‌های صحیح ماهواره مورد نظر به کل بارندگی‌های ثبت شده در ایستگاه‌ها است. اگر مقدار POD معادل یک باشد، بیانگر این است که ماهواره‌ی مورد نظر نقاط بارانی را به درستی تخمین زده است. شاخص FAR نسبت پیش‌بینی‌های نادرست به تعداد کل پیش‌بینی‌ها است که مقدار آن بین صفر و +۱ می‌باشد. هر چه کمتر باشد بیانگر دقت بیشتر ماهواره می‌باشد. شاخص CSI دقت نسبی ماهواره را تعیین می‌کند. این شاخص هم نسبت پیش‌بینی‌های نادرست و هم نسبت به رویدادهای از دست رفته حساس است. شاخص TSS یکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین شاخص‌های مطابقت است. اگر مقدار این شاخص برابر یک باشد، نشان‌دهنده مطابقت کامل مقادیر برآوردی با مقادیر مشاهده‌ای است. در این پژوهش دو مجموعه داده بارش با هم مقایسه و استفاده می‌شود: ۱- داده‌های ساعتی مشاهده شده در ۲۸ ایستگاه هواشناسی حوضه آبریز شاپور تهیه گردید. ۲- داده‌های ساعتی بارش ماهواره‌های PERSIANN و CMORPH از پایگاه سازمان فضایی آمریکا استخراج گردید. ۳- وقایع بارش روزانه سال آبی ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۶.

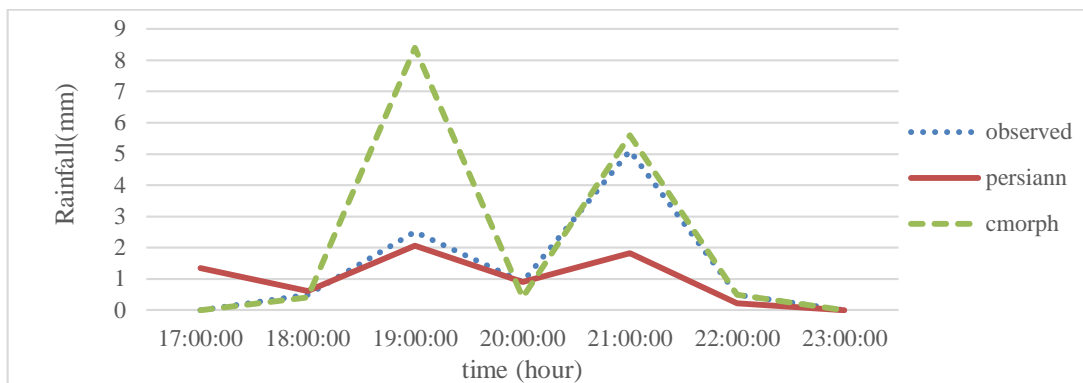


Fig. 2- Comparison of PERSIANN and CMORPH result against Boushigan gauge data (rainfall event 03/11/2013)

شکل ۲- مقایسه خروجی‌های مدل persiann و cmorph با داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه بوشیگان برای وقوع بارش ۹۲/۰۸/۱۲

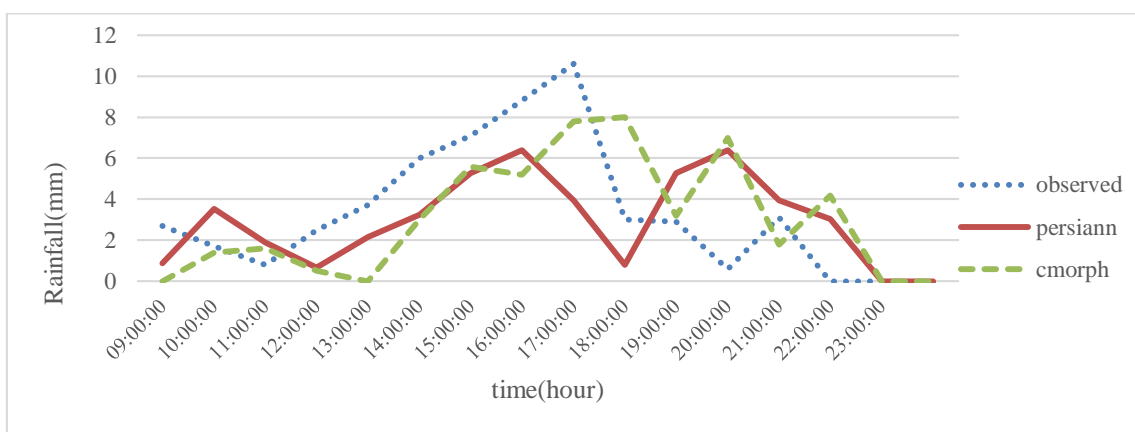


Fig. 3- Comparison of PERSIANN and CMORPH result against Boushigan gauge data (rainfall event 19/11/2013)

شکل ۳- مقایسه خروجی‌های مدل persiann و cmorph با داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه بوشیگان برای وقوع بارش ۹۲/۰۸/۲۸

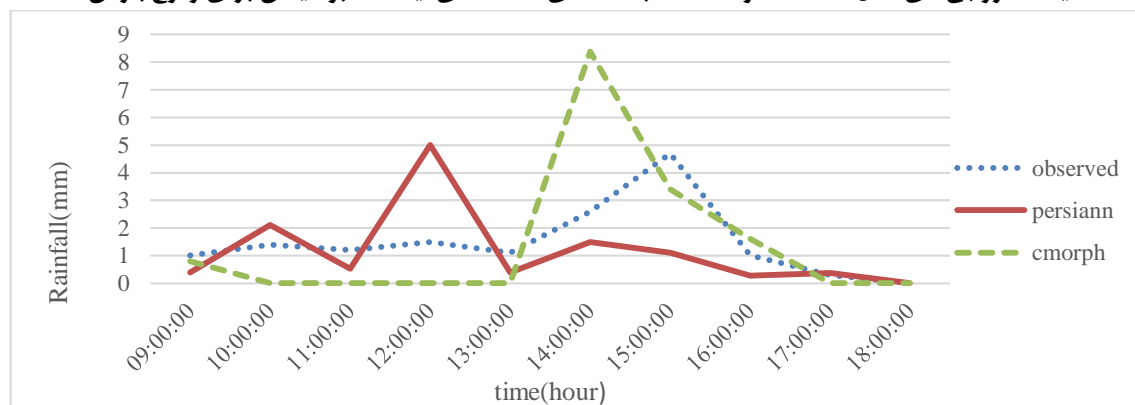


Fig. 4- Comparison of PERSIANN and CMORPH result against Boushigan gauge data (rainfall event 01/01/2014)

شکل ۴- مقایسه خروجی‌های مدل persiann و cmorph با داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه بوشیگان برای وقوع بارش ۹۲/۱۰/۱۱

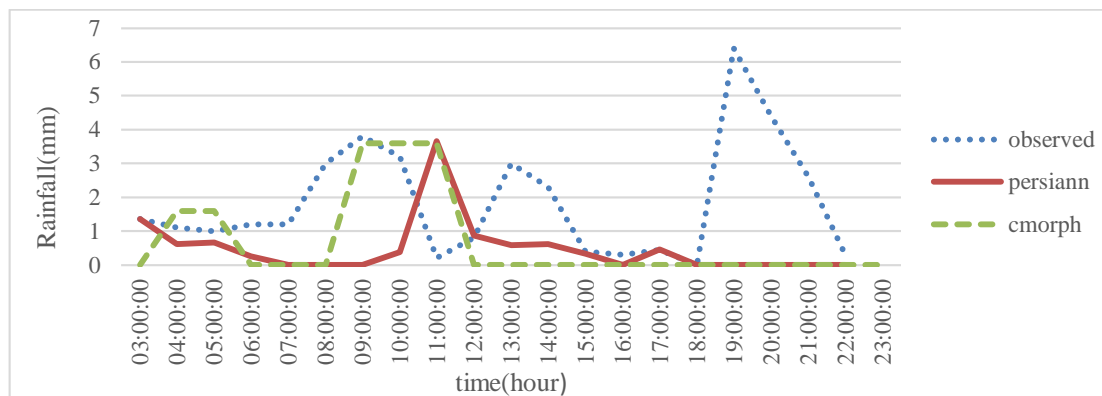


Fig. 5- Comparison of PERSIANN and CMORPH result against Boushigan gauge data (rainfall event 06/01/2014)

شکل ۵- مقایسه خروجی‌های مدل persiann و cmorph با داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه بوشیگان برای وقوع بارش ۹۲/۱۰/۱۶

Table 5- A comparison of observational data and PERSIANN and CMORPH model outputs (time scale: hourly) (*indicates significance among data)

جدول ۵- نتایج مقایسه داده‌های مشاهده‌ای و مدل‌های PERSIANN و CMORPH (مقیاس ساعتی) (* بیان کننده معنی‌داری بین داده‌ها می‌باشد)

Rainfall events	CMORPH		PERSIANN	
	Correlation Coefficient	p value	Correlation Coefficient	p value
24/10/2012	0.965	0.0000254*	0.613	0.079
19/11/2012	0.0714	0.785	0.172	0.507
26/11/2012	0.06	0.779	-0.365	0.07
21/12/2012	-0.309	0.355	-0.281	0.293
22/12/2012	0.882	0.00000608*	-0.143	0.558
24/12/2012	0.232	0.37	0.0462	0.817
29/01/2013	-0.505	0.0606	-0.342	0.129
03/11/2013	0.0779	0.744	-0.315	0.176
19/11/2013	0.58	0.102	0.138	0.723
01/01/2014	0.835	0.0002*	0.175	0.55
06/01/2014	0.784	0.0371*	0.713	0.0722
04/03/2014	No data	-	No data	-
02/04/2014	0.684	0.000165*	0.673	0.000227*
04/09/2014	No data	-	No data	-
31/10/2014	-0.121	0.565	0.11	0.6
22/11/2014	No data	-	No data	-
23/11/2014	-0.0281	0.894	0.157	0.454
25/11/2014	0.835	0.00000102*	0.708	0.0000748*
31/01/2015	0.482	0.0146*	No data	-
19/03/2015	-0.0673	0.75	-0.0841	0.692
20/03/2015	0.308	0.134	0.141	0.501
22/03/2015	0.0146	0.945	-0.239	0.25
06/05/2015	-0.0643	0.76	-0.0261	0.902
06/09/2015	-0.0599	0.776	-0.081	0.73
08/09/2015	0.628	0.0007*	0.267	0.197
22/10/2015	0.727	0.0000382*	0.268	0.194
06/11/2015	-0.0823	0.696	No data	-
23/12/2015	-0.0942	0.654	-0.2	0.339
Average	0.273392	0.5856	0.091521739	0.420628571

متفاوت است برای مثال (Romilly et al. 2011) که به بررسی عملکرد داده‌های ماهواره‌ای CMORPH در حوضه رودخانه اتیوپی پرداختند، دریافتند که بارش در زمستان دارای کم تخمینی و در تابستان دارای بیش تخمینی بوده است، (Liechti et al. 2012) در مقایسه داده‌های زمینی با داده‌های CMORPH و TRMM3B42 در آفریقا به این نتیجه رسیدند که CMORPH و TRMM هر دو بارش را بیشتر از مقدار مشاهداتی تخمین می‌زنند که عکس نتایج بدست آمده برای حوضه شاپور است. از جمله تحقیقات داخلی انجام شده می‌توان به (Javanmard et al. 2010) که به ارزیابی برآورد بارش TRMM-3B42 در سطح ایران پرداختند، اشاره کرد. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که محصول TRMM-3B42 حدود ۲۵٪ متوسط بارش سالانه کل کشور را (حدود ۱۷٪ میلی‌متر در روز) کمتر تخمین می‌زند. (Mianabadi et al. 2013) صحت‌سنجی مدل CMORPH در برآورد بارش شمال شرق ایران بررسی کردند. خروجی‌های مدل CMORPH نشان می‌دهد مقدار بارش تخمین زده شده توسط مدل CMORPH در بعضی از ایستگاه‌ها فرابرد و در برخی دیگر فرورآورد داشته است و هیچ الگوی خاصی در تخمین بارش توسط مدل در هیچ یک از مقیاس‌های زمانی دیده نمی‌شود. همچنین (Abdollahi et al. 2016) به ارزیابی داده‌های ماهواره‌ای CMORPH و TRMM 3B42RT V7 به منظور تخمین بارش در حوضه گرگانود پرداختند که نتایج نشان می‌دهد میزان بارش تخمینی برای تمامی فصول کم برآورد شده است.

برای ارزیابی دقت برآوردها در مقیاس ساعتی، از معیار RMSE نیز استفاده شد. کمترین میزان خطا مربوط به مدل CMORPH در تاریخ ۲۰۱۳/۱۱/۰۳ به میزان ۰/۵۹۸ می‌باشد. در بیشتر وقایع ثبت شده بوسیله مدل‌ها داده‌ها کمتر از مقادیر مشاهده شده برآورد شده است. به نظر می‌رسد یکی از دلایل اصلی اختلافات موجود، شبکه مدل CMORPH می‌باشد. با وجود فاصله ۰/۲۵ درجه‌ای بین نقاط شبکه که تقریباً برابر ۲۸ کیلومتر می‌باشد، احتمال آشکارسازی برخی از سیستم‌های همرفتی ضعیف بوده و لذا احتمال دارد که مدل نتواند بارش‌های سنگین را به خوبی برآورد کند. با توجه به این که این مدل بیشتر در گستره‌های پرباران دقت خوبی در برآورد بارش نشان داده است، لذا می‌توان گفت که در مناطق خشک و نیمه خشک به علت اینکه ابرها پس از تشکیل دوام زیادی نداشته و به سرعت از بین می‌روند، لذا سنجنده‌ها نمی‌توانند به خوبی دمای بالای ابر را روندیابی کنند که این مسأله می‌تواند باعث کاهش دقت آنها در تخمین بارش در این مناطق شود (Mianabadi et al., 2013).

نتایج آزمون پیرسون برای همبستگی داده‌های بارندگی ساعتی و روزانه نشان می‌دهد که با توجه به ضریب همبستگی بیشتر خروجی‌های مدل CMORPH با داده‌های واقعی ایستگاه نسبت به مدل PERSIANN، مدل تخمین بهتری برای داده‌های بارندگی ساعتی ارائه کرده است (جدول ۵). ضریب همبستگی خروجی مدل CMORPH با داده‌های ایستگاه در مقیاس ساعتی در تاریخ ۲۰۱۲/۱۱/۲۰ دارای بیشترین همبستگی معادل با ۰/۹۶۵ می‌باشد که این مقدار برای داده‌های مدل PERSIANN در تاریخ ۲۰۱۳/۰۴/۰۵ معادل با ۰/۷۱۳ می‌باشد (جدول ۵). نتایج همبستگی داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های مشاهده‌ای نشان می‌دهد که هم برای CMORPH و هم برای PERSIANN بیشترین همبستگی در مقیاس روزانه مربوط به مدل CMORPH معادل با ۰/۷۸ برای ایستگاه دشت ارژن در سال آبی ۲۰۱۱-۲۰۱۲ می‌باشد. بالاترین مقدار همبستگی داده‌های مشاهده‌ای و بارش مدل CMORPH به ترتیب به ایستگاه دشت ارژن ۰/۷۸ و ۰/۶۷ برای ایستگاه کازرون برای وقایع بارش سال آبی ۲۰۱۱-۲۰۱۲ و ۰/۵۹ برای ایستگاه چیتی برای وقایع بارش روزانه سال آبی ۲۰۱۳-۲۰۱۴ می‌باشد. پایین‌ترین مقدار همبستگی داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های مدل CMORPH معادل با ۰/۰۱، ۰/۰۲ و ۰/۰۵ به ترتیب برای ایستگاه پس قلات وقایع بارش روزانه سال آبی ۲۰۱۴-۲۰۱۵، برای ایستگاه چیتی و وقایع بارش روزانه سال آبی ۲۰۱۱-۲۰۱۲ و در نهایت برای ایستگاه پس قلات و وقایع بارش روزانه سال آبی ۲۰۱۳-۲۰۱۴ می‌باشد. همچنین برای وقایع بارش روزانه مدل PERSIANN بیشترین همبستگی برای سال آبی ۲۰۱۳-۲۰۱۴ ایستگاه چیتی معادل با ۰/۷۵ می‌باشد. ۰/۶۵ و ۰/۵۲ برای وقایع بارش روزانه سال آبی ۲۰۱۱-۲۰۱۲ به ترتیب مربوط به ایستگاه چیتی و کازرون می‌باشد. کمترین میزان همبستگی معادل با ۰/۰۱ برای وقایع بارش روزانه سال آبی ۲۰۱۴-۲۰۱۵ مربوط به ایستگاه دشت ارژن می‌باشد. نتایج روزانه نیز به کمتر بودن RMSE در PERSIANN اشاره دارند، کمترین میزان RMSE مربوط به ایستگاه چیتی برای مدل PERSIANN در سال آبی ۲۰۱۴-۲۰۱۵ معادل با ۴/۴۹ می‌باشد. همچنین کمترین میزان RMSE برای مدل CMORPH مربوط به ایستگاه کازرون برای سال آبی ۲۰۱۴-۲۰۱۵ معادل با ۵/۲۸ می‌باشد. بیشترین میزان RMSE برای مدل‌های CMORPH و PERSIANN به ترتیب ۳۶/۷۵ برای ایستگاه دشت ارژن برای سال آبی ۲۰۱۱-۲۰۱۲ و ۳۹/۱۶ برای ایستگاه کازرون در سال آبی ۲۰۱۲-۲۰۱۳ می‌باشد. آنچه که برای هر دو مدل یکسان است کاهش خطای RMSE برای وقایع بارش سال آبی ۲۰۱۴-۲۰۱۵ می‌باشد. بطور کلی دو مدل PERSIANN و CMORPH برای وقایع بارش مورد مطالعه در فصول مختلف دارای کم برآوردی می‌باشد در حالی که این مورد برای تحقیقات مختلف در سطح جهان و ایران

Table 6- Comparison of generated daily data by models PERSIANN and CMORPH for Boushigan station
جدول ۶ - مقایسه داده‌های روزانه و مدل‌های PERSIANN و CMORPH برای ایستگاه‌های مورد نظر

CMORPH								
Number of events	year	evaluation criteria	Boushigan	Pasgalat	Dasht Arjan	Chiti	Kazeroun	Average
35	2011-2012	RMSE	24.72	24.54	36.75	19.16	25.86	26.21
		Correlation Coefficient	0.41	0.31	0.78	0.02	0.67	0.44
		P Value	0.36	0.5	0.04	0.97	0.1	0.39
30	2012-2013	RMSE	29.41	24.79	33.14	33.38	35.65	31.27
		Correlation Coefficient	0.01	0.14	0.31	0.01	-0.13	0.07
		P Value	0.98	0.82	0.61	0.99	0.84	0.85
31	2013-2014	RMSE	11.1	11.45	12.9	8.35	9.56	10.67
		Correlation Coefficient	0.13	0.05	0.48	0.59	0.58	0.37
		P Value	0.75	0.89	0.2	0.1	0.1	0.41
28	2014-2015	RMSE	5.77	8.39	22.08	6.14	5.28	9.53
		Correlation Coefficient	0.51	-0.01	0.31	0.52	0.47	0.36
		P Value	0.24	0.99	0.5	0.23	0.29	0.45
32	2015-2016	RMSE	22.81	19.08	30.36	21.21	27.99	24.29
		Correlation Coefficient	0.46	0.43	0.25	0.57	0.41	0.42
		P Value	0.12	0.15	0.41	0.04	0.17	0.18
PERSIANN								
Number of events	year	evaluation criteria	Boushigan	Pasgalat	Dasht Arjan	Chiti	Kazeroun	Average
35	2011-2012	RMSE	26.61	21.65	28.23	17.37	20.2	22.81
		Correlation Coefficient	0.31	0.47	0.5	0.62	0.52	0.48
		P Value	0.49	0.29	0.25	0.14	0.23	0.28
30	2012-2013	RMSE	32.45	24.75	38.86	36.95	39.16	34.43
		Correlation Coefficient	0.19	0.28	-0.08	0.19	0.01	0.12
		P Value	0.76	0.65	0.9	0.76	0.99	0.81
31	2013-2014	RMSE	11.12	11.26	14.96	9.14	11.25	11.55
		Correlation Coefficient	0.05	0.18	0.29	0.75	0.4	0.34
		P Value	0.91	0.64	0.45	0.01	0.29	0.46
28	2014-2015	RMSE	4.86	10.45	13.68	4.49	5.21	7.74
		Correlation Coefficient	0.12	-0.21	-0.01	-0.08	0.51	0.07
		P Value	0.8	0.65	0.99	0.87	0.24	0.71
32	2015-2016	RMSE	23.14	20.14	30.09	23.57	27.77	24.94
		Correlation Coefficient	0.46	0.21	0.31	0.45	0.46	0.38
		P Value	0.12	0.49	0.31	0.12	0.11	0.23

و CMORPH با داده‌های مشاهده شده ایستگاه بوشیگان کازرون مقایسه شده است. با توجه به جدول ۷ بارش بیشتر از ۲۰ میلیمتر (>20) به عنوان بارش سنگین و بارش کمتر از ۷ میلیمتر به عنوان بارش سبک با توجه به نتایج آماری در نظر گرفته شده است. در مقیاس روزانه نتایج حاکی از آن است که داده‌های بارش ثبت شده توسط ماهواره‌ها در اکثر مواقع کم برآورد بوده که مدل persiann نسبت به مدل cmorph عملکرد بهتری داشته است اما به هر حال نمی‌توان نتایج را مطلوب و به عنوان جایگزینی برای داده‌های زمینی دانست.

شکل ۶ همبستگی داده‌های بارش دو مدل PERSIANN و CMORPH را در مقابل ایستگاه باران‌سنجی بوشیگان برای مقیاس روزانه نشان می‌دهد.

Table 7- Description of statistical parameters in Boushigan station (statistical description of SigmaPlot model, daily scale)

جدول ۷- شرح آماری داده‌های ثبت شده در ایستگاه هواشناسی بوشیگان (مقیاس روزانه، شرح آماری نتایج نرم‌افزار SigmaPlot)

Mean	Std Dev	Std. Error	C.I. of Mean	
19.768	15.37	2.4	4.851	
Max	Min	Median	25%	75%
62	3.8	14	6.7	29.4
Skewness	Kurtosis	Sum	Sum of Squares	
1.185	0.809	810.5	25471.17	

جدول ۷ شرح مختصری از ۲۸ رویداد بارش در مقیاس ساعتی با توجه به پارامترهای آماری می‌باشد. در این جدول نتایج مدل PERSIANN

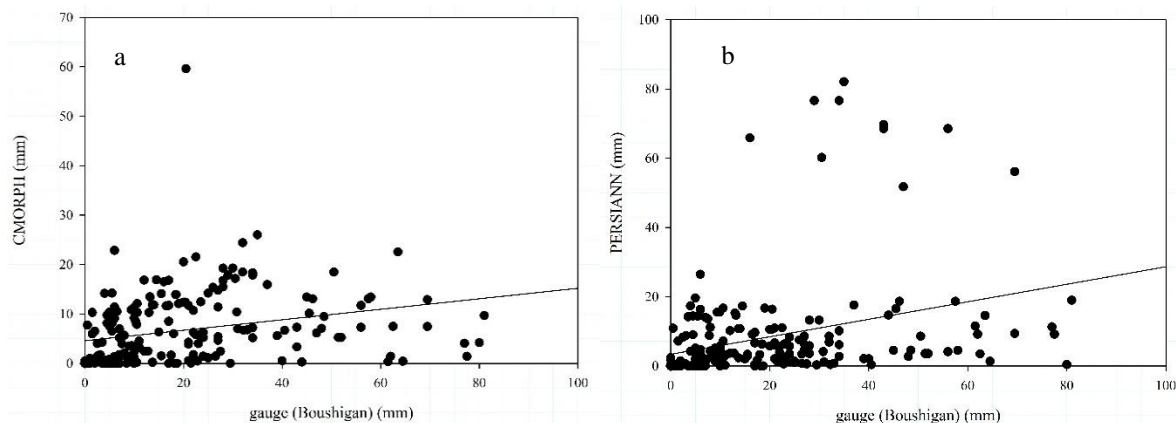


Fig. 6- Scatter plots showing the performance of the CMORPH (a) and PERSIANN (b) rain rate estimate compared to the ground Boushigan station in Shapoor watershed.

شکل ۶- نمودارهای a و b که به ترتیب عملکرد دو مدل Cmorph و Persiann را در مقابل ایستگاه باران سنجی بویشگان برای وقایع بارش روزانه ارزیابی می کند.

برای مدل PERSIANN با میانگین 0.38 برای کل حوضه و بازه 0.32 تا 0.59 بدست آمد، مدل CMORPH شاخص FAR را با میانگین 0.43 برای کل حوضه و بازه 0.37 تا 0.57 تخمین زده است. شاخص CSI برای مدل CMORPH معادل با 0.38 و مدل PERSIANN 0.41 می باشد. به منظور بررسی مطابقت داده های مشاهده ای و برآورد شده از شاخص TSS استفاده شد اگر این شاخص یک باشد به منزله مطابقت کامل داده های مشاهده ای و برآورد شده است که مدل CMORPH معادل با 0.19 و بازه 0.12 تا 0.25 می باشد در حالیکه نتیجه تخمین زده شده از مدل PERSIANN دارای میانگین 0.1 و بازه 0.03 تا 0.26 می باشد که در این شاخص مدل CMORPH عملکرد بهتری نسبت به مدل PERSIANN دارد. بطورکلی نتایج حاصله از شاخص های مورد مطالعه برای مدل های تخمین بارش نسبت به ایستگاه های باران سنجی نامطلوب بوده است.

با توجه به نمودار ترسیم شده مدل CMORPH عملکرد بهتری داشته است در حالیکه در مدل PERSIANN پراکندگی نقاط بیشتری دیده می شود.

همانطور که قبلاً تشریح شد، برای مشخص کردن محدودیت تشخیص بارش از طریق الگوریتم های بارش ماهواره ای چهار شاخص POD، FAR، CSI و TSS مورد بررسی قرار گرفت. در ایستگاه های مورد بررسی ماهواره ها به خوبی نتوانسته اند روزهای بارانی و غیربارانی را از هم تفکیک کنند. جدول ۸ مقادیر این چهار شاخص را برای ایستگاه های مورد مطالعه نشان می دهد. مدل CMORPH مقدار POD را بین 0.31 تا 0.43 در حالیکه مدل PERSIANN این شاخص را در بازه 0.48 تا 0.57 نشان می دهد، در نتیجه مدل PERSIANN در تخمین نقاط بارانی به طور نسبی عملکرد بهتری را داشته است. شاخص FAR که بیان کننده روزهای خشک می باشد

Table 8- Amounts of four studied indexes for satellite models
جدول ۸- مقادیر ۴ شاخص مورد مطالعه برای مدل های مورد نظر

station	POD	FAR	CSI	TSS	POD	FAR	CSI	TSS
Boushigan	0.39	0.37	0.32	0.20	0.53	0.37	0.44	0.03
psa ghalat	0.43	0.44	0.50	0.25	0.48	0.59	0.33	0.26
dashte Arjan	0.40	0.57	0.45	0.21	0.57	0.29	0.39	0.06
Chiti	0.39	0.40	0.33	0.12	0.54	0.32	0.41	0.04
kazeroun	0.31	0.37	0.29	0.15	0.53	0.35	0.47	0.10
Average	0.38	0.43	0.38	0.19	0.53	0.38	0.41	0.10

۴- نتیجه گیری

برآورد قابل اعتماد و کمی بارش یکی از ضروری ترین نیازها در مدیریت منابع آب است. با این حال، در بسیاری از نقاط جهان، به ویژه ایران کمبود زمانی و مکانی داده های بارش بسیار محسوس است. لذا، استفاده از اطلاعات ماهواره ای یکی از راهکارهای پیشرو است. هدف از مقاله حاضر، بررسی دقت اطلاعات مدل های بارش CMORPH و PERSIANN در مقیاس های روزانه و ساعتی بود. بدین منظور، از اطلاعات بارندگی ایستگاه های حوضه شاپور و اطراف برای ۲۸ وقوع بارش در مقیاس ساعتی و رویدادهای بارش روزانه سال های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۶ استفاده شد. نتایج مربوط به مقایسه عملکرد دو پایگاه بارش نشان می دهد که PERSIANN نسبت به CMORPH ضعیف تر عمل کرده است و میزان خطا RMSE مدل CMORPH در منطقه مورد مطالعه به طور میانگین برای ۲۸ وقوع بارش در مقیاس ساعتی کمتر برآورد گردیده است و همچنین نتایج روزانه بارش با توجه به نتایج این مقاله، مطلوب نبوده و استفاده از داده های ماهواره ای نمی تواند جایگزین خوبی برای بارش های مشاهداتی در مقیاس های زمانی ساعتی و روزانه باشد. در نهایت با بررسی ۴ شاخص FAR، CSI، POD و TSS و عملکرد مدل Persiann در تعیین روزها و ساعت های بارانی و غیر بارانی عملکرد مناسب تری را داشته است.

پی نوشت ها

1. Hits
2. False
3. Misses
4. Null
5. Probability of Detection
6. False Alarm Ratio
7. Critical Success Index
8. True Skill Statistic

۵- مراجع

- Chokngamwong R, Chiu L (2008) Thailand daily rainfall and comparison with TRMM products. *Journal of HydroGeomorphology* 9(2):256-266
- Cohen Liechti T, Matos J P, Boillat J L, Schleiss A J (2012) Comparison and evaluation of satellite derived precipitation products for hydrological modeling of the Zambezi River Basin. *Hydrology and Earth System Sciences* 16(2):489-500
- Ghazanfri Moqadam m, Alizadeh A, Mousavi Baygi M, Hosseini A F, Banayan aval M (2011) In order to compare interpolation methods used in forecasting models PERSIANN with daily rainfall data (Case study: Northern Khorasan). *Journal of Soil and Water (Agricultural Sciences and Technology)* 25(1):215-207 (In Persian)
- HejazyZadeh A, Alijani B, Ziaieian P, Karimi M, Rafati S (2012) Evaluation of satellite rainfall Mqadyrhasl 3B43 and comparison with Kriging interpolation technique. *GIS remote sensing of Iran* 4(3):64-49 (In persian)
- Hong Y D, Gochis J T, Cheng K L, Sorooshian S (2007) Evaluation of PERSIANN CCS rainfall measurement using the NAME event rain gauge network. *J. Hydrometeor* 8(3):469-482
- Javanmard S, Yatagai A, Nodzu M I, BodaghJamali J, Kawamoto H (2010) Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM_3B42 over Iran. *Adv. Geosci.* 25:119-125
- Joyce R, Janowiak J, Arkin Ph, Xie P (2004) CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *Journal of Hydrology* 5:487-503
- Kizza M, Westerberg I, Rodhe A, Ntale H K (2012) Estimating areal rainfall over Lake Victoria and its basin using ground-based and satellite data. *J. Hydrol* 464:401-411
- Liang S Li X, Wang J (2012) *Advanced remote sensing: terrestrial information extraction and applications*, Academic Press, 800p
- Marchi D C (2006) Probabilistic estimation of precipitation combining geostationary and TRMM satellite data, PhD. Thesis, Georgia Institute of Technology, 311p
- MianaBad A, Alizadeh A, Banayanaval M, Faridhosseini A (2013) Statistical evaluation of the model for estimating precipitation CMORPH North East of Iran (Case study: Northern Khorasan). *Journal of Soil and Water (AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)* 27(5):927-919 (In Persian)
- Abdollahi B, Hosseini-Moghari S M, Ebrahimi K (2016) Assessment of satellite precipitation data from TRMM 3B42RT V7 and CMORPH in order to estimate precipitation in Gorganrood Basin-Iran. *Iranian J. Iran-Watershed Management Science & Engineering* 36(11):55-68 (In Persian)
- Baranzadeh A, Behyar M, Abdini y (2011) Evaluation of satellite rainfall data from TRMM-3B43 compared to land-based data network is high resolution (APHRODITE) in Iran. *International Conference on Water Resources Applications preceding studies*, Zanjan University, 28-29 May, 112-120 (In Persian)

- province). *Journal of Water Resources Engineering* 4(2):38-29 (In Persian)
- Shirvani A, Fkharizadeh Shirazi A (2014) Comparison of the observed precipitation and TRMM satellite estimates in Fars province. *Journal of Agricultural Meteorology* 2(2):15-1 (In Persian)
- Sorooshian S, Gao X, Hsu K, Maddox R A, Hong Y, Gupta H V, Imam B (2002) Diurnal variability of tropical rainfall retrieved from combined GOES and TRMM satellite information. *J. Clim* 15(9):983–1001
- Sorooshian S, Hsu K, Gao X, Gupta H V, Imam B, Braithwaite D (2000) Evolution of the PERSIANN system satellite-based estimates of tropical rainfall. *Bull. Am. Meteorol. Soc* 81(9):2035–2046
- Tramblay Y, Thiemi V, Dezetter A, Hanich L (2016) Evaluation of satellite-based rainfall products for hydrological modelling in Morocco. *Hydrological Sciences Journal* 14(61):2509-2519
- Wilks D S (2011) *Statistical methods in the atmospheric sciences*. Vol. 100, Academic press, 704p
- Moazami S, Golian S, Hong Y, Sheng C, Kavianpour M R (2014) Comprehensive evaluation of four highresolution satellite precipitation products over diverse climate conditions in Iran. *Hydrol. Sci. J.* 61(2):420-440
- Moazami S, Golian S, Kavianpour M R, Hong Y (2013) Comparison of PERSIANN and V7 TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA) products with rain gauge data over Iran. *Int. J. Remote Sens* 34(22):8156-8171
- Motakan A S, Shakiba O S, Yazdani A (2007) Evaluation of different methods of interpolation to estimate daily rainfall (Case study: Fars). *GEOGRAPHY Land* 4(13):68-54 (In Persian)
- Romilly T G, Gebremichael M (2011) Evaluation of satellite rainfall estimates over Ethiopian river basins. *Hydrology and Earth System Sciences* 5(15):1505-1514
- Saghafian B, Razmkhah E, Cheshmeh Ghermez B (2011) Evaluation of regional precipitation changes using geostatistical methods (A Case Study of Fars