



برآورد بارندگی در حوضه جازموریان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و ایستگاه‌های زمینی

مجتبی سلیمانی ساردو^۱، مهدی سلیمانی مطلق^۲، زهره ابراهیمی خوسفی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۱۶

چکیده

در سالیان اخیر، فناوری سنجش از دور به عنوان ابزار مفیدی جهت برآورد میزان پدیده بارش و تغییرات زمانی- مکانی آن مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش جهت برآورد میزان کمی بارندگی در سطح حوضه جازموریان، مقایسه‌ای تطبیقی میان مقادیر مشاهداتی و داده‌های بارش TRMM، CHIRPS و PERSIANN-CDR در طی دوره ۲۰ ساله (۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷) انجام شده است. با این هدف، ابتدا میانگین بارش ۲۰ ساله در حوضه جازموریان با استفاده از روش تیسن در دوره آماری ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷ محاسبه شد. سپس داده‌های بارندگی سه پایگاه TRMM، CHIRPS و PERSIANN-CDR در مقیاس سالانه و در دوره زمانی مشابه در محیط Google Earth Engine مورد پردازش قرار گرفتند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که میانگین بارندگی ۲۰ ساله حوضه جازموریان بر اساس داده‌های ایستگاه‌های زمینی، به کمک روش تیسن حدود ۱۲۴ میلی‌متر است، در حالی که بر اساس داده‌های TRMM، CHIRPS و PERSIANN-CDR به ترتیب حدود ۱۳۹، ۹۹/۵ و ۱۵۴ میلی‌متر، تخمین زده شد. همچنین با توجه به الگوی تغییرات مکانی، از غرب به شرق حوضه از میزان بارش‌ها کم می‌شود، به طوری که کم‌ترین میزان بارندگی در مرکز و نواحی شرقی حوضه ثبت شده است. به طور کلی، تولیدات ماهواره TRMM-3B43V7 به دلیل داشتن همبستگی قوی تر ($r=0/88$) و میزان خطای پایین‌تر نسبت به دو ماهواره CHIRPS و PERSIANN-CDR، از عملکرد بهتری در برآورد بارش‌ها برخوردار بوده و می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی در مناطق فاقد داده یا با محدودیت شبکه ایستگاه‌های هواشناسی استفاده شود.

واژگان کلیدی: بارندگی، سنجش از دور، TRMM، جازموریان

مقدمه

پیش‌بینی سیلاب و کاهش بلايا حائز اهمیت فراوان است (Prakash et al., 2016; Sun et al., 2018). در بررسی‌های اقلیمی عموماً برآورد بارش با استفاده از ایستگاه‌های زمینی، به صورت نقطه‌ای انجام می‌شود که علیرغم اینکه از نظر اقتصادی هزینه‌بر است، بلکه تعمیم آن به یک منطقه به سبب تغییرات شدت بارندگی و تغییرپذیری فضایی- زمانی آن، امکان بروز اشتباه را نیز به همراه دارد (Shirvani and Fakharizadeh, 2014; Matkan et al., 2009; Chen et al., 2011). از این رو، با توجه به تغییرات فضایی و زمانی بارندگی‌ها و فقدان و تراکم محدود ایستگاه‌های زمینی، پیشرفت‌هایی در خصوص برآورد بارش‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور صورت گرفته است که از مهم‌ترین این داده‌ها می‌توان به داده‌های TRMM^۴، CHIRPS^۵ و PERSIANN-CDR^۶

باران یکی از پارامترهای مهم چرخه آب به شمار می‌رود که با ایجاد خشکسالی و سیل، خسارات زیادی را بر جای می‌گذارد (Upadhyaya and Ramsankaran, 2014). داده‌های دقیق بارندگی در پیش‌بینی‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت هواشناسی از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا که با اقدامات پیش‌گیرانه امکان کاهش خطرات طبیعی را ممکن‌پذیر نموده است (Zeng et al., 2018). در این رابطه، دسترسی به داده‌های قابل اعتماد بارندگی با وضوح زمانی- مکانی بالا به منظور پایش دقیق شدت بارندگی جهت

^۱ استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، ایران

(*نویسنده مسئول: mojtaba.soleimani@ujiroft.ac.ir)

DOI: 10.22125/agmj.2020.201168.1072

^۲ استادیار، گروه آموزشی مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی،

دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

^۳ استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده مهندسی منابع طبیعی،

دانشگاه جیرفت، ایران

4 The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

5 Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station Data

6 Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks-Climate Data Record

باشد. در همین رابطه تحقیقات دیگری نیز انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات (Almazroui, 2011), Henderson et al., (2017) و Fang et al., (2019) اشاره نمود. علاوه بر ماهواره TRMM، داده‌های PERSIANN-CDR نیز یکی دیگر از منابع اطلاعات بارندگی به شمار می‌روند که مورد توجه محققین بسیاری قرار گرفته‌اند. تولیدات PERSIANN-CDR حاوی داده‌های بارندگی روزانه (از ۶۰ درجه شمالی تا ۶۰ درجه جنوبی) با وضوح مکانی ۰/۲۵ درجه می‌باشند (Ashouri et al., 2015). Guo et al., (2016) رفتار مشابه داده‌های PERSIANN-CDR را با داده‌های زمینی در پایش الگوهای زمانی و مکانی وقوع خشکسالی‌ها در شرق چین گزارش نمودند. همچنین Sadeghi et al., (2019) در تحقیقات خود در مقیاس سیاره‌ای، با آنالیز همبستگی داده‌های PERSIANN-CDR و TRMM 3B42 V7، مطابقت بالایی میان آن‌ها در تخمین بارندگی روزانه گزارش نمودند. داده‌های CHIRPS نیز یکی دیگر از تولیدات بارندگی با وضوح بالا و پوشش شبه جهانی (۵۰°N-۵۰°S و ۱۸۰°E-۱۸۰°W) می‌باشند که برای اولین بار توسط گروه مخاطرات اقلیمی دانشگاه کالیفرنیا منتشر شدند (Funk et al., 2014). این داده‌ها به عنوان جایگزین مناسبی از اطلاعات بارندگی قلمداد شده‌اند (Katsanos et al., 2016). بررسی عملکرد تخمین بارندگی به کمک تولیدات CHIRPS در ایران نسبت به مشاهدات زمینی طی دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۰۴، نشان داد که این داده‌ها عمدتاً در ماه‌های همراه با بارندگی همرفتی و در نواحی پست سواحل جنوبی، بهترین عملکرد را نشان داده‌اند (Saeidizand et al., 2018). تحقیقات انجام شده در ایران در رابطه با تخمین میزان بارندگی در مقیاس حوضه آبریز، عموماً بر پایه روش‌های آماری و زمین‌آماری انجام شده است، درحالی که امروزه، بررسی بارندگی به کمک ابزارهای سنجش از دور، منجر به شناخت بهتر پدیده بارش و پارامترهای مؤثر در آن از بعد زمانی و مکانی و به ویژه در مناطق فاقد ایستگاه‌های زمینی می‌گردد. لذا با توجه به اهمیت حوضه آبریز جازموریان در جنوب شرق کشور و نیاز به اطلاعات بارندگی آن، در پژوهش حاضر سعی شده است تا ضمن برآورد میزان کمی بارندگی در سطح حوضه جازموریان، به ارزیابی تطبیقی مقادیر بارندگی برآورد شده با استفاده از داده‌های TRMM، CHIRPS و PERSIANN-CDR در قیاس با بارش اندازه‌گیری شده در

اشاره نمود. در خصوص کاربرد تکنولوژی سنجش از دور در برآوردهای اقلیمی مطالعات زیادی انجام شده است که از آن جمله، (Asgari et al., 2008) در بررسی اعتبارسنجی داده‌های بارش TRMM با داده‌های سینوپتیک برای آذرماه ۱۳۸۶، انطباق ۷۰ درصدی هیستوگرام فراوانی مقادیر بارش ماهواره TRMM را با مقادیر زمینی گزارش نمودند. همچنین، برآورد میزان بارش به کمک داده‌های ماهواره TRMM در حوزه مرزی غرب ایران، بیان‌گر ارتباط معنی‌داری با ضریب تبیین ۸۰-۶۰٪ بین داده‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های مشاهده‌ای در مقیاس ماهانه بوده است (Madadi et al., 2015). در مطالعه‌ای (Javanmard et al., 2018) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور به برآورد نوع و مقدار بارش‌های همرفتی و پوششی با استفاده از داده‌های TRMM در دوره (۲۰۱۰-۱۹۹۸) پرداختند و بیان داشتند که بیش‌ترین میزان بارش‌ها در شمال غرب ایران رخ داده و مناطق زاگرس و البرز مرکزی در اولویت دوم قرار گرفته و همچنین تخمین بارش‌ها در منطقه زابل بیش از حد انتظار بوده و در منطقه جنوب غرب ایران نیز تخمین مناسبی از برآورد بارش‌ها صورت نگرفته است. آنالیز زمانی- مکانی دقت داده‌های ماهواره‌ای TRMM به منظور برآورد شدت خشکسالی در ایران مرکزی، بیان‌گر انطباق بالای شدت خشکسالی برآورد شده با استفاده از داده‌های TRMM (همبستگی ۰/۹۴ و ۰/۷۱) با نقشه شدت خشکسالی حاصل از داده‌های بارش و رطوبت زمینی بوده است (Niazi et al., 2018). همچنین (Javanmard et al., 2010) بارش برآورد شده از داده‌های TRMM-3B42 را با داده‌های بارش زمینی طی دوره ۲۰۰۸-۱۹۹۸ در ایران مقایسه نمودند و تخمین دست‌پایینی از مقدار میانگین بارندگی سالانه در کل کشور، نواحی خزری و نواحی کوهستانی زاگرس، به ترتیب ۰/۱۷، ۰/۳۹ و ۰/۱۵ میلی‌متر در روز گزارش نمودند. نتایج ایشان بیان‌گر وجود ضریب همبستگی مکانی بارش سالانه در کل کشور، نواحی خزری و نواحی کوهستانی زاگرس، به ترتیب ۰/۷۷، ۰/۵۵ و ۰/۷۵ بوده است. در پژوهشی دیگر، (Ioannidou et al., 2016) با مقایسه داده‌های TRMM با داده‌های زمینی در جنوب یونان اظهار داشتند که تغییرات زمانی بالای بارش‌های همرفتی، امکان ایجاد خطاهای معنی‌داری در تخمین آریبی برآوردهای حاصل از تصاویر ماهواره‌ای نسبت به داده‌های راداری زمینی را در پی داشته

سازمان هواشناسی کشور و شرکت مدیریت منابع آب ایران گردآوری شده است (شکل ۱).

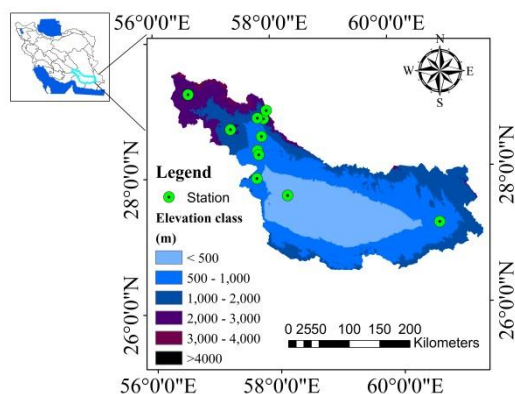


Figure 1- Geographical location of study area

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در پژوهش حاضر، ابتدا داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه‌های باران‌سنجی و سینوپتیک موجود در حوضه مورد بررسی قرار گرفتند. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ بیان شده‌است. سپس بارش میانگین ۲۰ ساله (۲۰۱۷-۱۹۹۸) در حوضه جازموریان با استفاده از رابطه گرادیان ارتفاع و بارندگی و روش تیسن برآورد شد.

ایستگاه‌های زمینی طی دوره ۲۰ ساله (۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷) مبادرت شود. تعیین دقیق میانگین بارندگی حوضه در مطالعات هیدرولوژیکی حوضه و بیلان آبی آن از اهمیت بالایی برخوردار بوده، به طوری که تحقیق حاضر در نوع خود به عنوان اولین بار در منطقه مزبور انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، منطقه مورد مطالعه، حوضه آبریز جازموریان (کد حوضه آبریز ۴۵) به مساحت حدود ۶۹۰۰۰ کیلومتر مربع است که در مختصات طول جغرافیایی ۵۶° و ۱۸' تا ۶۱° و ۲۵' شرقی و عرض جغرافیایی ۲۶° و ۳۵' تا ۲۹° و ۳۴' شمالی، در جنوب شرق ایران واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است که از مهم‌ترین نواحی جمعیتی آن می‌توان به شهرستان‌های بافت، جیرفت، کهنوج، ایران‌شهر، قلعه‌گنج، رودبار جنوب و فاریاب اشاره نمود. داده‌های ایستگاه‌های مشاهداتی مورد بررسی در تحقیق حاضر از پایگاه داده

Table 1- Geographical and meteorological characteristics of study stations and their climates based on Extended De Martonne classification

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و هواشناسی ایستگاه‌های مطالعاتی و اقلیم آن‌ها در طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن گسترش یافته

Station Name	20-year mean of Precipitation (mm)	Latitude (N)	Longitude (E)	Elevation (m)	Station type	Climate classification
Baft	225	29° 14'	56° 35'	2280	Synoptic	Semi-arid
Iranshahr	86	27° 12'	60° 42'	591	Synoptic	Arid
Kahnuj	156	27° 58'	57° 42'	469	Synoptic	Arid
Jiroft-Miandeh	140	28° 35'	57° 48'	639	Synoptic	Arid
Kohange Sheibani	142	28° 19'	57° 45'	546	Hydrometric	Arid
Tange sargaz	220	28° 42'	57° 17'	1902	Hydrometric	Semi-arid
Saghder	274	28° 51'	57° 52'	1708	Hydrometric	Semi-arid
Cheshmeh-Shah	131	29° 23'	57° 44'	566	Hydrometric	Arid
Droghoeieh	316	28° 58'	57° 54'	2266	Hydrometric	Semi-arid
Dehrod	206	28° 51'	57° 44'	1060	Hydrometric	Arid
Eslam-Abad	110	27° 42'	58° 12'	560	Climatology	Arid

از این رو، ضمن در نظر گرفتن مساحت هر ایستگاه و میانگین بارندگی ۲۰ ساله آن با استفاده از روش تیسن به تخمین بارندگی حوضه (H) با استفاده از معادله ۱ پرداخته می‌شود.

از این رو، ضمن در نظر گرفتن مساحت هر ایستگاه و میانگین بارندگی ۲۰ ساله آن با استفاده از روش تیسن به تخمین بارندگی حوضه (H) با استفاده از معادله ۱ پرداخته می‌شود.

$$H = \sum \frac{h \times a}{A} \quad (1)$$

که در آن، a مساحت اختصاص یافته به هر ایستگاه، A مساحت کل حوضه و h بارش اندازه‌گیری شده در هر ایستگاه می‌باشد. از سوی دیگر، بارش‌های برآورد شده به کمک داده‌های ماهانه TRMM-3B43V7، CHIRPS و

نتایج و بحث

برآورد میانگین بارندگی ۲۰ ساله با استفاده از داده‌های مشاهداتی

در این پژوهش، داده‌های بارندگی ۲۰ ساله ایستگاه‌های اسلام‌آباد، کهنوج، جیرفت، بافت، ایرانشهر، کهنک شیانی، تنگ سرگز، سفدر، چشمه‌شاه، دروغ‌کوه و دهرود مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به همبستگی مناسب میان ارتفاع و بارندگی، نقشه سطوح هم‌باران در حوضه جازموریان حاصل گردید (شکل ۲). توزیع مکانی بارندگی نشان داد که کم‌ترین میزان بارش مربوط به نواحی مرکزی و شرقی حوضه و بیش‌ترین مقدار آن مربوط به نواحی شمال و شمال غرب حوضه می‌باشد. همچنین، به منظور تعمیم اندازه‌گیری‌های مشاهداتی به سطح منطقه از تابع تیسسن استفاده شده است. به کمک این روش میزان بارندگی در کل حوضه با در نظر گرفتن سطح مؤثر مربوط به هر ایستگاه به دست آمده است (شکل ۳ و جدول ۲). همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد متوسط بارش میانگین ۲۰ ساله در حوضه جازموریان طی دوره مورد مطالعه حدود ۱۲۴ میلی‌متر برآورد شده است.

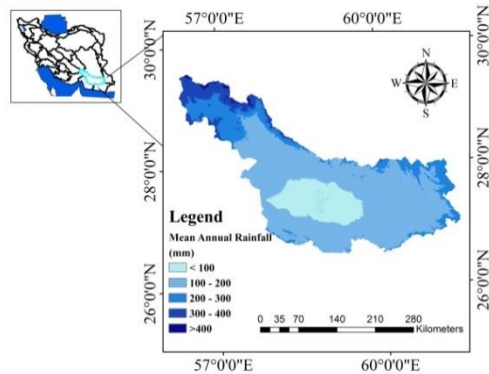


Figure 2- Isohyetal area of Jazmuriyan basin
شکل ۲- نقشه سطوح هم‌باران در حوضه جازموریان

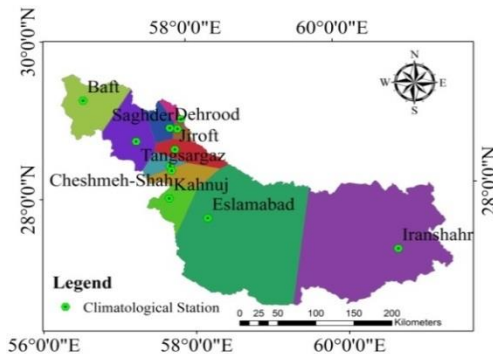


Figure 3- Thiessen polygons in study area
شکل ۳- پلیگون‌های تیسسن در محدوده مطالعاتی

مورد استفاده قرار گرفت. همچنین، داده‌های ماهواره‌ای CHIRPS نیز به منظور برآورد میزان بارندگی روزانه حوضه مدنظر قرار گرفتند (Funk et al., 2014; 2015). داده‌های CHIRPS از نظر مکانی قدرت تفکیک کم‌تری داشته که امکان تخمین تغییرات بارشی را به طور روزانه (میلی‌متر در روز) ممکن‌پذیر نموده است. علاوه بر داده‌های بالا، تولیدات ماهواره‌ای PERSIANN-CDR (Ashouri et al., 2015; Sorooshian et al., 2014) نیز به منظور برآورد بارندگی حوضه جازموریان مورد استفاده واقع شد که امکان تخمین بارش روزانه (میلی‌متر بر روز) را مهیا نموده‌اند. کلیه فرایندهای پردازش و بررسی تصاویر ماهواره‌ای در محیط Google Earth Engine انجام شد که یک سامانه متن‌باز و تحت وب است که امکان پردازش‌های طیفی را بر روی پدیده‌های مختلف سطح زمین مهیا نموده است (Ahrari, 2019). در این پژوهش، کلیه نقشه‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.3 تهیه شده است. به منظور ارزیابی مقادیر حاصل از تولیدات سنجش از دور، با مقادیر مشاهداتی در تعیین میزان بارندگی در نقاط فاقد داده و معرفی عملکرد آن‌ها، از از چهار معیار میانگین مربعات خطا^۱ (MSE)، مجذور میانگین مربعات خطا^۲ (RMSE)، شاخص خطا یا اریبی (Bias) و ضریب همبستگی^۳ (R) استفاده شد (معادله‌های ۲ تا ۵).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_o - Q_e)^2}{N} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_o - Q_e)^2}{N}} \quad (3)$$

$$Bias = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Q_o - Q_e| \quad (4)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_o - \bar{Q}_o)(Q_e - \bar{Q}_e)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_o - \bar{Q}_o)^2 \sum_{i=1}^N (Q_e - \bar{Q}_e)^2}} \quad (5)$$

که در آن N بیان‌گر تعداد سال‌های آماری، Q_o مقدار بارندگی سالانه حوضه بر اساس داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک، Q_e مقدار بارندگی سالانه حوضه بر اساس داده‌های ماهواره‌ای، \bar{Q}_e میانگین مقادیر بارندگی به دست آمده از داده‌های سینوپتیک و \bar{Q}_o میانگین مقادیر بارندگی به دست آمده از داده‌های ماهواره‌ای است.

¹ Mean Square Error

² Root Mean Square Error

³ Correlation Coefficient

بارندگی بر اساس داده‌های ماهواره‌ای مزبور نشان داد که میانگین بارندگی ۲۰ ساله در حوضه جازموریان به ترتیب بر اساس داده‌های ماهواره TRMM قریب ۱۳۹ میلی‌متر، و بر اساس برآوردهای ماهواره‌ای CHIRPS حدود ۹۹/۵ میلی‌متر و مطابق با داده‌های ماهواره PERSIANN-CDR حدود ۱۵۴ میلی‌متر برآورد شده است. همان‌طور که روند تغییرات بارندگی در مقیاس سالانه در شکل ۴ نشان داده شده است، تغییرات بارندگی ایستگاهی و ماهواره‌ای عمدتاً از روند مشابهی برخوردار بوده‌اند، به طوری که با افزایش و کاهش مقادیر بارش ایستگاهی، افزایش و کاهش بارش ماهواره‌ای در مقیاس سالانه مشاهده شد. با توجه به نتایج به دست آمده، مقادیر بارش تخمینی توسط ماهواره PERSIANN-CDR بیش از مقادیر بارش اندازه‌گیری شده به روش تیسن بوده و به عبارتی تخمینی دست بالایی را ارائه داد، در حالی که پیش‌بینی بارش حاصل از ماهواره CHIRPS عمدتاً تخمین دست پایینی را نسبت به مقادیر بارش سالانه ایستگاهی در مقیاس حوضه آبخیز ارائه داده است. مقایسه بین اندازه‌گیری‌های مشاهداتی در ایستگاه‌های زمینی و نتایج برآوردهای ماهواره‌ای نشان داد که نتایج برآورد داده‌های ماهواره TRMM تطابق بهتری را با نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های زمینی در دوره زمانی مورد مطالعه در پی داشته است.

Table 2-Effective area of stations using the Thiessen method

Station	Effective Precipitation (h×a/A)	Effective area (Km ²)	20-year mean of precipitation (mm)
Baft	15.6	4804	225
Iranshahr	31.5	25483	86
Kahnuj	4.9	2204	156
Jiroft-Miandeh	4.2	2105	140
Kohang	4.1	1984	142
Sheibani	4.1	1984	142
Tang sargaz	14.1	4440	220
Saghdar	1.8	462	274
Cheshme shah	1.9	996	131
Doroghgoiech	2.2	485	316
Dehrod	4.03	1361	206
Eslamabad	39.7	25092	110
Sum		69417	124

برآورد میانگین ۲۰ ساله بارندگی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای TRMM، CHIRPS و PERSIANN-CDR

پس از برش محدوده حوضه در تصاویر، جهت تخمین داده‌های بارندگی ماهانه ۲۰ ساله از ژانویه ۱۹۹۸ تا ژانویه ۲۰۱۸ تعداد ۲۴۸ تصویر TRMM مورد بررسی قرار گرفت و میزان بارش حسب میلی‌متر بر ساعت به دست آمد. همچنین ۷۳۰۵ تصویر از ماهواره CHIRPS و PERSIANN-CDR نیز مورد بررسی قرار گرفتند و میانگین بارش در هر سال به دست آمد. نتایج تخمین

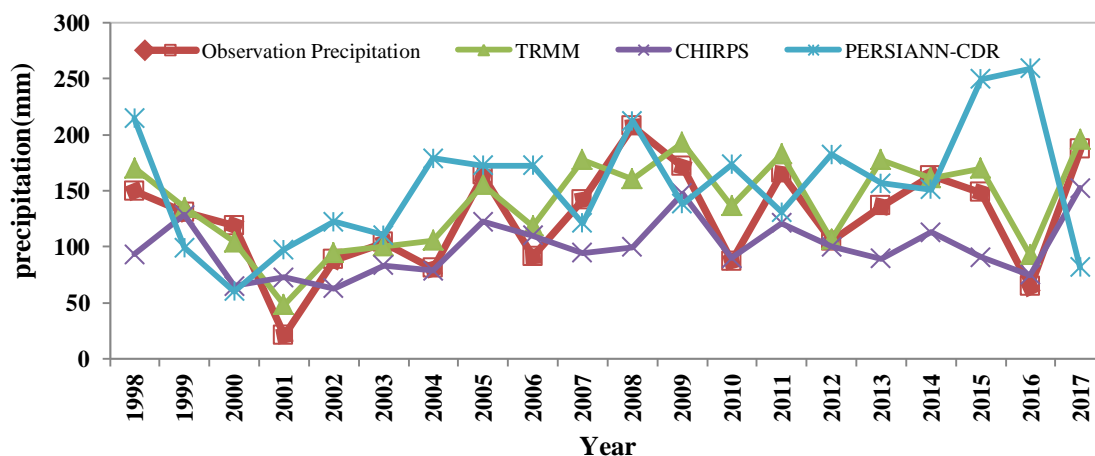


Figure 4- Annual rainfall time series over the Jazmuriyan basin using TRMM, PERSIANN-CDR, CHIRPS and observation dataset

شکل ۴- سری زمانی بارندگی سالانه در حوضه آبخیز جازموریان با استفاده از داده‌های TRMM، CHIRPS، PERSIANN-CDR و مشاهداتی

دلیل داشتن همبستگی قوی‌تر (۰/۸۸) و میزان خطا (RMSE) پایین‌تر، نسبت به دو ماهواره دیگر از درجه اعتبار بالاتری برخوردار بوده‌اند (جدول ۳). هر چه میزان

بررسی مقادیر بارندگی سالانه اندازه‌گیری شده به روش تیسن بر اساس داده‌های ایستگاه‌های زمینی و داده‌های ماهواره‌ای، نشان داد که داده‌های ماهواره‌ای TRMM به

که در نواحی شمالی و شمال غربی حوضه جازموریان که مرتفع تر بوده بارش‌های بیشتری مشاهده شد و با نزدیک شدن به نواحی پست جنوبی تر و مرکزی حوضه، از میزان بارش‌ها نیز کاسته می‌شود. همچنین به سبب ویژگی‌های جغرافیایی این ناحیه، تغییرات زمانی بارش‌ها نیز حائز اهمیت می‌باشد به طوری که بررسی پراکنش زمانی بارندگی‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان بارش‌ها در فصول زمستان و بهار رخ داده است. البته در تابستان نیز وقوع بارندگی‌هایی به ویژه در نواحی جنوبی و شرقی حوضه ثبت شده است که (Javanmard et al., 2018) این امر را به شکل‌گیری هسته‌های بارشی در شرق و جنوب شرق ایران در فصل گرم و انتقال جریان‌های رطوبتی از کشورهای همسایه شرقی و به سبب فعالیت جریان موسمی همراه با کم‌فشارگرایی از شرق و جنوب شرق ایران نسبت داده‌اند، که این امر در محدوده مطالعاتی نیز صادق بوده زیرا که جریان‌های موسمی در فصل تابستان به ویژه در نواحی جنوبی حوضه مشاهده می‌شوند که در برخی از سال‌ها بارش‌هایی را در پی داشته است، البته با گذر از فصل تابستان و تضعیف کم‌فشار گرمایی و اثرات موسمی، هسته‌های بارشی همرفتی در جنوب شرق نیز از بین رفته که منطقه مورد مطالعه نیز از تأثیرات آن مستثنی نیست. نتایج حاصل از بررسی تصاویر ماهواره‌ای در آشکارسازی بارندگی حوضه موفق بوده است، هر چند که تغییرات جزئی در تخمین‌ها مشاهده شده است. این تغییرات می‌تواند ناشی از عدم وجود ایستگاه‌های کافی در منطقه مورد مطالعه، فاصله زیاد بین ایستگاه‌های در نظر گرفته شده و یا تابع نوع تصاویر انتخاب شده باشد، به طوری که (Mianabadi et al., 2013) همپوشانی ابرها را به عنوان یکی از موارد خطا در الگوهای تخمین بارش توسط تصاویر ماهواره‌ای ذکر نموده‌اند که منجر به ایجاد خطای یاد شده در تخمین‌ها می‌گردد. (Katiraie-Boroujerdy et al., 2013) با مقایسه نتایج پیش‌بینی بارندگی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای CMORPH، adj-PERSIANN، PERSIANN و TRMM-3B42V6 در ایران، اظهار داشتند که تولیدات حاصل از adj-PERSIANN و TRMM-3B42V6 عملکرد بهتری را در تخمین بارندگی نشان داده است، در حالی که داده‌های حاصل از CMORPH پیش‌بینی ضعیفی را، به ویژه در مناطق زاگرسی در پی داشته است. در پژوهش حاضر نیز، تخمین بارندگی سالانه به کمک

RMSE کم‌تر باشد، اعتبار مقادیر حاصل از تخمین‌های ماهواره‌ای به جای داده‌های ایستگاه‌های زمینی بیش‌تر می‌باشد. شاخص اریبی (Bias)، یا مقایسه میانگین پیش‌بینی با میانگین مشاهدات، در واقع بیان‌گر نسبت برآوردهای صحیح به مشاهدات صحیح می‌باشد که در تخمین‌های TRMM، کم‌ترین مقدار را نشان داده و لذا به دلیل کارایی خوب داده‌های TRMM در تخمین میزان بارندگی منطقه مطالعاتی، این نوع داده‌ها به عنوان جایگزین مناسبی در مناطق فاقد داده و به ویژه مناطقی که با محدودیت شبکه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی مواجه هستند، پیشنهاد می‌شوند.

Table 3- Correlation analysis of rainfall estimation based on satellite data and observational data

جدول ۳- آنالیز همبستگی بین نتایج حاصل از تخمین بارندگی بر اساس داده‌های ماهواره‌ای و ایستگاه‌های مشاهداتی

	R	RMSE	MSE	Bias
P_TRMM	0.88	25.12	631.16	20.54
P_Chrips	0.66	43.52	1894.06	35.25
P_Persian	0.51	73.42	5390.45	57.52

نتایج برآورد میزان بارندگی با استفاده از داده‌های مشاهداتی بیان‌گر آن است که طی دوره زمانی ۲۰ ساله (۱۹۹۸-۲۰۱۷) در حوضه جازموریان، میانگین بارندگی حدود ۱۲۵ میلی‌متر برای کل حوضه به دست آمده است که با در نظر گرفتن نتایج حاصل از ارزیابی‌های سنجش از دور با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TRMM که تخمینی حدود ۱۳۹ میلی‌متر را در پی داشته، بیش‌ترین نزدیکی را نشان داده است. همچنین نتایج حاصل از داده‌های PERSIANN-CDR، برآورد دست بالایی قریب ۱۵۴ میلی‌متر را نشان داده است و بر اساس داده‌های ماهواره CHIRPS برآوردی ۹۹/۵ میلی‌متری برای میانگین بارندگی طی دوره زمانی مزبور منتج شده است. در این خصوص، نتایج تحقیقات (Asgari et al., 2008) و (Haji Mirrahimi and Feizizade 2008) نیز نشان‌دهنده وجود همبستگی نسبتاً بالا میان داده‌های زمینی و داده‌های ماهواره‌ای TRMM بوده است که عملکرد موفق‌تری را در برآورد بارندگی در کشور ایران نشان داده است. همچنین (Omidvar et al., 2013) و (Rasoli et al., 2016) انطباق نسبی داده‌های بارش TRMM را با مقادیر زمینی گزارش نمودند که مؤید نتایج این پژوهش می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان بارش‌ها در حوضه جازموریان با تغییرات ارتفاعی حوضه همبستگی معنی‌داری را نشان داده است، به طوری

اعظم حوضه مورد مطالعه را نواحی کم‌ارتفاع در برگرفته است، لذا پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی به نقش آن و تأثیر سایر عوامل توپوگرافی در عملکرد تخمین بارندگی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداخته شود.

نتیجه‌گیری

بارندگی به عنوان مهم‌ترین مؤلفه جوی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران به شمار رفته که برآورد آن به‌وسیله داده‌های ماهواره‌ای از پیشرفت‌های علم سنجش از دور قلمداد شده که کمک شایانی به مطالعات هواشناسی، هیدرولوژی و مدیریت منابع آب می‌نماید. واکاوی پیش‌بینی‌های ماهواره‌ای نشان داد که متوسط بارندگی درازمدت ۲۰ ساله (ژانویه ۱۹۹۸ تا ژانویه ۲۰۱۸) در حوضه جازموریان، براساس داده‌های ماهواره TRMM-3B43V7-TRMM حدود ۱۳۹ میلی‌متر، بر اساس داده‌های CHIRPS حدود ۹۹/۵ میلی‌متر و مطابق با داده‌های PERSIANN-CDR قریب ۱۵۴ میلی‌متر، تخمین زده شد که نشان‌دهنده محدودیت نزولات آسمانی در این ناحیه بوده و لذا لزوم مدیریت بهینه منابع آبی را در این منطقه اجتناب‌ناپذیر نموده است. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که نزدیک‌ترین برآورد به داده‌های ایستگاهی در ارتباط با داده‌های TRMM-3B43V7 بوده است که پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی با در نظر گرفتن تکثر ایستگاه‌های مشاهداتی در منطقه نسبت به برآورد در دوره‌های زمانی طولانی‌تر تحقیقات آتی انجام پذیرد. به طور کلی، با توجه به تغییرات زمانی - مکانی بارش و فقدان وجود ایستگاه‌های اندازه‌گیری در سطح حوضه جازموریان، استفاده از تولیدات بارندگی ماهواره TRMM به عنوان جایگزین مناسبی برای داده‌های زمینی پیشنهاد می‌شوند که با توجه به نتایج این پژوهش، تخمین قابل قبولی را ارائه داده است.

منابع

- Ahrari, A.H. Virtual satellite image processing engine. 2019. Kelid Amozesh publication. 242 pp. (In Farsi).
- Almazroui, M. 2011. Calibration of TRMM rainfall climatology over Saudi Arabia during 1998–2009. *Atmospheric Research*, 99(3–4): 400–414.
- Asgari, Gh., Porbagheri, M., Mobaraki, Z. 2008. Validation of Precipitation Data Obtained from TRMM Satellite Using Auto Meteorological

داده‌های TRMM همبستگی قوی‌تری را با داده‌های زمینی نسبت به نتایج PERSIANN نشان داده است که مؤید نتایج تحقیقات (Moazami et al., 2013) است. ایشان نیز تخمین بهتر نرخ بارش روزانه داده‌های TRMM-3B42V7 را نسبت به PERSIANN در بررسی‌های خود بر روی ۴۷ رخداد بارندگی طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ گزارش نمودند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که کم‌ترین میزان همبستگی با داده‌های ایستگاهی زمینی در تولیدات PERSIANN-CDR مشاهده شده است. در همین خصوص، (Katirai-Boroujerdy et al., 2017) با مقایسه داده‌های TRMM-3B42V7 و PERSIANN-CDR در تخمین بارندگی در مقیاس روزانه و سالانه در ایران، اظهار داشتند که نسبت سیگنال به نویز (SNR) از مقادیر کم‌تری در مناطق خشک ایران و نواحی جنوب شرقی، برخوردار بوده است. همچنین، در مطالعات ایشان، تولیدات هر دو ماهواره، ضریب همبستگی بالاتر و RMSE پایین‌تری را برای میانگین سالانه دوره‌های متوالی خشک نسبت به دوره‌های متوالی مرطوب نشان داده و TRMM-3B42V7 امکان ثبت بهتر تعداد روزهای مرطوب را نسبت به PERSIANN-CDR در پی داشته است. نتایج آزمون همبستگی، نشان داد که پس از TRMM، داده‌های CHIRPS تخمین بهتری نسبت به پیش‌بینی بارندگی‌ها در مقیاس سالانه از خود نشان داده‌اند، که (Saeidizand et al., 2018) در ارزیابی عملکرد تولیدات CHIRPS نسبت به داده‌های زمینی در ایران، بهترین عملکرد را در ماه‌های وقوع بارش همرفتی و به ویژه در نواحی کم ارتفاع ساحلی بیان نمودند و عامل ارتفاع را به عنوان عاملی کلیدی در تغییرات ضریب همبستگی در نظر گرفتند، به طوری که بیش‌ترین میزان همبستگی در نواحی ساحلی شمالی و جنوبی، مناطقی که آب‌های سطحی رطوبت بیش‌تری را به جو وارد می‌کنند، به دست آمده است. در همین خصوص، از آن جا که بخش

Stations. Geomatics Conference, Tehran. (In Farsi)

- Ashouri, H., Hsu, K., Sorooshian, S., Braithwaite, D.K., Knapp, K.R., Cecil, L.D., Nelson, B.R., Prat, O.P. 2015. PERSIANN-CDR: Daily Precipitation Climate Data Record from Multi-Satellite Observations for Hydrological and Climate Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96: 69–83.

- Chen, C., Yu, Z., li, l., yang, C. 2011. Adaptability Evaluation of TRMM Satellite Rainfall and Its Application in the Dongjiang River Basin, *Procedia Environmental Sciences*, 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011), 10: 396-402.
- Fang, J., Yang, W., Luan, Y., Du, J., Lin, A., Zhao, L. 2019. Evaluation of the TRMM 3B42 and GPM IMERG products for extreme precipitation analysis over China. *Atmospheric Research*, 223: 24-38.
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, Sh., Husak, G., Rowland J., Harrison, L., Hoell, A., Michaelsen, J. 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data* 2, 150066. doi:10.1038/sdata.2015.66
- Funk, C.C., Peterson, P.J., Landsfeld, M.F., Pedreros, D.H., Verdin, J.P., Rowland, J.D., Romero, B.E., Husak, G.J., Michaelsen, J.C., Verdin, A.P. and Pedreros, P. 2014. A quasi-global precipitation time series for drought monitoring. *US Geological Survey Data Series* 832.
- Guo, H., Bao, A., Liu, T., Chen, Ch., Ndayisaba, F. 2016. Evaluation of PERSIANN-CDR for Meteorological Drought Monitoring over China. *Remote Sensing*. 8(5), 379, <https://doi.org/10.3390/rs8050379>
- Haji Mirrahimi, M., Feizizade, B. 2008. Accuracy of ground radar and TRMM data in precipitation estimation. *Geomatics Conference*, Tehran. (In Farsi)
- Henderson, D. S., C. D. Kummerow, D. A. Marks, and W. Berg, 2017. A regime-based evaluation of TRMM oceanic precipitation biases. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 34(12): 2613–2635.
- Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Nelkin, E.J., Wolff, D. B., Adler, R. F., Gu, G., Hong, Y., Bowman K.P., Stocker, E.F. 2007. The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis: Quasi-Global, Multi-Year, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scale. *Journal of Hydrometeorology*, 8 (1): 38-55.
- Ioannidou, M. P., Kalogiros, J. A., Stavrakis, A. K. 2016. Comparison of the TRMM Precipitation Radar rainfall estimation with ground-based disdrometer and radar measurements in South Greece. *Atmospheric Research*, 181: 172–185.
- Javanmard, S., Tajbakhsh, S., Badagh Jamali, J. 2018. The estimation of type and amount rainfall using remote sensing techniques. 18th Iranian Geophysical Conference, 335-339. (In Farsi)
- Javanmard, S., Yatagai, A., Nodzu, M.I., Bodagh - Jamali, J., Kawamoto, H. 2010. Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM 3B42 over Iran. *Advances in Geosciences*, 25: 119-125.
- Katiraie-Boroujerdy, P.S., Akbari Asanjan, A., Hsu, K-l., Sorooshian, S. 2017. Inter-comparison of PERSIANN-CDR and TRMM-3B42V7 precipitation estimates at monthly and daily time scales. *Atmospheric Research*. doi:10.1016/j.atmosres.2017.04.005.
- Katiraie-Boroujerdy, P-S., Nasrollahi, N., Hsu, K-l., Sorooshian, S. 2013. Evaluation of satellite-based precipitation estimation over Iran. *Journal of Arid Environments*, 97: 205-219.
- Katsanos, D., Retalis, A., Michaelides, S. 2016. Validation of a high-resolution precipitation database (CHIRPS) over Cyprus for a 30-year period. *Atmospheric Research*, 169, 459–464. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.05.015>.
- Madadi, Gh., Hamze, S., Noruzi, A.K. 2015. Precipitation Estimation Using TRMM Satellite Data. *National Congress of Irrigation and Drainage*. (In Farsi)
- Matkan, A.A., Shakiba, A.R., Ashorlo, D., Badagh Jamali, J., Mohamadian, V. 2009. Ability of combined infrared and microwave passive remote sensing data and estimation of rainfall and flood monitoring. *Iranian remote sensing and GIS*, 1(2): 31-44. (In Farsi)
- Mianabadi, A., Alizade, A., Sanaeinejad, H., Banayan, M., Faridhosseini, A.R. 2013. The statistic assessment of CMORPH model output for precipitation estimation over the northeast of Iran (Case study: north Khurasan province). *Journal of water and soil*, 27(5): 919-927. (In Farsi)
- Moazami, S., Golian, S., Kavianpour, M.R., Hong, Y., 2013. Comparison of PERSIANN and V7 TRMM multi-satellite precipitation analysis (TMPA) products with rain gauge data over Iran. *International Journal of Remote Sensing* 34(22): 8156-8171. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2013.833360>.
- Niazi, Y., Talebi, A., Mokhtari, M.H., Vazifedost, M. 2018. Spatio-Temporal Analysis of the Accuracy of TRMM Satellite Data to Estimate the Severity of a Drought Based on Precipitation in Central Iran. *Physical Geography Research*, 50(1): 69-85. (In Farsi)
- Omidvar, K., Fenodi, M., Banivaheb, A.R. 2013. Investigation of TRMM Satellite Rainfall data with Groundwater Stations Case Study: Synoptic Stations of Khorasan Razavi Province. *First National Meteorological Conference*, Kerman. (In Farsi)
- Prakash, S., Mitra, A. K., Pai, D.S., AghaKouchak, Ar. 2016. From TRMM to GPM: How well can heavy rainfall be detected from space?. *Advances in Water Resource*, 88: 1-7.

- Rasoli, A.K., Erfanian, M., Sari saraf, B., Javan, Kh. 2016. Comparative evaluation of estimated TRMM rainfall values and recorded precipitation of ground stations in Lake Urmia Basin. *Geographic Space*, 16(540): 195-217. (In Farsi)
- Sadeghi, M., Akbari Asanjan, A., Faridzad, M., Afzali Gorooh, V., Nguyen, P., Hsu, K., Sorooshian, S., Braithwaite, D. 2019. Evaluation of PERSIANN-CDR Constructed Using GPCP V2.2 and V2.3 and A Comparison with TRMM 3B42 V7 and CPC Unified Gauge-Based Analysis in Global Scale. *Remote Sensing*, 11(23): 2755.
- Saeidizand, R., Sabet-ghadam, S., Tarnavsky, E., Pierleoni, A. 2018. Evaluation of CHIRPS rainfall estimates over Iran. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*: 1-10. <https://doi.org/10.1002/qj.3342>.
- Shirvani, A., Fakharizade, E. 2014. Comparison of ground based observation of precipitation with TRMM satellite estimations in Fars Province. *Journal of Agricultural Meteorology*, 2(2): 1-15. (In Farsi)
- Sorooshian, S., Hsu, K., Braithwaite, D., Ashouri, H. 2014. NOAA Climate Data Record (CDR) of Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks (PERSIANN-CDR), Version 1 Revision 1. Doi:10.7289/V51V5BWQ.
- Sun, Q., Miao, C., Duan, Q., Ashouri, H., Sorooshian, S., Hsu, K. 2018. A Review of Global Precipitation Data Sets: Data Sources, Estimation, and Inter-comparisons. *Reviews of Geophysics*, 56(1): 79-107.
- Tao, W-K., Lang, S., Olson, W. S., Meneghini, R., Yang, S., Simpson, J., Kummerow, C., Smith E., Halverson, J. 2001. Retrieved Vertical Profiles of Latent Heat Release Using TRMM Rainfall Products for February 1988. *Journal of applied Meteorology*, 40 (6): 957-982.
- Upadhyaya, S., Ramsankaran, R. 2014. Review of Satellite Remote Sensing Data Based Rainfall Estimation Methods. *Proceedings of Hydro 2013 International*, Iit Madras, India. 1-15.
- Zeng, Q., Wang, Y., Chen, L., Wang, Z., Zhu, H., Li, B. 2018. Inter-Comparison and Evaluation of Remote Sensing Precipitation Products over China from 2005 to 2013. *Remote Sensing*, 10(2): 168.



Evaluating precipitation estimates over Jazmurian Basin using satellite images and ground-based observations

M. Soleimani-Sardo^{1*}, M. Soleimani Motlagh², Z. Ebrahimi Khusfi³

Received: 04/06/2019

Accepted: 06/01/2020

Abstract

In recent years, remote sensing technology has been considered as a useful tool to estimation of precipitation and its spatial-temporal variations. The current study aims to estimate the amount of annual precipitation in the Jazmurian basin using remote sensing and ground-based observed data. For this purpose, the mean annual precipitation of the study region for the period of 1998 to 2017 was calculated by Thiessen method. Besides, the CHIRPS, PERSIANN-CDR and TRMM satellite products for the same period, were processed using Google Earth Engine. The results showed that based on ground observed data, the mean annual precipitation (1998-2017) of the Jazmurian basin is approximately 124 mm. The corresponding values of TRMM, CHIRPS and PERSIANN-CDR annual precipitation products, were approximately 139, 99.5 and 154 respectively. The spatial pattern of precipitation revealed that the amount of precipitation decreased from the west to the east of the basin and the lowest precipitation values are observed in central and eastern regions of Jazmurian basin. In general, TRMM provided more reliable estimations (correlation coefficient = 0.88 and lowest RMSE), therefore it can be considered as an alternative for observed data especially in areas where weather stations are limited and sparse.

Keywords: Remote Sensing, Precipitation, TRMM, interpolation, Iran



¹ Assistant Professor, Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran

(*Corresponding Author Email Address: mojtaba.soleimani@ujiroft.ac.ir.com)

DOI: [10.22125/agmj.2020.201168.1072](https://doi.org/10.22125/agmj.2020.201168.1072)

² Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

³ Assistant Professor, Department of Natural Science, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran