

بررسی تعیین مناطق مناسب جهت پایش خشکسالی با استفاده از داده‌های ماهواره TRMM (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)

هادی غفوریان^{۱*} - سیدحسین ثنائی نژاد^۲ - کامران داوری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۳۰

چکیده

اکثر سیستم‌های ارزیابی خشکسالی عمدتاً بر مبنای داده‌های بارش استوارند. اما کوتاه بودن دوره آماری بسیاری از داده‌ها، تراکم ناکافی ایستگاه‌ها و کیفیت نامطلوب داده‌های شبکه‌های سنجش بارش، توانایی نشان دادن الگوی مکانی خشکسالی را کاهش می‌دهد. بنابراین لازم است منابع داده اقلیمی، که بتوانند این نقیصه‌ها را مرتفع سازند، شناسایی نموده و پس از ارزیابی، به عنوان مکمل یا جایگزین مورد استفاده قرار گیرند. بر همین اساس در این پژوهش برای پایش خشکسالی در استان خراسان رضوی، با کمک داده‌های ۱۰ ایستگاه سینوپتیک و ۱۰۷ ایستگاه باران‌سنجی واقع در این استان، اقدام به ارزیابی داده‌های ماهانه ماهواره TRMM (3B43) گردید. محاسبات پایش خشکسالی به کمک شاخص SPI و برای مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماهه در دوره آماری ۱۳ ساله (۲۰۱۰-۱۹۹۸ میلادی) انجام پذیرفت. ارزیابی داده‌های ماهانه ماهواره با کمک شاخص‌های CSI و R2 انجام شد. نتایج نشان داد غیر مقیاس‌زمانی ۱ ماهه، سازگاری بسیار خوبی بین داده‌های ماهانه ماهواره و ایستگاه‌های زمینی وجود دارد. میزان مطابقت، در تمامی مقیاس‌های زمانی در بیشتر مناطق استان بیش از ۵۰ درصد بدست آمد. بر اساس نتایج بدست آمده، برای دستیابی به دقت بیش از ۶۰ درصد در استفاده از داده‌های ماهواره TRMM برای مناطق مختلف استان در مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماهه، باید به صورت زیر برای پایش خشکسالی استفاده شود: ۱ ماهه فقط برای مناطق شمالی، ۳ ماهه برای تمامی مناطق غیر از بخش شرقی، ۶ ماهه برای تمامی مناطق غیر از بخش شمالی و ۱۲ ماهه برای تمامی مناطق غیر از بخش شمالی و قسمتی از مرکز استان.

واژه‌های کلیدی: پایش خشکسالی، ماهواره TRMM، SPI، استان خراسان رضوی، CSI

مقدمه

خشکسالی عمدتاً بر مبنای داده‌های هواشناسی استوار است. این سیستم‌ها به عنوان مرحله نخست در ارزیابی خشکسالی نقش ارزشمندی را ایفا می‌کنند (۳).

پیشرفت‌های اخیر فناوری‌های سنجش از دور، پتانسیل جدیدی برای برآورد بهتر و دقیق‌تر بارندگی در نواحی که اندازه‌گیری‌ها و دیدبانی‌های زمینی محدود هستند، ایجاد کرده است. با توجه به اینکه تحلیل خشکسالی با کمک این روش، مستلزم وجود تصاویر قوی و ابزارهای تفسیر کننده است و تهیه آن همواره با مشکلات خاصی روبرو می‌باشد، در کشورهای در حال توسعه، رشد چندانی نیافته است. با این حال استفاده از منابع سنجش از دوری که بتوانند به صورت عددی مقادیر داده‌های هواشناسی مانند بارندگی را ارائه دهند باید بیش از پیش مورد استفاده قرار گیرند. از جمله این ماهواره‌ها می‌توان به ماهواره TRMM^۴ اشاره نمود.

خشکسالی یکی از پدیده‌های آب و هوایی است که در همه شرایط اقلیمی و در همه مناطق کره زمین به وقوع می‌پیوندد. اما اثرات و فراوانی آن در رژیم‌های خشک و نیمه خشک بیشتر نمایان می‌شود (۱۰). پایش خشکسالی یکی از عوامل مهم و کلیدی در مدیریت خشکسالی، به ویژه در مناطق مستعد و در معرض خطر خشکسالی است. هدف کلی پایش خشکسالی، تهیه و تامین اطلاعاتی است که مردم و سازمانهای مسئول در جهت انجام فعالیت‌هایی که باعث افزایش ضریب اطمینان برنامه ریزی‌ها و کاهش خسارت‌های ناشی از خشکسالی می‌شوند را تشویق کند. اکثر سیستم‌های پایش

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسئول: (Email: hadi.gfourian@gmail.com)

ژنگ و همکاران (۲۳) از داده‌های سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ میلادی (دوره آماری ۱۲ ساله) استفاده نموده و برای مقیاس‌های زمانی ۱ و ۳ ماهه، شاخص SPI را برای ایستگاه‌های بالادست تا پایین دست یک حوزه آبریز وسیع (دارای ناهمگنی جغرافیایی، اقلیمی و ایستگاهی) و داده‌های ماهواره TRMM (پیکسل‌های موجود در منطقه مطالعاتی) محاسبه کردند و با استفاده از آزمون‌های آماری انطباق بیش از ۶۰ درصد کل مقایسات صورت گرفته را تأیید نمودند. دو خشکسالی شدید به وقوع پیوسته در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۹ میلادی در بخشی از چین با کمک داده‌های ماهواره TRMM تشخیص داده شد. در نهایت ایشان نتیجه گرفتند که داده ماهانه ماهواره TRMM پتانسیل پایش خشکسالی را در مناطق با داده‌های پراکنده دارد (۲۳).

با توجه به اهمیت خشکسالی، هنوز نیاز به مطالعات بیشتر در رابطه با خشکسالی در مناطق مختلف کشور احساس می‌گردد. از طرفی پایش خشکسالی و پی بردن به الگوی بارش فصول خشک در زمان و مکان برای مواجه شدن با شرایط خشکسالی امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. برای محاسبات مربوط به تعیین خشکسالی نیازمند اندازه گیری متغیرهایی است که مهمترین آن‌ها بارش می باشد. این درحالیست که پراکندگی ایستگاه‌ها در اکثر مناطق مناسب نیست. علاوه بر این کوتاهی دوره آماری بسیاری از ایستگاه‌ها، مطالعات منابع آبی و اقلیمی را با مشکل مواجه نموده است، از این رو لازم است منابع داده اقلیمی، که بتوانند این نقیصه‌ها را مرتفع سازند، ارزیابی نموده و مورد استفاده قرار گیرند. بر همین اساس در این تحقیق از داده‌های ماهانه ماهواره TRMM برای پایش خشکسالی در استان خراسان رضوی استفاده گردیده و دقت داده‌های آن برای تحلیل زمانی و مکانی پایش خشکسالی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

خراسان رضوی یکی از استان‌های خراسان در شمال شرقی ایران است که از شمال با ترکمنستان و استان خراسان شمالی، از غرب با استان سمنان، از جنوب با استان خراسان جنوبی و از شرق با افغانستان همسایه است. مساحت این استان ۱۱۸۸۵۱ کیلومتر مربع بوده که از این نظر پنجمین استان بزرگ کشور است (۶). استان خراسان رضوی بین ۳۳ تا ۳۷ درجه عرض شمالی و ۵۶ تا ۶۱ درجه طول شرقی قرار گرفته است. این استان دارای اقلیم خشک و نیمه خشک بوده (۹) و دارای ۲۷ شهرستان و به مرکزیت مشهد می‌باشد (۶). بلندترین نقطه استان کوه بینالود با ارتفاع ۳۳۰۵ متر از سطح دریاست و پست‌ترین نقطه آن شمال سرخس در حاشیه مرز ایران و ترکمنستان با ارتفاع ۲۳۳ متر از سطح دریا می‌باشد.

بارانی‌زاده و همکاران (۱) داده‌های 3B43 ماهواره TRMM را با داده‌های بارش شبکه بندی شده زمینی پروژه گردآوری داده‌های مشاهداتی بارش با قدرت تفکیک بالا در بازه زمانی ۲۰۰۷-۲۰۰۰ ارزیابی کردند. ایشان نتیجه گرفتند ضرایب همبستگی در برآورد بارش میانگین زمستان به عنوان پر بارش‌ترین فصل سال ۰/۸۳ و در فصل بهار ۰/۸۶ و در فصل پاییز ۰/۸۳ در کل کشور است. در نهایت اعلام نمودند به طور کلی داده‌های ماهانه ماهواره TRMM عملکرد موفقی در پایش باران در کشور ایران را نشان می‌دهند.

سروشیان و همکاران (۲۰) در دوره زمانی آگوست ۱۹۹۸ تا می ۱۹۹۹ با استفاده از سیستم شبکه عصبی مصنوعی PERSIANN، اقدام به تولید داده‌های ماهانه بارش با دقت مکانی $1^\circ \times 1^\circ$ نمودند. ایشان سپس با استفاده از داده‌های تولید شده، پایش بارش مناطق غربی آمریکا، اقیانوس آرام و آسیای شرقی را انجام دادند. در تحقیقی که در منطقه سیلهریکتای هند بر روی میزان تطابق داده‌های بارش رادار داپلر و TRMM انجام شد؛ شارما (۱۹) به این نتیجه رسید که بین داده‌های بارش رادار داپلر و داده‌های TRMM همبستگی بالایی نزدیک به ۰/۹ وجود دارد.

علاوه بر استفاده از شاخص‌های گیاهی و ترکیب طول موج‌های باندهای مرئی و مادون قرمز، استفاده از ترکیب سنجنده رادار بارش و طول موج کوتاه در ماهواره TRMM، امکان ارزیابی خشکسالی با کمک داده‌های این ماهواره از طریق اندازه گیری مقدار بارش و شاخص‌های مبتنی بر بارش نیز فراهم شده است. لی و همکاران (۱۲) به تحلیل زمانی و مکانی خشکسالی با استفاده از داده‌های ماهانه ماهواره TRMM پرداختند و سیر تغییرات شدت خشکسالی را طی سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ بررسی کردند. مناطق تحت تأثیر خشکسالی را در طی این دوره مشخص و شدیدترین دوره خشکسالی را تعیین نمودند. آنها نتیجه گرفتند داده‌های ماهواره TRMM به علت پیوستگی زمانی و مکانی بارش نسبت به داده‌های زمینی می‌تواند کاربرد بیشتری در تعیین ابعاد زمانی و مکانی خشکسالی داشته باشد.

ژانگ و همکاران (۲۲) با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش، پایش و تحلیل خشکسالی شدید سال ۲۰۱۰ چین را با کمک داده‌های روزانه (3B42) و ماهانه (3B43) انجام دادند. آنها مناطقی که در این سال دچار خشکسالی شدید بودند و محدوده‌هایی هم که خشکسالی با شدت کمتری در آن مناطق به وقوع پیوسته بود را تعیین نمودند. در نهایت ایشان نتیجه گرفتند چون داده‌های ماهواره TRMM اثرات خشکسالی هواشناسی را در چنین پژوهشی به خوبی نشان داد، این داده‌ها می‌تواند برای تحلیل و پایش خشکسالی در مقیاس مکانی بزرگتری در چین نیز بکار برده شود.

منابع داده مورد استفاده

برای اجرای طرح، از آمار بارش ایستگاه‌های هواشناسی موجود در استان خراسان رضوی، به عنوان داده‌های مرجع و از داده‌های ماهانه بارش ماهواره TRMM برای امکان‌سنجی و تعیین دقت در پایش خشکسالی استفاده گردید. به دلیل شروع به کار ماهواره TRMM از ابتدای سال ۱۹۹۸ میلادی و به دلیل عدم دسترسی به داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی از سال ۱۳۸۹ (۲۰۱۰ میلادی)، دوره آماری ۱۳ ساله (۲۰۱۰-۱۹۹۸ میلادی) برای انجام این پژوهش انتخاب گردید. بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته، برای تحلیل زمانی و مکانی بارش، حداقل ۱۰ سال با توزیع مناسب مکانی داده‌ها، می‌تواند نماینده مناسبی از طول دوره آماری داده‌ها باشد (۱۸ و ۲۱). از آنجایی که داده‌های مورد استفاده برای محاسبه و مقایسه از نظر نوع داده (شمسی یا میلادی بودن) و مقیاس زمانی باید همخوانی داشته باشند و با توجه به این که داده‌های ماهواره TRMM به صورت میلادی می‌باشند، لازم بود داده‌های ایستگاه‌های زمینی (داده‌های مرجع) به میلادی تبدیل شده و یا جمع‌آوری گردد.

تعداد ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان رضوی در حال حاضر ۱۳ عدد می‌باشد که با توجه به دوره آماری مورد نیاز، ۱۰ ایستگاه مناسب تشخیص داده شده و انتخاب گردیدند. داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک به صورت ماهانه برای دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۸ میلادی از سازمان هواشناسی جمع‌آوری شدند. تعداد کل ایستگاه‌های سنجش باران (باران‌سنجی و تبخیرسنجی) تحت نظر وزارت نیرو در استان خراسان رضوی ۱۲۹ ایستگاه می‌باشد. از این تعداد، ۱۰۷ ایستگاه دارای آمار مناسب در دوره آماری مورد نظر بودند. از شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی داده‌های این ۱۰۷ ایستگاه در مقیاس روزانه شمسی در دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۷۶ دریافت شد.

ماهواره TRMM در ۲۸ نوامبر سال ۱۹۹۷ با همکاری سازمان فضایی دو کشور آمریکا و ژاپن به فضا پرتاب شد. هدف از پرتاب این ماهواره اندازه‌گیری بارش در سطح اقیانوس‌ها و دریاها است، چرا که معمولاً احداث ایستگاه‌های باران‌سنجی در دریاها دشوار می‌باشد. علاوه بر این از اطلاعات این ماهواره می‌توان در اندازه‌گیری بارش در سطح خشکی‌ها و مخصوصاً مناطقی که دارای آمار و اطلاعات ثبت شده مناسبی نمی‌باشند استفاده نمود. این ماهواره در ارتفاع تقریبی ۳۵۰ کیلومتری زمین قرار داشته، با زاویه میل ۳۵ درجه در حال پایش ویژگی‌های جوی است (۱۶). داده‌های مورد استفاده از ماهواره TRMM در این پژوهش، داده‌های ماهانه میلادی بارش با کد 3B43 از پایگاه داده‌های سازمان فضایی آمریکا (NASA)^۱ در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۹۸ میلادی و با فرمت ASCII^۲ گردآوری شد

(۱۷). این داده‌ها دارای قدرت تفکیک زمانی ماهانه و قدرت تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه هستند و ۵۰ درجه جنوب تا ۵۰ درجه شمال عرض جغرافیایی را پوشش می‌دهند.

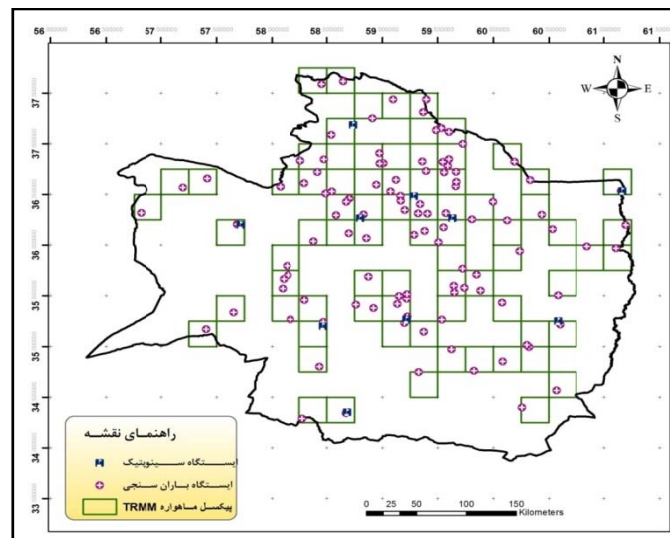
پس از بررسی مقدماتی نمونه، سری داده‌ها باید دارای معیارهای پایه ای باشند تا بتوان تابع چگالی را بر آنها برازش داد. این معیارها عبارتند از: تصادفی بودن، همگنی، ایستایی و نداشتن داده پرت (۴). داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک و ماهواره TRMM توسط مراجع ارائه دهنده اصلی داده‌های بارش تصحیح شده و از نظر صحت و کیفیت بررسی شده‌اند. اما آزمون‌های پایه بر روی داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی پس از تبدیل این داده‌ها به مقیاس ماهانه صورت پذیرفت (۸). در ادامه نحوه بررسی معیارهای پایه توضیح داده می‌شود. در این پژوهش برای تعیین داده‌های پرت، از نمودار جعبه‌ای استفاده گردید. نمودار جعبه‌ای نموداری است که برای توصیف تغییرات داده بکار می‌رود. در این نمودار از جعبه‌ای برای نمایش فاصله بین چارک اول و سوم استفاده می‌شود و خطی در داخل جعبه، میانه (چارک دوم) را مشخص می‌کند. برخی اوقات نمونه‌های خارج از محدوده نیز به صورت نقاطی نشان داده می‌شوند. بر اساس نظر محققین چنانچه داده‌ای از ± 4 برابر فاصله میان چارکی (فاصله میان چارک اول و سوم) بیشتر باشد، داده پرت محسوب می‌شود (۲). تعیین داده‌های پرت با کمک نرم افزار آماری R انجام پذیرفت. پس از شناسایی، این داده‌ها با روش همبستگی بازسازی شدند (۷).

همگنی یعنی همه داده‌ها (نمونه) از جامعه واحدی اخذ شده باشند. اگر تغییراتی مانند چگونگی آماربرداری، جابجایی و... در یک ایستگاه ایجاد شود و مشکوک به ناهمگنی باشیم باید داده‌ها را آزمون کرد. در این پژوهش از آزمون ران-تست (Run Test) برای بررسی تصادفی بودن و همگنی استفاده شد (۷). آزمون ران-تست برای تمام ایستگاه‌های باران‌سنجی انجام پذیرفت و در سطح ۵٪ همگنی کلیه داده‌ها پذیرفته شد.

مفهوم ایستایی این است که میانگین و واریانس داده‌های یک سری زمانی، نسبت به زمان پایا باشند، یعنی با ازدیاد طول دوره، این دو تغییر نکنند، سری داده‌ها را ایستا می‌گویند. برای تشخیص ایستایی آزمون‌های متعددی وجود دارد. یکی از سودمندترین آزمون‌ها در زمینه ایستایی داده‌ها، آزمون دیکی فولر تعمیم یافته است. در این آزمون فرض صفر دلیل بر غیر ایستا بودن است و حالت مطلوب زمانی اتفاق می‌افتد که فرض صفر رد شود (۱۱).

بر اساس آزمون دیکی فولر و با کمک نرم افزار R، فرض صفر برای داده‌های تمامی ایستگاه‌ها در سطح ۵٪ رد شد یا به عبارتی دیگر ایستا بودن همه داده‌ها تأیید گردید.

1- National Aeronautics and Space Administration
2- American Standard Code for Information Interchange



شکل ۱- نقشه موقعیت پیکسل ها و ایستگاه های زمینی مورد استفاده

جدول ۱- درجه بندی مقادیر شاخص SPI	
مقدار شاخص	درجه خشکسالی یا ترسالی
$SPI \leq -2$	خشکسالی حاد
$-2 < SPI \leq -1/5$	خشکسالی شدید
$-1/5 < SPI \leq -1$	خشکسالی متوسط
$-1 < SPI < 1$	نرمال
$1 \leq SPI < 1/5$	ترسالی متوسط
$1/5 \leq SPI < 2$	ترسالی شدید
$2 \leq SPI$	ترسالی حاد

در این پژوهش برای محاسبه شاخص بارش استاندارد از نرم افزار DIP^۱ استفاده گردید (۱۵). این نرم افزار قابلیت محاسبه تمامی شاخص‌هایی را دارد که متغیر مورد استفاده در آنها فقط بارش می باشد. برای دستیابی به نتایجی دقیق تر و تصمیم‌گیری با قاطعیت بیشتر در مورد دقت داده‌های ماهواره TRMM، محاسبات برای ۴ مقیاس زمانی ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماهه انجام پذیرفت.

تعیین شاخص‌های ارزیابی

جهت بررسی مقایسات، شاخص آماری CSI^۲ محاسبه شد (۲۳). استفاده از این شاخص به این گونه است که به عنوان مثال ۱۲۰ مقدار SPI یک ماهه برای داده‌های یک پیکسل از ماهواره و ایستگاه زمینی واقع شده در آن محاسبه می‌شود. سپس با توجه به تقسیم بندی مربوط به تغییرات SPI نوع ترسالی و یا خشکسالی هر ماه تعیین می‌گردد. چنانچه تعداد ۶۰ مقایسه میان دو روش، انطباق داشتند، میزان CSI برای این پیکسل و مقیاس زمانی یک ماهه ۵۰ درصد

پس از آزمون‌های آماری پایه و تأیید صحت داده‌ها، با توجه به مشخص بودن موقعیت ایستگاه های زمینی، پیکسل‌هایی که درون آن ها ایستگاه زمینی قرار گرفته اند تعیین گردیدند. شکل ۱ موقعیت پیکسل‌های تأیید شده و ایستگاه‌های مورد استفاده درون استان خراسان رضوی را نشان می دهد:

محاسبه شاخص SPI

شاخص SPI (شاخص استاندارد شده بارش)، نمایه‌ای است که بستگی به احتمال بارش برای هر زمان و مقیاس دارد، برای مقیاس های زمانی مختلف قابل محاسبه است این روش به وسیله مک کی، دوسکن، جان کلوست، اعضای مرکز اقلیمی کلرادو در سال ۱۹۹۳، با توجه به بررسی تأثیرات متفاوت کمبود بارش بر روی آبهای زیرزمینی، ذخائر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک و جریان آبراهه ارائه شده است. شاخص SPI از معادله ۱ به دست می آید (۱۳):

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{S} \quad (1)$$

P_i = مقدار بارش در دوره مورد نظر؛ \bar{P} = میانگین دراز مدت بارش برای دوره مورد نظر؛ S = انحراف معیار مقدار بارش. برای محاسبه این نمایه، از توزیع گاما برای برآزش داده‌های بارش استفاده می‌شود که پس از انجام محاسبه های لازم و تعیین پارامترهای مربوط به نمایه SPI انجام می گیرد. پس از محاسبه مقدار SPI در هر بازه زمانی، وضعیت رطوبتی به کلاس‌های مختلف تقسیم می‌شود (۱۴) که این کلاس‌ها در جدول ۱ ارائه شده‌اند:

1- Drought Indices Package
2- Critical Success Index

غیر از مقیاس زمانی ۱ ماهه در مقایسه شاخص‌های ارزیابی، سایر مقیاس‌های زمانی بین پیکسل‌ها و ایستگاه‌ها همخوانی بالا و قابل قبولی مشاهده می‌شود. علت بالا نبودن شاخص R2 برای مقیاس زمانی ۱ ماهه را می‌توان این‌گونه تفسیر نمود: بدلیل اینکه استان خراسان رضوی از لحاظ اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک کشور محسوب می‌شود و میزان بارش سالانه در این منطقه بسیار کم بوده و از طرفی تعداد تقریباً نیمی از ماه‌های سال در این استان بارش وجود ندارد و با توجه به اینکه مقیاس زمانی ۱ ماهه تحت تأثیر شدید وضعیت رطوبتی همان ماه می‌باشد، نبود بارش در تعیین درست خشکسالی در مقیاس ۱ ماهه خطا ایجاد می‌کند. در نتایج برخی از پژوهشگران هم عنوان شده است شاخص SPI برای مقیاس‌های زمانی کوتاه مدت در مناطق کم بارش و خشک قابل اطمینان نمی‌باشد (۵). نکته قابل توجه در مورد R2 این است که با افزایش طول دوره زمانی برای مقایسه، بدلیل کاهش تأثیر ماه‌های خشک و کم بارش، مقدار این ضریب به طور محسوسی افزایش پیدا کرده است. ضمن اینکه همانطور که از اعداد جدول ۲ مشهود است، محاسبات داده‌های ماهواره با محاسبات داده‌های سینوپتیک همخوانی بیشتری دارد، بنابراین با توجه به بیشتر بودن دقت داده‌های سینوپتیک نسبت به داده‌های ایستگاه‌های باران سنج معمولی در تعیین مقدار بارش، می‌توان دقت داده‌های ماهواره را تأیید نمود.

خواهد بود. به عبارت دیگر این شاخص درصد موفقیت داده‌های ماهواره در تشخیص شدت ترسالی و خشکسالی نشان می‌دهد. بر همین اساس ترتیب برای همه پیکسل‌ها و ایستگاه‌ها و مقیاس‌های زمانی تعیین شده این شاخص بدست آمده و دقت ماهواره سنجیده شد. علاوه بر این از ضریب تعیین (R2) برای بررسی همبستگی میان نتایج داده‌های ماهواره و ایستگاه‌های زمینی استفاده گردید. در منابع مرتبط، از همین شاخص‌ها نیز استفاده گردیده است (۱۲ و ۲۳).

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از محاسبه شاخص CSI و ضریب تعیین (R2) در مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماهه برای پیکسل‌های متناظر ایستگاه‌های سینوپتیک (به عنوان نمونه) در جدول ۲ ارائه شده است. اما بمنظور دستیابی به خلاصه بررسی تمامی نتایج شاخص‌های ارزیابی، در جدول ۳ اطلاعات کلی مربوط به این شاخص‌ها ارائه شده است. در این جدول، شاخص CSI بر حسب درصد و بیانگر میزان موفقیت داده‌های ماهواره در تعیین شدت ترسالی و خشکسالی شناسایی شده توسط ایستگاه زمینی بوده و شاخص R2 هم بیانگر میزان همبستگی میان نتایج شاخص SPI محاسبه شده توسط داده‌های ماهواره با ایستگاه‌های زمینی به تفکیک نوع ایستگاه می‌باشد. نتایج هر دو شاخص هم به تفکیک نوع ایستگاه و هم بصورت یکپارچه ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج شاخص‌های ارزیابی برای پیکسل‌های متناظر ایستگاه‌های سینوپتیک

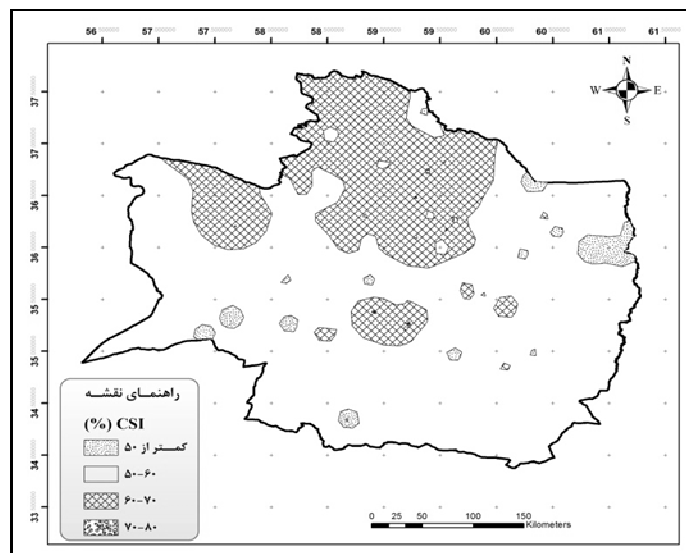
مقیاس زمانی	نوع ایستگاه	حداکثر		حداقل		میانگین	
		CSI (%)	R2	CSI (%)	R2	CSI (%)	R2
یک ماهه	سینوپتیک	۷۳/۷	۰/۶۷	۴۵/۵	۰/۲۴	۶۴/۵	۰/۵۲
	باران سنجی	۷۱/۲	۰/۵۳	۳۷/۸	۰/۱۹	۵۸/۲	۰/۳۵
	کل ایستگاه‌های زمینی	۷۳/۷	۰/۶۷	۳۷/۸	۰/۱۹	۵۸/۷	۰/۳۷
۳ ماهه	سینوپتیک	۷۳/۴	۰/۸۱	۶۱/۷	۰/۵۳	۶۷/۳	۰/۶۷
	باران سنجی	۷۴/۷	۰/۶۷	۴۴/۸	۰/۱۱	۶۱/۱	۰/۴۴
	کل ایستگاه‌های زمینی	۷۴/۷	۰/۸۱	۴۴/۸	۰/۱۱	۶۱/۶	۰/۴۶
۶ ماهه	سینوپتیک	۷۷/۵	۰/۸۷	۵۶/۳	۰/۶۹	۶۹/۲	۰/۷۸
	باران سنجی	۷۴/۸	۰/۸۳	۴۷/۷	۰/۲۷	۶۱/۸	۰/۵۷
	کل ایستگاه‌های زمینی	۷۷/۵	۰/۸۷	۴۷/۷	۰/۲۷	۶۲/۴	۰/۵۹
۱۲ ماهه	سینوپتیک	۸۰/۷	۰/۹۳	۵۶/۶	۰/۷۳	۷۱/۲	۰/۸۵
	باران سنجی	۸۳/۴	۰/۹۳	۳۹/۳	۰/۲۱	۶۰/۱	۰/۶۶
	کل ایستگاه‌های زمینی	۸۳/۴	۰/۹۳	۳۹/۳	۰/۲۱	۶۱/۰	۰/۶۸

جدول ۳- نتایج خلاصه شده شاخص‌های ارزیابی دقت داده‌های ماهواره TRMM

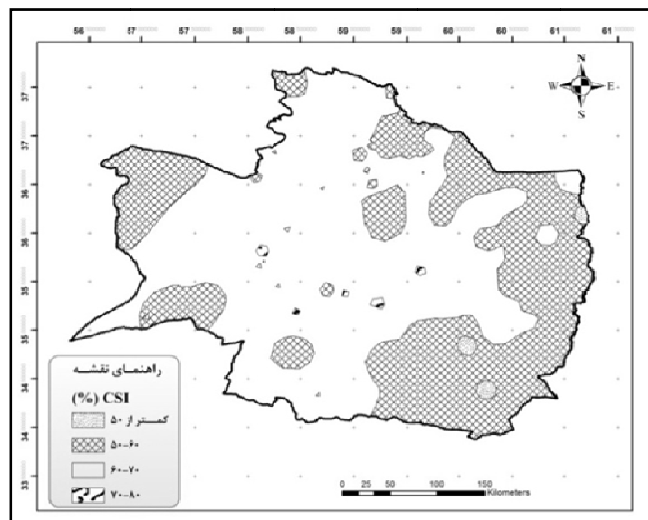
نام ایستگاه سینوپتیک	مختصات یکسمل متناظر		مقیاس ۱ ماهه		مقیاس ۳ ماهه		مقیاس ۶ ماهه		مقیاس ۱۲ ماهه	
	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	%CSI	R2	%CSI	R2	%CSI	R2	%CSI	R2
ترت جام	۶۰/۶۲۵	۳۵/۱۲۵	۵۴/۵	-۰/۴۴	۶۷/۵	-۰/۶۰	۶۸/۲	-۰/۶۹	۶۳/۴	-۰/۸۶
ترت حیدریه	۵۹/۱۲۵	۳۵/۳۷۵	۷۳/۷	-۰/۶۱	۷۳/۴	-۰/۸۱	۷۱/۵	-۰/۸۱	۶۴/۸	-۰/۸۷
سبزوار	۵۷/۶۲۵	۳۶/۱۲۵	۶۸/۶	-۰/۵۸	۶۹/۵	-۰/۷۵	۷۰/۲	-۰/۸۴	۷۸/۶	-۰/۸۷
سرخس	۶۱/۱۲۵	۳۶/۶۲۵	۶۳/۵	-۰/۵۵	۶۶/۹	-۰/۷۲	۶۷/۵	-۰/۸۷	۸۰/۷	-۰/۹۳
قوچان	۵۸/۶۲۵	۳۷/۱۲۵	۶۶/۷	-۰/۶۴	-۰/۶۳	-۰/۵۸	۶۵/۶	-۰/۷۴	۷۳/۱	-۰/۷۹
کاشمر	۵۸/۳۷۵	۳۵/۱۲۵	۶۵/۴	-۰/۵۱	۷۰/۸	-۰/۷۳	۷۷/۵	-۰/۸۱	۷۸/۶	-۰/۹۰
گلمکان	۵۹/۳۷۵	۳۶/۳۷۵	۷۰/۵	-۰/۵۶	۶۱/۷	-۰/۵۳	۵۶/۳	-۰/۷۰	۵۶/۶	-۰/۷۳
گناباد	۵۸/۶۲۵	۳۴/۳۷۵	۴۵/۵	-۰/۲۴	۶۸/۸	-۰/۵۶	۷۶/۸	-۰/۷۴	۷۶/۶	-۰/۸۰
مشهد	۵۹/۶۲۵	۳۶/۳۷۵	۷۲/۴	-۰/۶۷	۶۶/۹	-۰/۷۸	۶۸/۲	-۰/۸۱	۶۵/۵	-۰/۸۷
نیشابور	۵۸/۸۷۵	۳۶/۳۷۵	۶۴/۳	-۰/۴۱	۶۴/۹	-۰/۶۰	۷۰/۲	-۰/۷۷	۷۳/۸	-۰/۸۳

IDW که تنها بر اساس تعیین نقاط مجهول با کمک مقدار فاصله این نقاط از مناطق دارای داده، درون‌یابی را انجام می‌دهد استفاده گردید. شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب مربوط به نقشه‌های پهنه‌بندی شده شاخص CSI برای مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماهه می‌باشد: با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی شده شاخص CSI، این شاخص در تمامی مقیاس‌های زمانی و بیشتر مناطق استان بالای ۵۰ درصد بوده است. البته برای مقیاس زمانی یک ماهه بیشترین مساحت در محدوده ۵۰ تا ۶۰ درصد قرار دارند که برای سایر مقیاس‌های زمانی این محدوده بین ۶۰ تا ۷۰ درصد است.

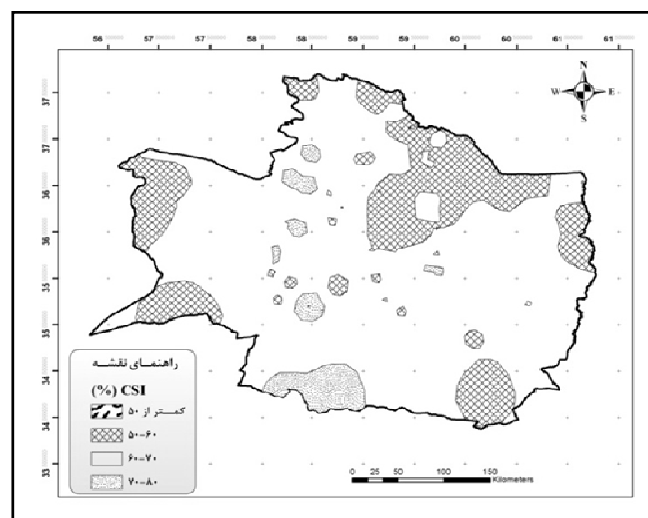
در ادامه و پس از تأیید دقت مناسب داده‌های ماهواره در دوره‌های زمانی مورد استفاده در این پژوهش، بمنظور شناسایی مناطقی که می‌توان از داده‌های ماهواره TRMM برای پایش خشکسالی در آن محدوده‌های جغرافیایی استفاده نمود، تحلیل مکانی نتایج بدست آمده از شاخص CSI در هر چهار مقیاس زمانی برای استان خراسان رضوی انجام شد. بر این اساس با کمک روش IDW، نتایج شاخص CSI برای این مقیاس زمانی در محدوده مورد مطالعه پهنه‌بندی شدند. به دلیل نبود اطلاعات و پژوهش‌هایی مرتبط در این زمینه و عدم همبستگی میان شاخص CSI با سایر متغیرهای موجود مانند: بارش سالانه، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا (A)، از روش



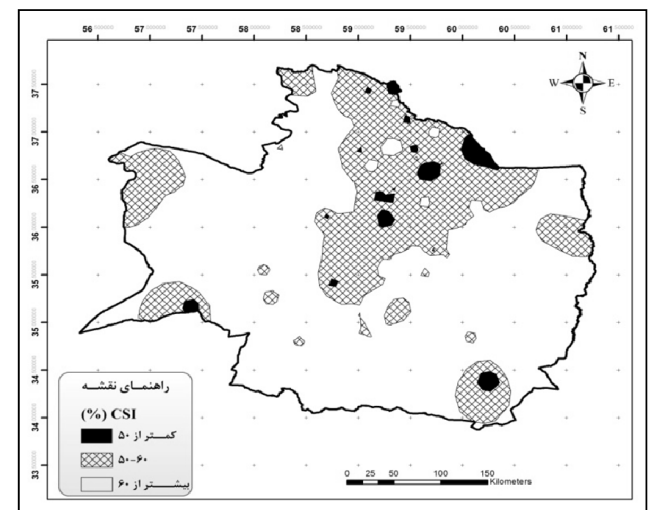
شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی شده شاخص CSI برای مقیاس ۱ ماهه



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی شده شاخص CSI برای مقیاس ۳ ماهه



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی شده شاخص CSI برای مقیاس ۶ ماهه



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی شده شاخص CSI برای مقیاس ۱۲ ماهه

پیکسل‌های شامل ایستگاه‌های سینوپتیک در هر دو شاخص ارزیابی و در اکثر مقیاس‌های زمانی مقادیر شاخص ارزیابی بالایی داشتند که اگر دقت اندازه‌گیری و گزارش ایستگاه‌های سینوپتیک نزدیک به ۱۰۰ درصد فرض شود، دقت داده‌های ماهانه ماهواره TRMM در تعیین خشکسالی و یا ترسالی تأیید می‌گردد. با توجه به نقشه‌های موجود می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های ماهانه ماهواره TRMM توانایی پیش‌خشکسالی را برای استان خراسان رضوی تقریباً در تمامی مناطق و در همه مقیاس‌های زمانی محاسبه شده دارد (۸).

پیشنهادها

استان خراسان رضوی دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می‌باشد، اگر از داده‌های ماهانه ماهواره در سایر اقلیم‌ها استفاده شده و مورد ارزیابی قرار گیرند، دقت آن در اقلیم‌های گوناگون مشخص می‌شود. ارزیابی داده‌های ماهانه ماهواره TRMM برای آگاهی از چشم‌انداز خشکسالی در دوره‌های کوتاه مدت و بلند مدت می‌تواند مورد توجه محققین علاقه‌مند قرار گیرد.

از ترکیب داده‌های ماهواره TRMM و ایستگاه‌های زمینی موجود می‌توان برای تحلیل زمانی و مکانی و پیش‌خشکسالی هم در استان خراسان رضوی و هم در سایر استان‌ها بهره برد. پیشنهاد می‌گردد ارزیابی داده‌های ماهانه ماهواره TRMM برای پیش‌خشکسالی در محدوده جغرافیایی کل کشور با کلیه داده‌های موجود به صورت یک طرح تحقیقاتی همگانی، با توجه به اهمیت موضوع خشکسالی و برنامه‌ریزی آن و کمبود داده‌های بارش، هم از نظر مکانی و هم از نظر زمانی، صورت پذیرد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه فردوسی مشهد به سرانجام رسیده است. لذا نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از کمک‌های صورت گرفته توسط آن نهاد دولتی در به ثمر رسیدن این پژوهش تشکر و سپاسگزاری نمایند.

اگر مطابقت حداقل ۵۰ درصد برای محاسبه کافی باشد، می‌توان برای همه مقیاس‌های زمانی مورد استفاده در این پژوهش از داده‌های ماهواره بهره برد اما اگر دقت بیشتر از ۶۰ درصد مدنظر باشد از مقیاس یک ماهه فقط در مناطق شمالی استان، در مقیاس ۳ ماهه غیر از مناطق شرقی، در مقیاس ۶ ماهه غیر از مناطق شمالی و در مقیاس ۱۲ ماهه غیر از مناطق شمالی و قسمتی از بخش مرکزی استان می‌توان از داده‌های ماهواره TRMM برای پیش‌خشکسالی استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

اکثر سیستم‌های ارزیابی خشکسالی عمدتاً بر مبنای داده‌های هواشناسی استوارند. داده‌های هواشناسی را می‌توان همراه با داده‌ها و اطلاعات دیگر به منظور برآورد تأثیر احتمالی خشکسالی استفاده کرد. اما همه متغیرهای هواشناسی قابل اندازه‌گیری در همه نقاط نیستند. مهمترین پارامتر اقلیمی دخیل در ارزیابی خشکسالی بارش می‌باشد که نسبت به سایر متغیرها ابزار بیشتری برای سنجش آن وجود دارد. اما تراکم ناکافی ایستگاه‌ها، هزینه بر بودن احداث و نگهداری این ایستگاه‌ها و کیفیت نامطلوب داده‌های شبکه‌های سنجش باران، باعث کاهش توانایی بالقوه در نشان دادن الگوی مکانی و دقیق این شاخص‌ها می‌شود. از این رو لازم است منابع داده‌اقلیمی، که بتوانند این نقیصه‌ها را مرتفع سازند، شناسایی نموده و پس از ارزیابی، مورد استفاده قرار گیرند. بر همین اساس در این پژوهش برای پیش‌خشکسالی در استان خراسان رضوی با کمک داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی واقع در استان، اقدام به ارزیابی داده‌های ماهانه ماهواره TRMM (3B43) گردید. محاسبات پیش‌خشکسالی به کمک شاخص SPI و برای مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماهه انجام پذیرفت. ارزیابی داده‌های ماهانه ماهواره با کمک شاخص CSI (برای مواقعی که داده‌های ماهانه ماهواره درجه ترسالی یا خشکسالی را درست تشخیص می‌دهند) و ضریب تعیین (R2) انجام پذیرفت. با افزایش دوره زمانی محاسبه SPI، در مقدار شاخص‌های CSI و R2 افزایش محسوسی مشاهده شد که می‌تواند به دلیل کاهش تأثیر ماه‌های خشک در محاسبه شاخص خشکسالی SPI باشد.

منابع

- ۱- بارانی‌زاده، ا.، بهیار، م.ب. و عابدینی، ی. ۱۳۹۰. ارزیابی برآوردهای بارندگی ماهواره TRMM-3B43 با استفاده از مقایسه با داده‌های زمینی مشاهداتی شبکه‌ای بارش قدرت تفکیک بالا (APHRODITE) در ایران. دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران. اردیبهشت، زنجان.
- ۲- جباری نوقایی، م. ۱۳۹۰. داده‌های پرت، مفهوم و کاربرد آن. نشریه ندا، دوره ۹. شماره ۱. صص ۱-۱۶.
- ۳- حجازی‌زاده، ز. و جوی‌زاده، س. ۱۳۸۹. مقدمه‌ای بر خشکسالی و شاخص‌های آن. انتشارات سمت، چاپ اول، ۳۵۸ص.

- ۴- رضایی پژند ح. ۱۳۸۰. کاربرد آمار و احتمال در منابع آب. چاپ اول. انتشارات سخن گستر. ۴۶۸ص.
- ۵- رضیئی ط، شکوهی ع، تقییان ب. و دانش کارآسته پ. ۱۳۸۲. پایش پدیده خشکسالی در ایران مرکزی با استفاده از شاخص SPI. سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم اصفهان، صص ۲۰۶ - ۲۱۶.
- ۶- مرکز آمار ایران. ۱۳۹۲. درگاه ملی آمار، صفحه اصلی اطلاعات استانی، استان خراسان رضوی. قابل دسترس در: <http://www.amar.org.ir/Default.aspx?tabid=115> تاریخ بازدید: ۱۳۹۲/۶/۱۰.
- ۷- علیزاده ا. ۱۳۸۶. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). چاپ ۲۳. ۸۰۸ص.
- ۸- غفوریان ه، ثنائی نژاد س.ج. و داوری ک. ۱۳۹۲. بررسی پایش خشکسالی با استفاده از داده‌های ماهواره TRMM در استان خراسان رضوی. پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۰۴ص.
- ۹- میان آبادی آ. ۱۳۸۷. شناسایی مناطق پر مخاطره استان خراسان رضوی از لحاظ اقلیمی-کشاورزی. پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۶۸ص.
- 10- Chenari M. 2005. Investigation on Variation of some Drought Indices Using Markov Chain in South Alborz Climate's Samples. Tehran Univ. M.Sc. Thesis, 159p. (In Persian).
- 11- Galvao Jr. and Antonio F. 2010. Unit roots quintile auto regression testing using covariates, Journal of Econometrics. PP 24-36.
- 12- Li J.G., Ruan H.X., Li J.R. and Huang S.F. 2010. Application of TRMM precipitation data in meteorological drought monitoring. Journal of China Hydrology, 30: PP 43-46. (in Chinese).
- 13- McKee T.B., Doesken N.Y. and Kleist J.Y. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society: Anaheim, CA, PP 174-184.
- 14- McKee T.B., Doesken N.J., and Kleist J.Y. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society: Dallas, TX, PP 233-236.
- 15- Morid S., Moghaddam M., Paymzod Sh. and Ghaemi H. 2005. Design of Tehran Province Drought Monitoring System. Final Report, Water Resources Management Co. (WRMC-Iran), 196p. (In Persian).
- 16- National Aeronautics and Space Administration (NASA), Homepage of Rainfall Archives, TRMM Online Visualization and Analysis System (TOVAS) , <http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/>. Visited: 2012/12/15.
- 17- National Aeronautics and Space Administration (NASA). 2001. TRMM Data Users Handbook , February. 226p.
- 18- Rhee J.G. and Carbone J. 2011. Estimating Drought Conditions for Regions with Limited Precipitation Data. Journal of Applied Meteorology and Climatology. PP 548-560.
- 19- Sharma S. 2003. Study of precipitation systems by Doppler weather RADAR and tropical rainfall measuring mission precipitation RADAR. Department of Physics, Kohima Science College, Jotsoma, Kohima, Nagaland, India. PP 797-802.
- 20- Sorooshian S., Gao X., Hsu K., Maddox R.A., Hong Y., Gupta H.V. and Imam B. 2002: Diurnal Variability of Tropical Rainfall Retrieved from Combined GOES and TRMM Satellite Information. J. Climate, 15, 983-1001.
- 21- Willmott C.J., Robeson S.M. and Janis M.J. 1996. Comparison of approaches for estimating time-averaged precipitation using data from the USA. Int. Journal of Climatology., 16, PP 1103-1115.
- 22- Zang W.B., Ruan B.Q., Li J.G. and Huang S.F. 2011. Analysis of extraordinary meteorological drought in Southwest China by using TRMM precipitation data. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 8: PP 97-106. (in Chinese).
- 23- Zeng H., Lijuan L. and Li J. 2012. The evaluation of TRMM multisatellite precipitation pnalysis (TMPA) in drought monitoring in the Lancang River Basin. Journal of Geographical Sciences. 22(2): 273-282.

Investigation of Suitable Regions Determination for Drought Monitoring Using TRMM Satellite Data (Case Study: Khorasan Razavi Province)

H. Ghafourian^{1*} - S.H. Sanaeinejad² - K. Davary³

Received:09-11-2013

Accepted:19-02-2014

Abstract

Most of drought evaluation systems are based on precipitation data. However the quality of drought spatial variability is strongly influenced by short period of the measured data, inappropriate distribution of the weather stations and undesirable quality of the measurement networks. Therefore, it is necessary to recognize others reliable climatic data resources. Then to overpass the difficulty, after verification, the data is used to complete or substitute the existing data. Accordingly, in this research to monitor drought in Khorasan Razavi province using data from 10 synoptic stations and 107 rain gauges around the province, the monthly data of TRMM satellite was validated. To do this, standardized precipitation index (SPI) of 1, 3, 6 and 12 months are calculated for a 13 years period (1998-2010) and compared with those of satellite data for the same period. The evaluation was measured by using CSI (%) (Critical Success Index) and R2 (Coefficient of Determination). The results showed that there was a very good consistency between earth borne and satellite data borne SPIs for all time scales except for 1 month time scale. Consistency value for all time scales over most regions of the province is more than 50%. Based on the results, for achieving the accuracy more than 60%, time scales of 1, 3, 6 and 12 months should be used as following: 1 months only for the northern regions, 3 months for all regions except the eastern part, 6 months for all regions except the northern part and 12 months for all regions except the northern region and central part of the province.

Keywords: Drought monitoring, TRMM satellite, SPI, Khorasan Razavi province, CSI

1,2,3- M.Sc. Student and Associate Professors, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively

(* - Corresponding Author Email: hadi.ghafourian@gmail.com)