ارزیابی روند شاخص‌های حدی دما و بارش در حاشیه کویر مرکزی ایران

محمدجلال ابراهیمی خرم آبادی * ، محمد باعقیده ، علیرضا انتظاری

۱-دانشجوی دکتری گرایش اقلیم شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، نویسنده مسئول

۲- دانشیارگروه اقلیم شناسی ، دانشگاه حکیم سبزواری

۳- دانشیارگروه اقلیم شناسی ، دانشگاه حکیم سبزواری

ایمیل نویسنده مسئول: jalal٦٩٤٨@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۱

چکیده

فعالیت‌های انسان جو زمین را در طی صد سال گذشته به طور قابل توجهی تغییر داده است. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای منجر به گرمایش جهانی شده و در نتیجه تغییر در نمایه‌های حدی اقلیمی را سبب شده است. بررسی مقادیر حرارتی و بارشی حدی در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های بخش کشاورزی و مدیریت منابع آب بسیار اهمیت دارد. در این پژوهش، با استفاده از داده‌های روزانه دما و بارش ۱۸ ایستگاه سینوپتیک در حاشیه کویر مرکزی ایران، ۱۲ شاخص حدی شامل ٦ شاخص دما و ٦ شاخص بارش تعریف شده توسط ETCCDMI برای باز زمانی (۲۰۲۰-۱۹۹۱) مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت تعیین روند و بزرگی نمایه‌ها به ترتیب از آزمون من-کندال و تخمین‌گر شیب سن استفاده شد. نتایج پژوهش حکایت از روند افزایشی شاخص‌های حدی گرم در منطقه مورد مطالعه و روند کاهشی شاخص‌های حدی سرد دارد. عامل ارتفاعات البرز بر روی شاخص‌ها تا حدودی تأثیرگذار است، به‌طوری‌که روند کاهشی شاخص‌های حدی سرد در قسمت شمالی منطقه که نزدیک به ارتفاعات البرز می‌باشد نسبت به جنوب منطقه کمتر است. همچنین، شاخص دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما در قسمت شمال منطقه که نزدیک به دامنه‌های جنوبی البرز است بیشترین روند افزایشی و در جنوب روند کاهشی دارد. روند کاهشی و منفی بارش در بررسی همه شاخص‌های بارش در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه، وجود داشت، هر چند تعداد کمی روند معنی‌دار در طول دوره مورد مطالعه مشاهده شد.

واژگان کلیدی: "شاخص‌های حدی دما و بارش "، "حاشیه کویر مرکزی "، " ETCCDMI "، " RClimdex "،

مقدمه

تغییرات طبیعی یکی از مشخصه‌های اقلیمی جهانی است که در مقیاس کوتاه‌مدت و بلندمدت اتفاق می‌افتد. اکثر اقلیم‌شناسان براین باورند که نوسانات اقلیمی کوتاه‌مدت و بلندمدت حوادثی تصادفی نیستند (کوزه‌گران، موسوی بایگی، ۱۳۹٤). فعالیت‌های انسان، جو زمین را طی صدسال گذشته به‌طور قابل‌توجهی تغییر داده و افزایش تمرکز گازهای گلخانه‌ای منجر به گرم شدن سطح زمین شده است. هیات بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC)[۱]در سومین گزارش خود در دوره ۱۹۹۰-۲۱۰۰ بر تغییرات جهانی دمایی و شرایط اقلیمی اشاره نموده و نشان داد افزایش میانگین دمای جهانی سبب تغییر در نمایه‌های حدی اقلیمی و افزایش شدت و فراوانی وقوع رویدادهای حدی اقلیمی (سیل، خشکسالی، دماهای بالا و...) می‌شود (رحیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸٤). این موضوع در سال‌های اخیر کاملاً محسوس بوده و مطالعه دقیق آن در مناطق مختلف جهان، مورد تأکید جدی هیأت بین الدول تغییر اقلیم قرار گرفته است. فراوانی این رخدادها و وقوع آن‌ها در بسیاری از کشورها، دغدغه اصلی برنامه‌ریزان، طرفداران محیط زیست و اقلیم‌شناس‌ها شده است. به طور کلی، پدیده‌های حدی به رویدادهای کمیابی اطلاق می‌شوند که از دیدگاه آماری در ناحیه بالا و پایین توزیع آماری قرار می‌گیرند به طوری که احتمال وقوع آن‌ها در شرایط معمول (زمان و مکان) بسیار کم است. حدی‌های جوی از جدی‌ترین چالش‌های جوامع بشری طی دهه‌های اخیر بوده است، به‌طوری که از آن‌ها با عنوان چالش‌های اجتماعی نیز یاد می‌کنند و توسعه اقتصادی پایدار و شرایط حیاتی را به توانایی مدیریت مرتبط با حدی‌های اقلیمی می‌دانند. محققان از منظرهای گوناگون به بررسی نمایه‌های حدی و تأثیر آن‌ها بر شرایط آب و هوایی مناطق مختلف کره زمین پرداخته‌اند.(Insaf T. Z .۲۰۱۱) در تحقیقی به ارزیابی شاخص‌های حدی دما و بارش در نیویورک پرداختند نتایج حکایت از کاهش شاخص‌های تعداد روزهای یخبندان و دامنه شبانه روزی دما و افزایش تعداد روزهای با بارش

۱-IPCC : Intergovermental Panel on Climate Change

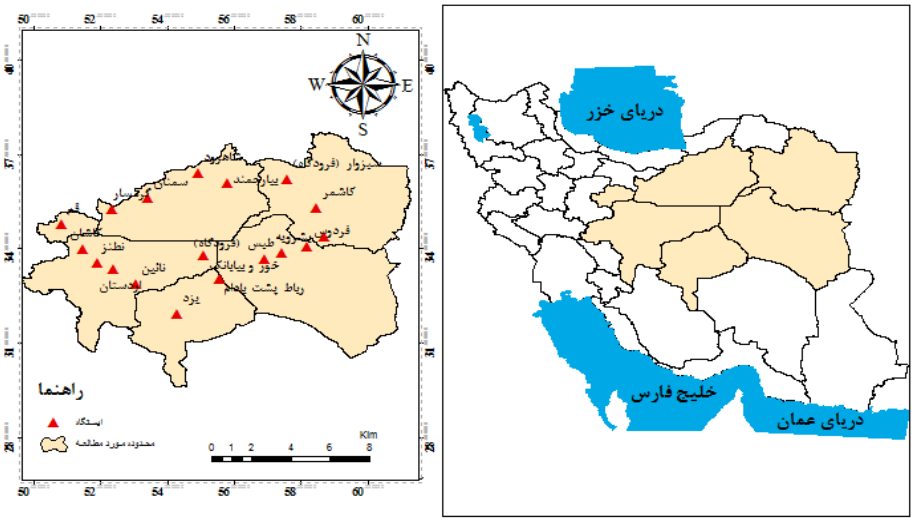
سنگین و شدت بارش در هر دهه داشت. ارزیابی ساختار فضایی و زمانی نمایه‌های حدی برای دوره‌ی پایه و آینده در کشور کره جنوبی نشان داد که نمایه‌های مربوط به فراوانی و شدت بارش‌های سنگین در آینده افزایش معناداری پیدا خواهند کرد (Im E. S ۲۰۱۱). (Sensoy. S.۲۰۱۳) به پیش‌بینی روند نمایه‌های اقلیمی در ترکیه پرداختند ایشان دریافتند که روزها و شب‌های گرم و شب‌های حاره‌ای در ترکیه در حال افزایش است در حالی که روزهای یخبندان، روزها و شب‌های سرد کاهش یافتند. در پژوهشی دیگر (Toros,H. ۲۰۱۹) تغییرات منطقه‌ای دماهای حدی را در ۱۵ ایستگاه هواشناسی در مناطق دریایی ترکیه مورد بررسی قرار دادند خروجی‌ها نشان داد نمایه‌های دمایی در مناطق ساحلی واقع در عرض‌های جغرافیایی پایین دارای روند افزایشی بیشتری نسبت به مناطق در عرض‌های جغرافیایی بالاتر است. (Liu, Z. ۲۰۱۹) نیز وقایع حدی بارش را در مغولستان ارزیابی نمودند. ایشان نشان دادند که ۱۱شاخص حدی بارش به جز شاخص‌های R۰۵ ،R۱۰ و PRCPTOT بین سال‌های ۱۹۵۹ تا ۲۰۱٤ کاهش یافته‌اند و بیشترشاخص‌ها در طول زمان روند غیرمعنی‌داری دارند. (Tegegne, G., ۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به ارزیابی اثر ترکیبی مدل‌های گردش کلی جو بر شاخص‌های حدی در کره جنوبی پرداختند؛ نتایج نشان داد فراوانی رویدادهای مرطوب افزایش در حالی که رویدادهای خشکسالی کاهش می‌یابد. پژوهشگران داخلی نیز تحقیقاتی در زمینه اثر تغییر اقلیم و رویدادهای حدی انجام داده که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود: (خلیلی اقدم و همکاران ،۱۳۹۱) با استفاده از مدل LARS-WG تعداد روزهای داغ و یخبندان، تعداد روزهای بارانی و فراوانی روزهای تر و خشک را در منطقه سنندج مطالعه کردند؛ نتایج نشان داد که با توجه به افزایش تعداد روزهای خشک از روزهای تر این منطقه در دهه‌های آتی با خشکسالی مواجه خواهد شد. (یازرلو و همکاران ،۱۳۹٤) در مطالعه‌ای به پیش‌بینی بارش‌های سنگین در استان گلستان پرداختند. نتایج نشان داد بارش‌های سنگین، در ایستگاه‌های مرطوب و در ایستگاه‌های نیمه خشک، افزایش خواهد یافت که این شرایط در آینده دور حادتر می‌شود. تحلیل اثرات تغییر اقلیم بر بارش‌های سنگین (۱۰، ۲۰ و ۲۵ میلی‌متر و بیشتر) سواحل جنوبی دریای خزر نشان داد در دوره‌ی آتی در تمام ایستگاه‌های منطقه، از تعداد روزهای همرا با بارش سنگین ۱۰ میلی‌متر کاسته خواهد شد. در حالی که بر تعداد روزهای همراه با بارش خیلی سنگین ۲۰ و ۲۵ میلیمتر و بیشتر از آن افزوده خواهد شد (خورشید دوست و همکاران، ۱۳۹۷). (اسعدی اسکوبی و مرتضی‌پور ،۱۳۹۹) به بررسی اثر گرمایش جهانی بر نمایه‌های اقلیمی فرین در استان گیلان پرداختند نتایج نشان داد در دوره آینده کمیت‌های دمایی با سطح اطمینان مناسبی دارای روند افزایشی هستند. (علوی‌نیا و زارعی ،۱٤۰۰) در پژوهشی به ارزیابی آنالیز روند تغییر اقلیم با استفاده از شاخص‌های حدی داده‌های بلندمدت بارش و دما در جنوبشرقی ایران پرداختند. نتایج تحقیق حاکی از روند افزایشی غیرمعنی‌دار در شاخص‌های دما و روند کاهشی نمایه‌های مربوط به بارش نیز در سرتاسر استان دارد.قرارگیری ایران در کمربند بیابانی و برخورداری از یک چهارم منابع آبی (بارش و آب‌های سطحی)، لزوم توجه به پیامدهای تغییرات اقلیم را بیش از بیش آشکار می‌کند. مطالعه‌ی مقادیر حدی دما و بارش و رویدادهای حدی ناشی از آن، اهمیت ویژه‌ای در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی‌های بخش‌هایی مانند کشاورزی، مدیریت آب، شهرسازی، ساختمان و راه‌ترابری دارد. در فضای جغرافیایی ایران، نواحی متعددی را می‌توان شناسایی کرد که به لحاظ سابقه تاریخی، تاثیرات تغییرات اقلیمی در آن در مقیاس ملی و حتی منطقه‌ای است؛ یکی از این مناطق، حاشیه کویرمرکزی ایران است که از محورهای تاریخی تمدن ایران به‌شمار می‌آید. قرارگیری ۱۸ استان و دربرگیری بیش از ۷۵۰ کیلومترمربع از مساحت کل کشور در این محدوده، مسئله ابعاد امنیتی تغییرات اقلیمی در این حوضه را در مقیاس ملی و فراملی روشن می‌کند. از آنجا که بستر رخداد رویدادهای آب و هوایی حدی، شرایط دمایی و بارش‌های حدی است، بررسی داده‌های اقلیمی حدی در این منطقه وسیع ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین در پژوهش حاضر سعی بر این است که رویدادهای حدی دما و بارش محدوده مورد بحث با استفاده از شاخص‌های تعیین شده از سوی کارگروه شناسایی تغییرپذیری اقلیمی ETCCDMI مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد وروش‌ها

منطقه مورد مطالعه

به منظور تامین اهداف پژوهش، از داده‌های بلند مدت روزانه بارش، حداقل و حداکثر درجه حرارت ۱۸ ایستگاه سینوپتیک (جدول ۱) موجود در محدوده مورد نظر(حاشیه کویر مرکزی) در دوره آماری (۱۹۹۱-۲۰۲۰) استفاده شد. کویر مرکزی یا چاله کویر در محدوده جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ٥٤ درجه و ۳۰ دقیقه تا

۵۷ درجه و ۱۱ دقیقه طول شرقی واقع شده است. کویر مرکزی پهناورترین کویر ایران است که از شمال به دامنه‌های البرز مرکزی و شرقی و از غرب به حوالی قم و کاشان، از شرق به کوه‌های پیر حاجات و ازبک‌کوه و از جنوب به محور ارتباطی خور - طبس محدود می‌شود (شکل۱).



شکل ۱.موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع ازسطح دریا
۱	اردستان	۳۳/۲۳	۵۲/۲۳	۱۲۵۵/۵
۲	بیارجمند	۳۶/۰۸	۵۵/۸	۱۰۹۹/۳
۳	بشرویه	۳۳/۸	۵۷/٤	۸۷۹
٤	فردوس	۳٤/۱	۵۸/۱۰	۱۲۹۳
۵	گرمسار	۳۵/۱٤	۵۲/۲۱	۸۹۹/۹
٦	قم	۳٤/٤۲	۵۰/۵۱	۸۷۹/۱
۷	گناباد	۳٤/۲۱	۵۸/٤۱	۱۰۵٦
۸	کاشان	۳۳/۵۹	۵۱/۲۷	۹۵۵
۹	کاشمر	۳۵/۱۲	۵۸/۲۸	۱۱۰۹/۷
۱۰	خوروبیابانک	۳۳/۷۷	۵۵/۰۸	۸٤۲/۲
۱۱	نایین	۳۲/۵۱	۵۳/۵	۱۵۷۳/۷
۱۲	نطنز	۳۳/۳۲	۵۱/۵٤	۱٦۸۵
۱۳	رباط پشت‌بادام	۳۳/۰۱	۵۵/۵۵	۱۱۸۸
۱٤	سبزوار	۳٦/۱۲	۵۷/٤۳	۹٦۲
۱۵	سمنان	۳۵/۳۵	۵۳/۲۵	۱۱۲۷
۱٦	شاهرود	۳٦/۲۵	۵٤/۵۷	۱۳۲۵/۲
۱۷	طبس	۳۳/٦	۵٦/۹۵	۷۱۱
۱۸	یزد	۳۱/۹	۵٤/۲۸	۱۲۳۰/۲

روش پژوهش

جهت بررسی روند نمایه‌های حدی اقلیمی، از ۱۲شاخص حدی شامل ٦ شاخص دما و ٦ شاخص بارش تعریف شده توسط ETCCDMI برای باز زمانی (۲۰۲۰-۱۹۹۱) استفاده شد (جدول ۲ و ۳). این شاخص‌ها توسط نرم‌افزار RclimDex در محیط R محاسبه می‌شود. در این نرم‌افزار، قبل از برآورد شاخص‌ها، داده‌ها کنترل کیفی شده و اطلاعات نادرست مانند داده‌های پرت، بارندگی منفی و یا بزرگتر یا مساوی بودن دمای حداقل از حداکثر، بررسی می‌شوند. سپس نمایه‌های اقلیمی از داده‌های روزانه استخراج می‌گردد. به منظور بررسی روند تغییرات اقلیمی، سری زمانی شاخص‌های حدی دما و بارش مورد آزمون قرار گرفتند. یکی از روش‌های متداول جهت تحلیل روند سری‌های زمانی، آزمون من-کندال و شیب سن استیمیتور می‌باشد که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. مراحل محاسبه آماره این آزمون‌ها در مطالعه (نظری‌پور و همکاران ، ۱۴۰۱) به تفضیل شرح داده شده است. در ادامه نقشه‌های نشان‌دهنده روند ۱۲ شاخص اقلیمی با استفاده از نرم‌افزار GIS ترسیم شدند که این نقشه‌ها به وضوح نشان می‌دهند که در مناطق مختلف حاشیه کویر مرکزی، چه تغییرات اقلیمی اتفاق افتاده است.

جدول ۲- نمایه‌های حدی دما مورد استفاده در پژوهش

نمایه	تعریف	واحد
TR۲۰	شب‌های حاره‌ای: تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه بیش‌تر از ۲۰درجه سانتیگراد باشد	روز
TN۱۰p		روز
TX۱۰p		روز
TN۹۰p	شب‌های گرم: درصدی از روزها که دمای شبانه بزرگتر از صدک ۹۰ ام دوره مبنا باشد	روز
TX۹۰p	روزهای گرم: درصدی از روزها که دمای روزانه بزرگتر از صدک ۹۰ ام دوره مبنا باشد	روز
DTR		سانتی‌گراد

جدول ۳- نمایه‌های حدی بارش مورد استفاده در پژوهش

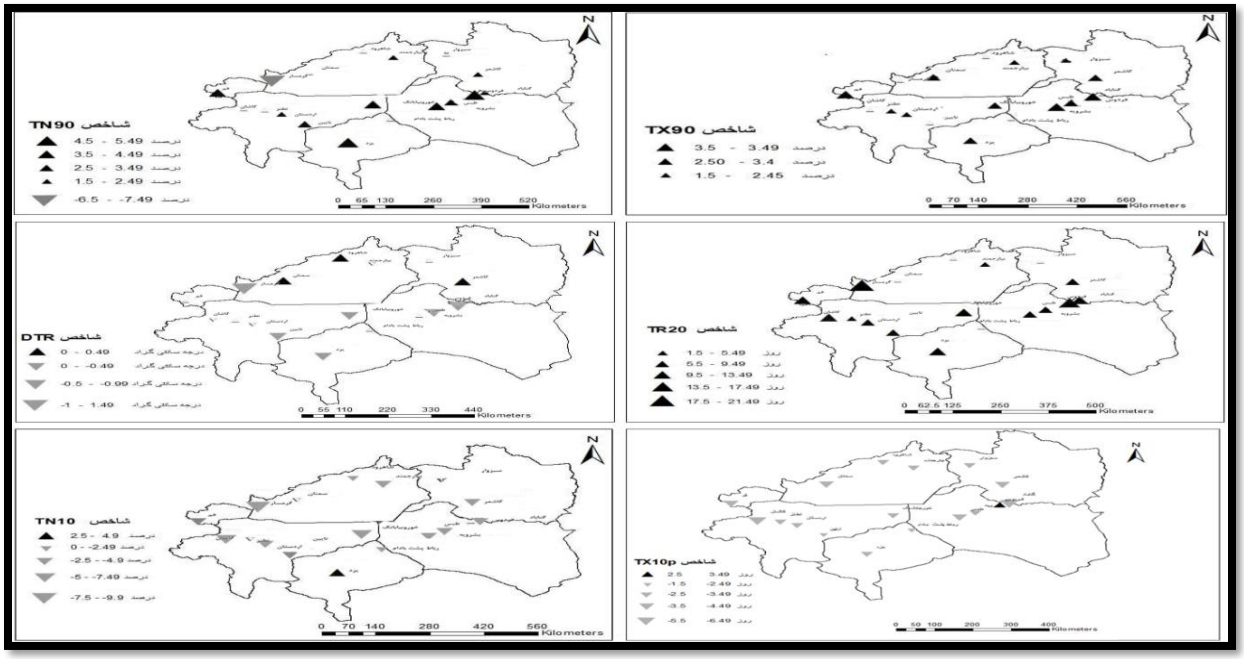
نمایه	تعریف	واحد
RX۱day	بیش‌ترین مقدار بارش یک‌روزه: بیش‌ترین بارش یک‌روزه در ماه	میلیمتر
SDII	نمایه ساده شدت بارش روزانه: از تقسیم مقدار کل بارش سالانه بر تعداد روزهای بارشی (دستکم ۱میلیمتر) سالانه به دست می‌آید.	میلیمتر
R۱۰	تعداد روزهای همراه با بارش سنگین: تعداد روزهایی که در سال بارش دستکم ۱۰میلیمتر باشد	روز
CDD	روزهای متوالی خشک: بیش‌ترین تعداد روزهای متوالی که بارش کمتر از ۱میلیمتر باشد	روز
CWD	روزهای متوالی مرطوب: بیش‌ترین تعداد روزهای متوالی که بارش بیش‌تر از ۱میلیمتر باشد	روز
PRCPTOT	مقدار کل بارش روزهای مرطوب سالانه: مقدار کل بارش روزهای مرطوب (مقدار بارش دستکم از۱میلیمتر بیش‌تر باشد) سالانه	میلیمتر

بحث ونتایج

شاخص‌های دما

شکل ۲ نمایه‌های حدی دمایی در محدوده‌ی حاشیه کویر مرکزی ایران را برای دوره‌ی ۲۰۲۰-۱۹۹۱ نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود شاخص شب‌های گرم (TN۹۰p) در بیشتر ایستگاه‌ها روند افزایشی و مثبت دارند

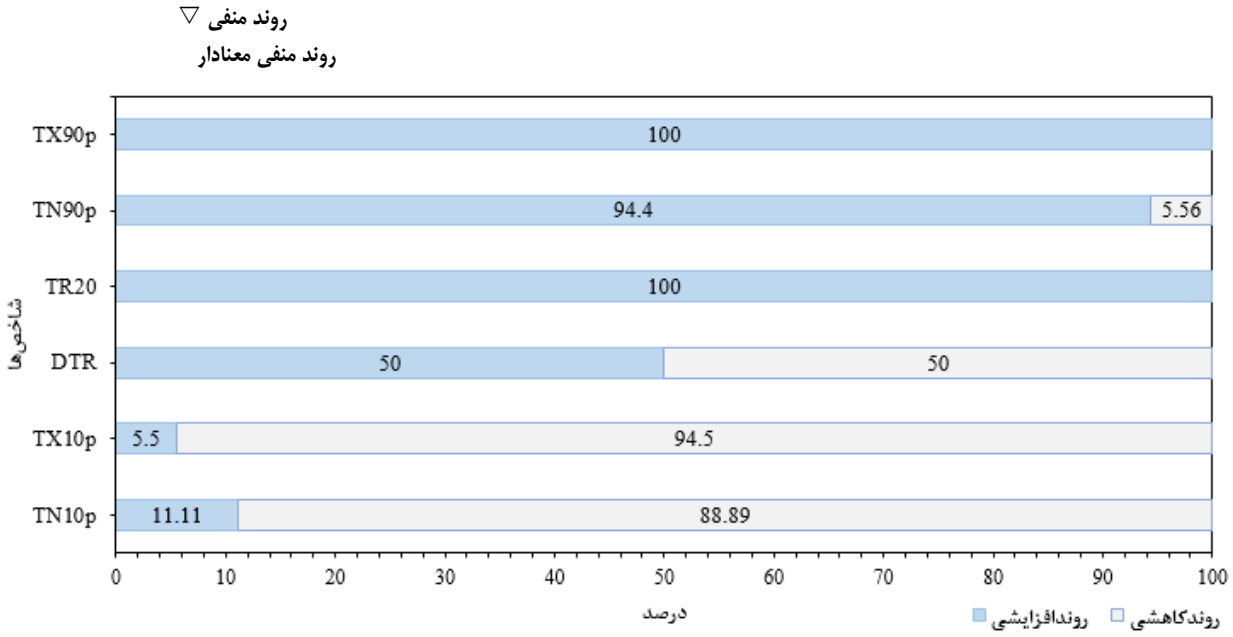
و فقط ایستگاه گرمسار روند منفی داشته است. بررسی نمایه روزهای گرم ($TX_{90}P$) در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند مثبت معنادار در سطح۹۰ درصد را نشان می‌دهد که حاکی از افزایش تعداد روزهای گرم بوده است. شاخص (DTR) دامنه تغییرات شبانه روزی دما را نشان می‌دهد که در ایستگاه‌های مختلف روندهای متفاوتی داشته است. این نمایه برای ایستگاه‌های واقع در نیمه‌ی شمالی محدوده مورد مطالعه روندی مثبت و فقط در سه ایستگاه کاشمر، شاهرود و سمنان این روند در سطح اطمینان ۹۵/. معنادار می‌باشد و بالعکس برای ایستگاه‌های نیمه جنوبی روندی کاهشی دارد. بیشترین دامنه تغیرات دمای میانگین مربوط به ایستگاه گرمسار که ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد را در سال ۲۰۱۷ ثبت کرده است. شاخص تعداد شب‌های حاره‌ای (TR_{20}) در تمامی ایستگاه‌ها روند مثبت داشته و به جز ایستگاه شاهرود و سمنان در سایر ایستگاه‌ها این روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار می‌باشد. بیشترین افزایش تعداد شب‌های حاره‌ای مربوط به ایستگاه‌های بشرویه با ۱۱۰ روز، فردوس با ٤٥ روز و گرمسار با ٥٥ روز می‌باشد. برازش نمایه شب‌های سرد ($TN_{10}p$) حاکی از آن است که بجز ایستگاه یزد در سایر ایستگاه‌ها روند کاهشی داشته و گرمسار با ۳۷ شب، بیشترین تعداد شب‌های سرد منطقه را به خود اختصاص داده است. درصد روزهایی که دمای حداکثر و حداقل کمتر از صدک دهم باشد تغییر یافته است که نشان‌دهنده کاهش روزها و شب‌های سرد می‌باشند. از برازش نمودار شاخص روزهای سرد ($TX_{10}P$) مشخص شد که این روند منفی در سطح۹۰ درصد برای تمام ایستگاه‌ها بجز ایستگاه بشرویه معنادار است.شکل ۳ درصد ایستگاه‌های سینوپتیک را با روندهای مثبت و منفی برای هر شاخص دمایی نشان می‌دهد. دو شاخص روزهای سرد($TX_{10}p$) و شب‌های سرد ($TN_{10}p$) در دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ تحت سلطه روند منفی بوده است. در دو شاخص‌شب‌های حاره‌ای (TR_{20}) و روزهای گرم ($TX_{90}P$) شرایط بالعکس و روندهای افزایشی در ۱۰۰ درصد موارد غالب بوده است. درشاخص شب‌های گرم ($TN_{90}p$) این روند مثبت افزایشی در ۹٤ درصد حاکم است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، شاخص DTR در ۵۰ درصد ایستگاه‌ها روند مثبت و در ۵۰ درصد دیگر روند منفی دارند. در مجموع نتایج بدست آمده حکایت از روند افزایشی دما در محدوده کویر مرکزی ایران رادارد



شکل(۲). نمایه‌های حدی دمایی TX_{10}و TN_{10}, TR_{20}, DTR, TX_{90}, TN_{90}

روند مثبت معنادار ▲

روند مثبت △

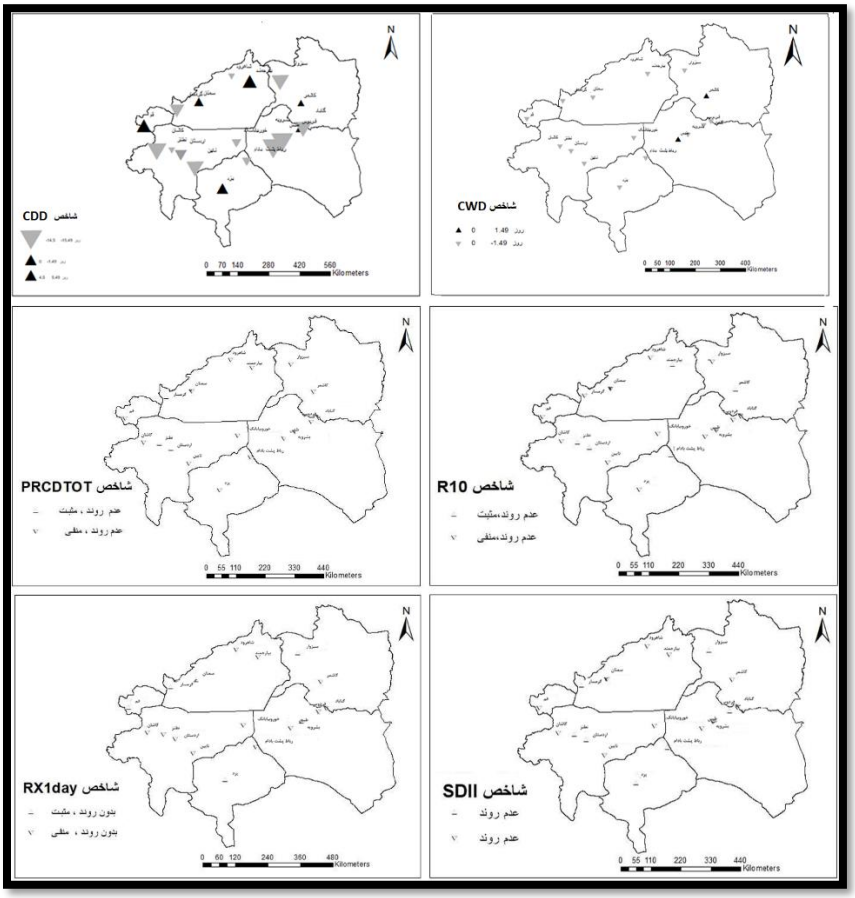


شکل۳. درصد تغییرات روند فراوانی شاخص‌های حدی دما

شاخص‌های بارش

شاخص‌های بارش طراحی شده، الگوهای متفاوتی از شدت، مـدت و فراوانی بارش را ارائه می‌دهند. در شکل ٤ نمایه‌های حدی بارش برای بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۱ ترسیم شده است. شاخص (CDD) تعداد روزهای خشک متوالی را نشان می‌دهد، بیشترین تعداد روزهای خشک متوالی که بارش کمتر از ۱ میلی‌متر باشد در اکثر ایستگاه‌ها روند کاهشی داشته است که این روند کاهشی در ایستگاه‌های سبزوار، فردوس، رباط پشت بادام، خوروبیابانک، نایین و کاشان در سطح ۹۵ معنادار است. روزهای تر، بیشترین تعداد روزهای متوالی که بارش بیشتر مساوی ۱ میلی‌متر باشد (CWD)، بجز دو ایستگاه کاشمر و طبس در بقیه ایستگاه‌ها روند کاهشی داشته که هماهنگ با کاهش بارش در منطقه در سال‌های اخیر می‌باشد. شاخص (PRCPTOT) مقدار سـالانه بارش در روزهای تر است. خروجی این شاخص نشان می‌دهد کـه مقـدار آن دارای نوسان بوده و از سالی به سال دیگر متفاوت می‌باشد امـا در تمام ایستگاه‌ها این شاخص روند منفی داشته و میزان کـاهش بـارش در منطقه محسوس است. در این بین ایستگاه‌های گرمسار، اردستان و نطنز بدون روند می‌باشند. در بررسی شاخص حداکثر بارش ۱ روزه (RX۱day) بجز ایستگاه‌های سبزوار، گرمسار، قم و یزد که روندی مشاهده نمی‌شود، سایر ایستگاه‌ها روند منفی دارند. بیشترین مقدار بارش یک روزه به ایستگاه شاهرود با ۱۰۰ میلیمتر بارش در سال۱۹۹۲ اختصاص دارد. روزهای با بارش سـنگین یعنی تعداد روزهای با مقدار بارش روزانه مسـاوی یا بیشـتر از ۱۰میلیمتر(R۱۰mm)، در ٦ ایستگاه اردستان، بیارجمند، کاشمر، نایین، نطنز ورباط پشت بادام افزایش داشته و در سایر ایستگاه با کاهش روبرو بوده‌است. در طی دوره آماری مورد مطالعه (۲۰۲۰-۱۹۹۱) فراوانی این شاخص منفی و کاهشی می‌باشد. بیشترین روزهای سنگین مربوط به کاشمر با ١٦ روز در سال ۲۰۲۰ بوده است. در نمایه شدت بارش روزانه (SDII) در همه ایستگاه‌ها روند معنادار مشاهده نمی‌شود. در ایستگاه کاشمر، بشرویه، کاشان، خوربیابانک، نایین، سمنان، بیارجمند، شاهرود، طبس و قم که این روند، منفی و کاهشی است.

درصد ایستگاه‌های سینوپتیک با روندهای متفاوت در شکل ۵ برای هر یک از شاخص‌های بارشی نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تمامی شاخص‌های مورد مطالعه در در دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ تحت سلطه روند منفی بوده است. بیشترین روند منفی مربوط به شاخص مقدار سـالانه بارش در روزهای تر (PRCPTOT) است که در ۸۳درصد موارد روند کاهشی دارد. بطور کلی خروجی‌های بدست آمده از این بخش حکایت از روند کاهشی بارش در محدوده مورد مطالعه دارد.



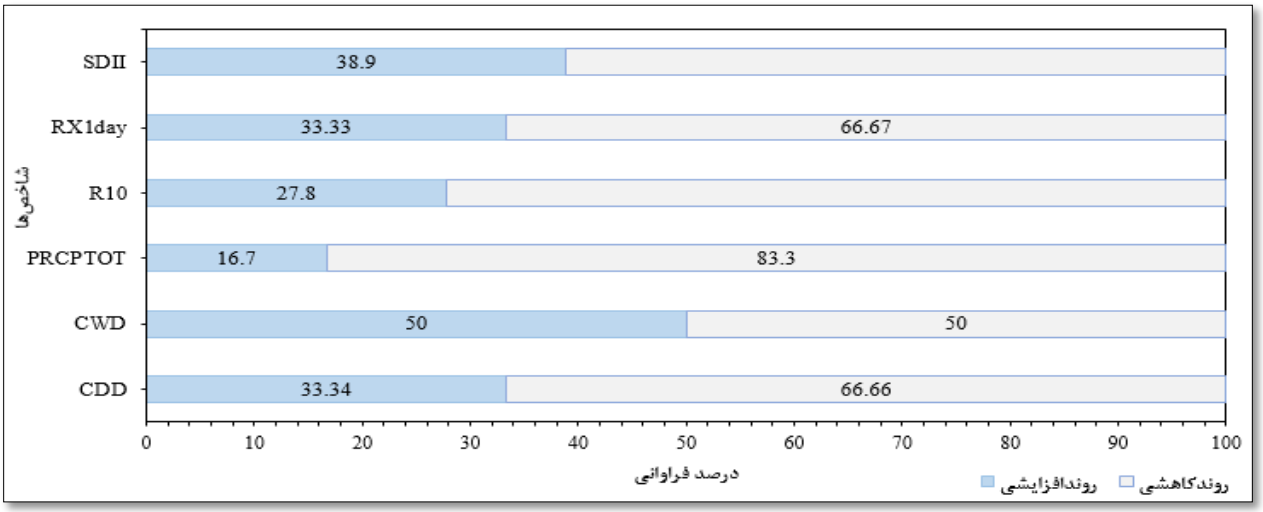
روند مثبت معنادار ▲

روند مثبت △

روند منفی ▽

روند منفی معنادار ▼

شکل(٤). نمایه‌های حدی بارش SDII و CDD, CWD, PRCDTOT, R۱۰, RX۱day



شکل(٥). درصد تغییرات روند فراوانی شاخص‌های حدی بارش

نتیجه گیری کلی

رویدادهای حدی به دلیل پیامدهای حاصل از فراوانی، تداوم و شدت اثر بر اکوسیستم‌ها، فرآیندهای طبیعی (نظیر هوازدگی و فرسایش)، تأثیر بر جوامع انسانی و نیز به دلیل تهدیدات روزافزونشان از اهمیت شایان توجهی برخوردارند. فرین‌های حدی از جدی‌ترین چالش‌های جوامع بشری طی دهه‌های اخیر بوده است، به طوریکه گاهی از آنها با عنوان چالش‌های اجتماعی نیز یاد کرده و توسعه اقتصادی پایدار و شرایط حیاتی را به توانایی مدیریت مرتبط با حدی‌های اقلیمی می‌دانند(Seneviratne, S. I ۲۰۲۱).از این‌رو، ابتدا رونـد مقادیر حـدی اقلیمـی در منطقه مورد نظر توسـط نـرم‌افـزار Rclimdex محاسبه و نمودارهای شاخص‌های حدی استخراج گردید. نتایج بررسی چگونگی تغییرات زمانی رخداد شاخص‌های گرم طی دوره ۲۰۲۰-۱۹۹۱ در محدوده مورد مطالعه نشان داد که برای بیشتر ایستگاه‌ها در حالت کلی، روند شاخص‌های گرم مانند تعداد شب‌های حاره‌ای (TR۲۰)، روزها و شبهـای گرم (TN۹۰p،TX۹۰p) ، صعودی بوده است. همچنین خروجی پژوهش نشان داد که نمایه‌های حدی گرم در قسمت‌های شمالی و جنوبی منطقه تا حدودی متفاوت هستند. بطوریکه شاخص‌های حدی گرم در قسمت جنوب منطقه نسبت به شمال آن دارای روند افزایشی معناداری می‌باشد. می‌توان گفت که ارتفاعات البرز در شاخص‌های قسمت شمال منطقه تاثیر گذار بوده است و مانع افزایش گرما در مقایسه با قسمت جنوب منطقه شده است. در مقابل تغییرات زمانی رخداد شاخص‌های سرد نشان داد که برای بیشتر ایستگاه‌ها در حالت کلی روند شاخص‌های سرد مانند روزهای سرد و شب‌های سرد نزولی بوده است. نکته مهمی که از بررسی کلی مجموع شاخص های حدی گرم و سرد در منطقه پژوهش برداشت می‌شود، حاکمیت روند گرمایشی در دوره آماری مورد نظر است که یکی از دلایل اصلی این شرایط افزایش گرمایش جهانی به‌ویژه از اواخر دهه ۱۹۹۰ است. نتایج بدست آمده در رابطه با رخدادهای حدی دمایی با نتایج (عابدینی و همکاران ،۱۳۹۸)،(نساجی‌زواره و باقرچشمه ،۱۴۰۲) و (زند و همکاران ،۱۴۰۲) مطابقت دارد. از این‌رو اتخاذ تصمیم‌های لازم در سطوح مختلف مدیریتی برای مقابله با پیامدهای احتمالی افزایش دما و رخدادهای حدی گرم دمایی در منطقه مورد مطالعه، ضروری است.بر اساس خروجی به‌دست آمده از بررسی روند نمایه‌های حدی بارش در منطقه مورد مطالعه، مجموع بارش در این قسمت همانند بسیاری از قسمت‌های کشور با کاهش مواجه شده است که البته از روند خاصی تبعیت نمی‌کند. در مقابل نمایه‌های حدی CDD وCWD در دوره ۲۰۲۰-۱۹۹۱ در تعدادی از ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی هستند. نتایج بدست آمده از این بخش با خروجی مطالعه (کوزه‌گران و موسوی بایگی ،۱۳۹٤) و (۲۰۱۲، Jones P.D) .همسو می‌باشد. توجه و اهمیت به پیامدهای افزایش رویدادهای حدی بارش و ایجاد حوادثی چون سیل، نیازمند اتخاذ راهکارهای مقابله با این تغییرات، مدیریت بحران، ارتقاء و بهبود زیرساخت‌های مقابله با این پدیده در حال وقوع است.

منابع

۱-کوزه گران، س، و موسوی بایگی، م. (۱۳۹٤). بررسی روند رویدادهای حدی اقلیمی در شمال شرق ایران. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، سال۳ شماره ۲۹، ص ۷۵۰-۷٦٤.

۲-رحیم‌زاده، ف ، فتاحی، الف ، حسینی دستک، س ، ف. (۱۳۸٤). بررسی تغییر پذیری اقلیمی در ایران با بهره‌گیری از مدل‌های آماری. تحقیقات منابع آب ایران، سال۱ شماره۲ ، ص۷۳-٦۱.

۳-خلیلی اقدم ن، مساعدی،الف، سلطانی، الف، کامکار، ب (۱۳۹۱). ارزیابی توانایی مدل LARS-WG در پیش بینی برخی از پارامترهای جوی سنندج. پژوهش های حفاظت آب و خاک (نشریه علوم کشاورزی و منابع طبیعی). شماره ٤، ص۱۰۲-۸۵.

٤-یازرلو، ب، ذاکری نیا، م, عبدالحسینی، م (۱۳۹٤). پیش‌بینی بارش‌های سنگین با توجه به تأثیرات تغییراقلیم قرن ۲۱ در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. شماره ۳، ص ۱۵۰-۱۳۷.

۵-خورشیددوست، ع، ساری صراف ب ، قرمزچشمه ب، جعفرزاده ف . (۱۳۹۷). پیش‌بینی بارش‌های سنگین سواحل جنوبی دریای خزر تحت شرایط تغییر اقلیم در دوره‌ی ۱٤۰۸-۱۳۸۹. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. شماره ۱۲،ص ۱۲۹-۱۲۱.

٦-اسعدی اسکویی، الف، مرتضی‌پور، س. (۱۳۹۹). مطالعه تغییر اقلیم در استان گیلان و نمایه‌های اقلیمی فرین در فراسنج‌های دمایی، نیوار، شماره ۱۱۱، ص ۱۰٦-۹۱.

۷- علوی نیا ،س، ح ،زارعی ، م .(۱۴۰۰) .آنالیزروند تغییر اقلیم با استفاده از شاخص های حدی داده های بلند مدت بارش ودما درجنوب شرق ایران.فصل نامه علمی برنامه ریزی منطقه ای .زمستان ۱۴۰۰ ، دوره ۱۱، شماره۴۴ ، ص ۱۳۲-۱۳۱

۸- نظری‌پور، ح، حمیدیان‌پور، م، خسروی، م ، وزیری، م . (۱۴۰۱)، تغییرپذیری فراوانی و شدت خشکسالی در ایران با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش-تبخیرتعرق. علوم آب و خاک. سال ٤ ، شماره ۲٦ ، ص۲٤۷-۲۳۳.

۹-عابدینی، الف ، موسوی بایگی، م ،خاشعی سیوکی، ع، سلاح ورزی، ی . (۱۳۹۸). بررسی روند رویدادهای اقلیمی حدی در استان خراسان جنوبی. *هواشناسی کشاورزی*، سال ۲، شماره ۷ ،ص ٦٦-۵۵.

۱۰-نساجی زواره، الف ، قرمزچشمه، ب . (۲۰۲۳). بررسی تغییرات زمانی-مکانی مقادیر حدی دما بر اساس شاخص‌های (ETCCDI)ناحیه شمال و غرب کشور. نشریه محیط زیست و مهندسی آب، سال ۱، شماره ۹ ، ص ۱۰۸-۹۵.

۱۱- زند, م، میری، م، کوثری, م. (۱۴۰۲). آشکارسازی تغییر اقلیم در استان لرستان با استفاده از شاخص‌های حدی. مهندسی و مدیریت آبخیز، سال۱ ، شماره۱۵ ،ص ۲۷-٤۱.

۱۲- Insaf T. Z., Lin S., and Sheridan S. C. **(۲۰۱۱).** Climate trend in indices for temperature and orecipitation across New York State, ۱۹٤۸-۲۰۰۸. Air Quality and Atmospher Health, ۱۸٦- ۱۹۷

۱۳- Im E. S., Jung I. W., Bae D. H. **(۲۰۱۱)**.The temporal and spatial structures of recent and future trends in extreme indices over Korea from a regional climate projection. International Journal of Climatology. ۳۱(۱): **۷۲۸٦**

۱٤ – Sensoy S, Turkoglu N, Akcakaya A, Ekikici M, Ulupinar Y, Atay H, Tuvan A, Demirbas H. **(۲۰۱۳)** .Trends in Turkey Climate indices from ۱۹٦۰ to ۲۰۱۰. ٦th Atmospheric Science Symposium - ATMOS ۲۰۱۳ ۳ - ۵ Haziran ۲۰۱۳, İstanbul.

۱۵ -Toros, H., Mokari,M., Abbasnia,M.**(۲۰۱۹)**. Regional variability of temperature extremes in the maritime climate of Turkey: a case study to develop agricultural adaptation strategies under climate change. Modeling Earth Systems and Environment, ۵(۳): ۸۵۷–۸٦۵

۱٦ -Liu, Z., Yao, Z., Huang, H., Batjav, B., & Wang, R. **(۲۰۱۹).** Evaluation of extreme cold and drought over the Mongolian Plateau. Water, ۱۱(۱), ۷٤

۱۷-Tegegne, G., Melesse, A. M., & Worqlul, A. W. **(۲۰۲۰).** Development of multi–model ensemble approach for enhanced assessment of impacts of climate change on climate extremes. Science of the Total Environment, ۷۰٤, ۱۳۵۳۵۷

۱۸ – Seneviratne, S. I., Zhang, X., Adnan, M., Badi, W., Dereczynski, C., Di Luca, A. … & Zhou, B. **(۲۰۲۱). ۱۱** Chapter ۱۱: weather and climate extreme events in a changing climate.

۱۹- Jones P. D., Horton E., Folland C., Hulme M., Parker,and D., Basnett T. **(۲۰۱۲).** The use of indices to identify changes in climatic extremes. Climatic Change.

Evaluation of the trend of extreme temperature and precipitation indices in the central desert of Iran.

Ebrahimi khorramabadi, mohammad jalal[۱] . Mohammad Baagideh[۲] . Alireza Entezari[۳]

۱- Climatology student of Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran .

۲- Associate Professor Department of Natural Geography, Hakim Sabzevari University Sabzevar, Iran .

۳ - Associate Professor, Department of Climatology and Geomorphology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran .

Abstract

The activities of humanity on Earth have significantly changed over the past hundred years. The increase in greenhouse gas concentrations has led to global warming and, as a result, has caused changes in climate indices. Assessing extreme temperature and precipitation values is of great importance in agricultural planning and water resource management policies. In this study, using daily temperature and precipitation data from ۱۸ synoptic stations located on the periphery of the central desert of Iran, ۱۲ extreme indices, including ٦ temperature indices and ٦ precipitation indices defined by ETCCDMI, were evaluated for the time period from ۱۹۹۱ to ۲۰۲۰.

For trend and magnitude determination of the indices, the Mann-Kendall test and Sen's slope estimator were used. The research results indicate an increasing trend in warm extreme indices and a decreasing trend in cold extreme indices in the study area. The Alborz Mountains factor has some influence on these indices, with the decreasing trend in cold extreme indices being less pronounced in the northern part of the region, which is closer to the Alborz Mountains, compared to the southern part. For instance, the Shahroud station and warm extreme indices in the southern part of the region show a significant increasing trend compared to the north. Furthermore, the diurnal temperature range index in the northern part of the region, which is close to the southern slopes of the Alborz Mountains, exhibits the highest increasing trend, while in the southern part, this index shows a decreasing trend. Regarding the ٦ precipitation indices, no significant trend was observed in most of the stations.

Introduction

"Natural variations are one of the characteristics of global climate that occur on both short-term and long-term scales. Most climatologists believe that short-term and long-term climate fluctuations are not random events (۳). Human activities have significantly altered the Earth's atmosphere over the past century, with an increase in greenhouse gas concentrations leading to global warming and an increase in extreme events. Extreme events refer to rare events that fall in the upper and lower tails of the statistical distribution in such a way that their occurrence is very unlikely under normal conditions (in terms of time and location)." Certainly, "In recent years, the phenomenon of climate change has been significantly noticeable, and in-depth studies in this regard have been strongly emphasized by international climate change organizations. It has become a major concern for planners, environmentalists, and climatologists alike.Iran's geographical location in a desert belt and its possession of one-fourth of its water resources (rainfall and surface water) make the importance of addressing the consequences of climate change more evident than ever. Examining extreme temperature and precipitation values and the extreme events resulting from them holds special significance in policy-making and planning in sectors such as agriculture, water resource management, urban planning, construction, and transportation.Within Iran's geographical framework, numerous regions are identified as key historical centers of Iranian civilization. One of these regions is the periphery of Iran's central desert, which is considered a significant historical axis of Iranian civilization. Since these regions provide the backdrop for extreme weather events, a detailed examination of extreme climate data in these areas is essential.

Methodology

For the purpose of achieving the research objectives, long-term daily data of precipitation, minimum and maximum temperatures from ۱۸ synoptic stations (Table ۱) within the specified region (the periphery of the central desert) during the statistical period (۱۹۹۱-۲۰۲۰) were utilized. The central desert, also known as the desert pit, is situated in the geographical coordinates of approximately ۳۰،٥٤ to ٥۷،۰۰ degrees east

and ۳۰,۳۳ to ۳۰,۳۵ degrees north, in the heart of the Iranian Plateau. The central desert is the widest desert in Iran, bordered to the north by the Central and Eastern Alborz mountain ranges, to the west by the vicinity of Qom and Kashan, to the east by the Peer Hajat and Azbakeh mountains, and to the south by the Khor-Khur - Tabas transportation corridor (see Figure ۱)

To investigate the trends of climate extreme indices, ۱۲ extreme indices, comprising ٦ temperature indices and ٦ precipitation indices defined by ETCCDMI for the time period (۱۹۹۱-۲۰۲۰), were employed (Tables ۲ and ۳). These indices are calculated using the RclimDex software within the R programming language environment.

The climate indices are then extracted from daily data. To examine the trend of climate changes, time series of extreme temperature and precipitation indices were subjected to trend analysis. One of the common methods for analyzing the trend of time series data is the Mann-Kendall test and Sen's slope, which were used in this study. The steps for calculating the statistics of these tests are detailed in the study by Nazarpour et al. (۱٤۰۱: ۲۳۷).

Furthermore, maps depicting the trends of the ۱۲ indices were generated using GIS software.

Conclusion

The results of the analysis of temporal changes in the occurrence of warm indices during the period ۱۹۹۱-۲۰۲۰ in the study area indicate that, in general, for most stations, the trends of warm indices such as tropical nights (TR۲۰), hot days (TX۹۰p), and hot nights (TN۹۰p) have been upward. Additionally, the research output shows that the warm extreme indices are somewhat different in the northern and southern parts of the region. Specifically, warm extreme indices in the southern part of the region exhibit a significant increasing trend compared to the northern part. It can be stated that the Alborz Mountains have had an influential role in the northern part of the region, preventing temperature increases compared to the southern part.On the other hand, the temporal changes in the occurrence of cold indices show that, in general, the trends of cold indices such as cold days and cold nights have been downward for most stations.

A crucial point deduced from the comprehensive examination of the warm and cold extreme indices in the research area is the predominance of warming trends during the selected statistical period. This is one of the main reasons for these conditions, driven by global warming, especially since the late ۱۹۹۰s. Based on the findings obtained from the analysis of the trend of precipitation extreme indices in the study area, the total precipitation in this region, like many other parts of the country, has experienced a decrease, although it does not follow a uniform pattern. In contrast, the extreme precipitation index (specific index not mentioned) for the period ۱۹۹۱-۲۰۲۰ shows an increasing trend in some stations. These conditions may indicate an increase in intense and short-term precipitation events, along with a shortening of the rainy season in the region.

The results from this section align with the findings of studies conducted by Mosavi Baygi et al. (۱۳۹٤) and Jones et al. (۲۰۱۲). Attention and significance to the consequences of increasing extreme precipitation events and the occurrence of events such as floods underscore the need to adopt strategies to address these changes, crisis management, and the enhancement and improvement of infrastructure to deal with this phenomenon as it occurs.

Keywords: "temperature and precipitation limit indices", "central desert margin", "ETCCDMI", RClimdex,"