نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲

صفحات ۱۴۹ - ۱۶۶

آشکارسازی تغییرات رخدادهای حدی دما و بارش با دوره های بازگشت مختلف در ایران

صدیقه فرهود؛ دانش آموخته کارشناسی ارشد آب‌وهواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه هرمزگان، ایران

اسداله خورانی[1]؛ دانشیار، گروه علوم جغرافیایی، دانشگاه هرمزگان، ایران.

عباس افتخاریان؛ استادیار، گروه آمار، دانشگاه هرمزگان، ایران.

دریافت مقاله :۱۴۰۱/۱۰/۲۹ پذیرش نهایی:۱۴۰۲/۰۶/۰۱

چکیده

در بیشتر مطالعات مرتبط با تغییراقلیم، آشکارسازی روندهای پتانسیلی در متوسط طولانی مدت متغیرهای اقلیمی مطرح شده است، در حالیکه مطالعه تغییرپذیری فضایی- زمانی رویدادهای حدّی نیز دارای اهمیت است. در این پژوهش داده‌های روزانه‌ی دمای حداکثر، دمای حداقل و مجموع بارش ۴۹ ایستگاه سینوپتیک با ۳۰ سال دوره‌ی آماری(۲۰۲۰-۱۹۹۱) برای تجزیه و تحلیل شاخص‌های حدّی مورد استفاده قرار گرفته و ۱۵ شاخص حدّی بارش و دما در محیط برنامه R استخراج گردید. درنهایت با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال روندهای این شاخص‌ها محاسبه شد. مقادیر این شاخص‌ها برای دوره‌های بازگشت ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله برآورد گردید و نقشه‌های آن مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که روند شاخص‌های بارش به جز شاخص طول دوره خشک (CDD) کاهشی است در حالیکه روند شاخص‌های حدّی دما به جز دو شاخص روزهای با دمای حداکثر و حداقل روزانه زیر صفر درجه، افزایشی است. از نظر فضایی شاخص‌های گرم در نواحی شمال غربی، شاخص‌های سرد در نیمه جنوبی کشور دارای روند افزایشی بوده و حاشیه دریای خزر، دریای عمان و خلیج فارس و مناطق کوهپایه‌ای زاگرس تاثیرپذیرترین مناطق در نتیجه افزایش روند بوده‌اند. همچنین مقادیر شاخص‌ها برای دوره بازگشت‌های ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله برآورد شدند. در نتیجه بررسی های انجام شده، شمال غرب کشور بیشترین مقادیر شاخص‌ها را در دوره بازگشت‌های مختلف در شاخص‌های دما دارد. افزایش مقادیر شاخص‌های R۱۰ ، R۲۰ ، RX۱day و RX۵day در دوره بازگشت‌های مختلف بیشتر در رشته کوه زاگرس و البرز بوده است و شاخص‌های CWD، CDD و SDII در حاشیه دریاهای خزر و خلیج فارس بیشترین مقادیر را داراست.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، دوره بازگشت، رویدادهای حدّی، من-کندال، ایران

[1] نویسنده مسئول: Email: khoorani@hormozgan.ac.ir

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]

[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

مقدمه

تغییرات طبیعی یکی از مشخصه‌های اقلیم جهانی است که هم در مقیاس زمانی کوتاه مدت و هم بلند مدت اتفاق می‌افتد. اکثر اقلیم‌شناسان براین باورند که نوسانات اقلیمی کوتاه مدت و بلند مدت حوادثی تصادفی نیستند (ماوی، ۱۳۸۳). در اکثر مطالعات مرتبط با تغییر اقلیم فقط آشکار سازی روندهای پتانسیلی یا نوسانات در متوسط طولانی مدت علائم اقلیمی مورد توجه بوده است. اما مطالعه تغییرپذیری و تغییر رفتار رویدادهای حدّی جوی نیز مهم است (Abaurrea ، ۲۰۰۱ and Cebrian). شدت و فراوانی رخدادهای فرین در بخش‌های بزرگی از جهان تحت تاثیر تغییر اقلیم است و خطر افزایش سیلابها و خشکسالی خودنمایی می-کند(Zia Hashemi et al ،۲۰۱۱). رویدادهای اقلیمی حدّی، پدیده هایی هستند که از نظر شدت و فراوانی کمیاب هستند و از آنجایی‌که اکوسیستم‌ها و ساختارهای فیزیکی جوامع انسانی با شرایط اقلیمی بهنجار تنظیم شده اند، در زمان رخداد این پدیده‌ها، به‌ندرت می‌توانند خود را تجهیز و آماده کنند. در نتیجه تغییر در زمان وقوع رویدادهای حدّی اغلب می‌تواند آثار چشم‌گیری بر اکوسیستم‌ها و جامعه نسبت به تغییر در شرایط متوسط جوّی داشته باشد. نتایج بسیاری از تحقیقات گویای این واقعیت است که رویدادهای حدّی اقلیمی در قرن ۲۱ متفاوت‌تر از قرن بیستم خواهد بود و این مسئله نقش فعالیت‌های انسانی در تغییر اقلیم را نشان می‌دهد. کشور ایران به دلیل قرارگیری در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان همه ساله تحت تأثیر وقوع روزهای خشک بدون بارش متوالی از یک طرف و یا بارش‌های سنگین ناگهانی از طرف دیگر، همراه با افزایش یا کاهش شدید دما و گاه وقوع بادهای شدید به عنوان رویدادهای فرین روبرو است. تیم کارشناسی آشکارسازی و نمایش تغییر اقلیم و شاخص‌ها، ۲۷ شاخص حدّی (۱۱شاخص حدّی بارش و۱۶ شاخص حدّی دما) را در محیط نرم افزار R، براساس الگوریتم‌های بهبود یافته و کاهش خطای عددی طراحی کرده است (Zhang and Yang,۲۰۰۴).

تاکنون روش‌های مختلفی برای بررسی تغییرات و وجود روند در سری‌های زمانی بارش و دما ارائه شده است که به دو دسته روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌شوند. معمول‌ترین روش ناپارامتریک، روش من-کندال است. مطالعات پیرامون شرایط اقلیمی ایران با بهره گیری از این روش، نشان می‌دهدکه شاخص‌های حدّی بارش دارای روند و تغییر است. در بیشتر ایستگاه‌ها بارش سالانه کاهش یافته و از نظر بارش‌های سنگین نیز، بیشتر سواحل جنوبی و شمالی دچار تغییرات بوده است (محمدی و همکاران،۱۳۹۶).

یکی از مسائل اصلی این پژوهش، برآورد مقادیر بازگشتی شاخص‌های حدّی است؛ دوره بازگشت عکس احتمال است و آن تعداد سال‌هایی است که بطور متوسط بین وقوع دو حادثه مشابه وجود دارد (کمری و نوری، ۱۳۹۵). در این جهت انتخاب بهترین تابع توزیع احتمال از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با انتخاب نوع توزیع آماری می‌توان به پیش‌بینی وضعیت عملکرد پروژه‌های منابع آب پرداخت. با این وجود باید توجه داشت که همه‌ی توزیع‌های تئوریک، توصیف‌کننده‌ی دقیق واقعیت‌های طبیعی نیستند.

نیکولین و همکاران(Nikulin et al، ۲۰۰۹) با استفاده از مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای و با محاسبه مقادیر دوره بازگشت ۲۰ ساله به ارزیابی دما و سرعت باد حدّی سالانه و بارندگی فصلی در اروپا پرداختند. محققین برای برآورد دوره بازگشت از توزیع مقدار حدّی تعمیم یافته(GEV) استفاده نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که دماهای حدی با دوره بازگشت ۲۰ ساله در دوره۱۹۹۰-۱۹۶۱ در اروپا با دوره بازگشت ۲-۱ ساله و در اسکاندیناوی با دوره بازگشت ۵ ساله تکرار می‌شوند.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

از جمله مطالعاتی که به منظور آشکارسازی روند شاخص‌های دما و بارش در ایران انجام شده است می‌توان به (محمدی و همکاران،۱۳۹۶) اشاره کرد که به این نتیجه رسیدند که در دوره ۲۰۱۲-۱۹۸۲ شاخص‌های حدّی بارش در ایران دارای روند و تغییر است. در بیشتر ایستگاه‌ها بارش سالانه کاهش یافته است و از نظر بارش‌های سنگین نیز بیشتر سواحل جنوبی و شمالی دچار تغییرات بوده است. همچنین رحیم‌زاده و همکاران روندهای مقادیر حدّی بارش را در ایستگاه‌های استان هرمزگان بررسی کردند. نتایج کار انها نشان داد که میزان بارش کاهش یافته و ادامه آن تداوم خشکسالی در سالهای آتی را در پی خواهد داشت (رحیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). علیزاده چوبری و نجفی(Alizadeh-، ۲۰۱۷ Choobari and Najafi) در تحقیقی بیان می‌کنند که حداقل و حداکثر دما در اکثر مناطق ایران روند افزایشی و بارش سالانه روند کاهشی را تجربه کرده است. همچنین زرین و همکاران در بررسی دما و بارش ۴۷ ایستگاه ایران به این استنباط رسیدند که میانگین دمای بلندمدت سالانه ۱۵ ایستگاه روند منفی و۴۲ ایستگاه شیب خط روند مثبت بود. همچنین بارندگی برای ۱۱ ایستگاه روند مثبت و ۳۳ ایستگاه روند منفی داشتند که این امر، تغییرات قابل توجه و اهمیت این مبحث را دو چندان می‌کند (زرین و همکاران، ۱۳۹۹). علاوه براین، پژوهش‌های دیگری نیز درباره رویدادهای فرین بارش و دما در ایران انجام شده است؛ همچون محمدی و تقوی(۱۳۸۴)، اسدی و حیدری(۱۳۹۰) و عساکره(۱۳۹۱) که بیانگر روند افزایشی متوسط دمای سالانه و همچنین کاهش در مجموع بارش سالانه و ناهنجاری در بارشهای فرین در ایران است.

جمع بندی پیشینه نشان داد که به رغم مطالعات خوب و گسترده ای که انجام شده است، هنوز مقادیر شاخص‌ها در دوره بازگشت‌های مختلف در ایران انجام نگرفته است؛ بنابراین این تحقیق با دو هدف اصلی انجام شده است. نخست بررسی تغییرات در دما و بارش با تجزیه و تحلیل یافته های بدست آمده از شاخص‌های حدّی(۱۵ شاخص) و سپس تخمین مقادیر این شاخص‌ها در دوره بازگشت‌های مختلف(دوره‌های بازگشت ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله). با توجه به تغییرپذیری بالای اقلیمی ایران، نتایج این مطالعه می‌تواند در جهت برنامه‌ریزی‌های مرتبط با تغییرات اقلیمی (همچون خشکسالی) و همچنین مدیریت منابع آب در ایران (همچون کنترل سیلاب و سدسازی) مورد استفاده قرار گیرد.

داده ها و روش کار

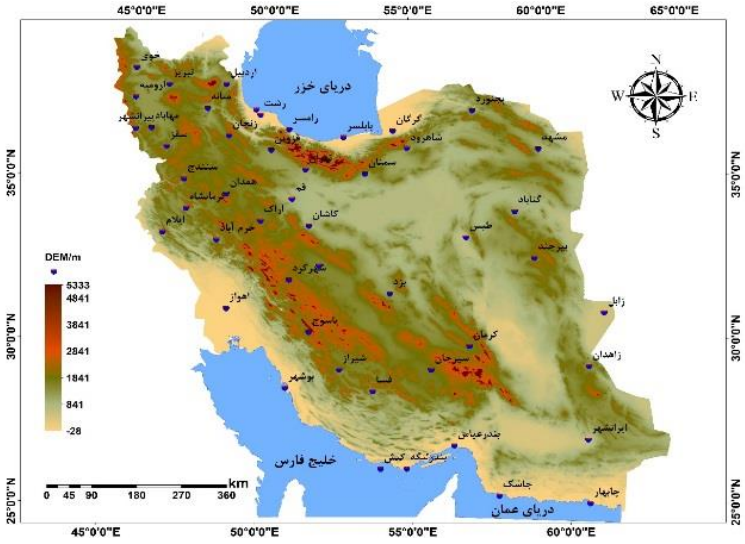
- **قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه**

ایران در نیمکره شمالی بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی از خط استوا و بین ۴۴ تا ۶۳/۵ درجه طول شرقی از گرینویچ واقع شده است و با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع معادل یک بیست‌وهفتم وسعت قاره‌ی آسیا و نزدیک به یک نودم خشکی‌های جهان است. تنوع آب و هوایی ایران عمدتا ناشی از تنوع عرض جغرافیایی، توپوگرافی، نزدیکی به آب‌های آزاد و تاثیر پذیری از سیستم‌های جوّی با منشأ مختلف است. به ویژه رشته کوههای البرز و زاگرس تعیین‌کننده‌ی تغییرات مکانی دما و بارش هستند. با توجه به این واقعیت، مرزهای اقلیمی ایران تا حدّ زیادی از توپوگرافی تبعیت می‌کند (شکل۱).

به منظور تحلیل شاخص‌های مورد نظر از داده‌های حداکثر دمای روزانه، حداقل دمای روزانه و مجموع بارش روزانه ۴۹ ایستگاه سینوپتیک که از سازمان هواشناسی کشور اخذ شده و دارای داده های طولانی مدت برای دوره‌ی آماری ۳۰ ساله (۲۰۲۰-۱۹۹۱) بوده است استفاده شد. شکل ۱ موقعیت و پراکندگی این ایستگاه‌ها را در سطح منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

۱۵ شاخص حدّی مربوط به دما و بارش که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند در جدول ۱ آورده شده است. این شاخص‌ها به گونه‌ای انتخاب شده‌اند تا تمام پدیده‌های حدّی دما و بارش را بر روی ایران آشکار سازند. برای استخراج این شاخص‌ها از بسته نرم‌افزاری RClimDex استفاده شده است. این بسته نرم‌افزاری به وسیله زانگ و یانگ (۲۰۰۴ ،Zhang and Yang) در شعبه‌ی تحقیقات اقلیمی سرویس هواشناسی کانادا توسعه یافته است.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول ۱. شاخص‌های حدّی بارش و دمای مورد استفاده در این تحقیق

ردیف	شاخص	واحد
۱	تعداد روزهایی که دمای حداقل روزانه کمتر از صفر درجه است(FD)	روز
۲	تعداد روزهایی که دمای حداکثر روزانه بیشتر از ۲۵ درجه است (SU۲۵)	روز
۳	تعداد روزهایی که دمای حداکثر روزانه کمتر از صفر درجه است (ID)	روز
۴	بیشینه ی ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXx)	درجه سلسیوس
۵	بیشینه ی ماهانه دمای حداقل روزانه (TNx)	درجه سلسیوس
۶	کمینه ی ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXn)	درجه سلسیوس
۷	کمینه ی ماهانه دمای حداقل روزانه (TNn)	درجه سلسیوس
۸	دامنه تغییرات شبانه روزی دما (DTR)	درجه سلسیوس
۹	حداکثر بارش یک روزه (RX۱day)	میلی‌متر
۱۰	میزان بارش ماهانه ۵ روز متوالی (RX۵day)	میلی‌متر
۱۱	شاخص ساده بارش (نسبت بارش سالانه به روزهای تر)- (SDII)	میلی‌متردر روز
۱۲	تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر (R۱۰)	روز
۱۳	تعداد روزهای با بارش بیش از ۲۰ میلی‌متر (R۲۰)	روز
۱۴	بیشترین تعداد روزهای تر متوالی که بارش بیشتر از ۱ میلیمتر است (CWD)	روز
۱۵	بیشترین تعداد روزهای خشک متوالی که بارش کمتر از ۱میلی‌متر است (CDD)	روز

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

- **پایش روند داده‌ها با استفاده از آزمون من-کندال(MK)**

در آزمون ناپارامتریک من-کندال فرض صفر بر عدم وجود روند و فرض یک بر وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد. در این روش ابتدا اختلاف بین هر یک از مشاهدات با تمام مشاهدات پس از آن محاسبه شده و پارامتر S مطابق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sgn\,(xj - xk)) \qquad (1)$$

که n تعداد مشاهدات، x_j ، x_k که به ترتیب داده های j ام و k ام سری می‌باشند. تابع علامت sgn به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\begin{cases} Sgn\,(xj - xk) = +1 & for\ (xj - xk) > 0 \\ Sgn\,(xj - xk) = 0 & for\ (xj - xk) = 0 \\ Sgn\,(xj - xk) = -1 & for\ (xj - xk) < 0 \end{cases} \qquad (2)$$

سپس واریانس S توسط یکی از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{cases} var(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t(t-1)(2t+5)}{18} & for\ n > 10 \\ var(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} & for\ n < 10 \end{cases} \qquad (3)$$

که n و m تعداد دنباله‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان در یک دنباله است.

در آخر نیز آماره‌ی Z به کمک یکی از روابط زیر استخراج می‌شود:

$$\begin{cases} Z = \frac{\mathbf{S-1}}{\sqrt{\mathbf{var(s)}}} & for\ S > 0 \\ Z = 0 & S = 0 \\ Z = \frac{s+1}{\sqrt{var(s)}} & for\ S < 0 \end{cases} \qquad (4)$$

آزمون روند، فرض صفر(با فرض دو دامنه بودن) به شرط زیر مورد پذیرش قرارمی‌گیرد:

$$Z\square\square/2 > |\mathbf{Z}| \qquad (5)$$

که $\propto$ سطح معنی‌داری است که در نظر گرفته می‌شود. در بررسی حاضر این آزمون برای سطح معنی‌داری ۰/۹۵ به کار گرفته شده است.در صورتیکه آماره Z مثبت باشد روند داده‌ها مثبت و در صورت منفی بودن، روند نزولی در نظر گرفته می‌شود(محمدی، ۱۳۹۰؛ قصاب فیض و اسلامی، ۱۳۹۶؛Mondal et al،۲۰۱۸).

- **درون‌یابی به روش عکس فاصله (IDW)**

روش درونیابی IDW نوعی میانگین‌گیری وزنی است که وزن آن تابعی از فاصله است. اساس این روش بر معادله زیر استوار است که درآن λi وزن نقطه نمونه i ام، Do شعاع همسایگی، Di فاصله بین نقطه i ام و نقطه مجهول و a توان وزن‌دهی است (حمیدیان‌پور و همکاران،۱۳۹۲).

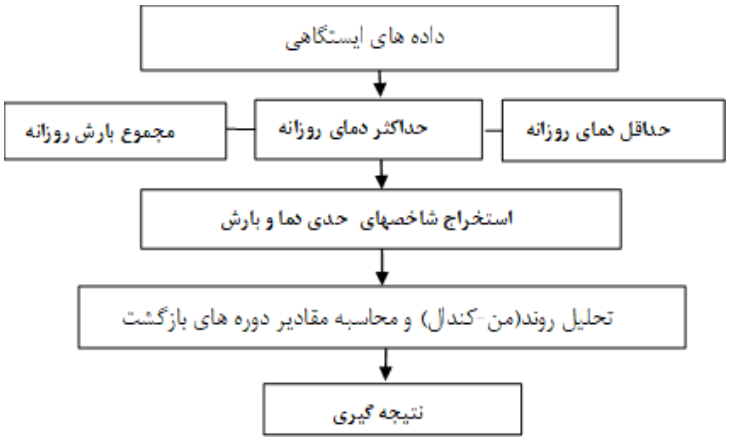
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

$$\lambda i=(\frac{Do}{Di})^{a}- ۱ \quad (۶)$$

- **تبیین دوره بازگشت و احتمال وقوع**

قبل از ارزیابی دوره بازگشت که عکس احتمال وقوع است، ابتدا سری‌های زمانی سالانه و احتمال وقوع آن برآورد شده و مناسب‌ترین تابع توزیع آماری قابل برازش برروی داده‌ها از میان دوازده تابع انتخاب شده است. در این برآورد از نرم افزار هیدرولوژی با نام Easy-fit که دامنه‌ی تعداد توابع توزیع بالاتری دارد، استفاده شده است. احتمال‌های ۰/۹۹۸، ۰/۹۹۵ و ۰/۹۸ به ترتیب برای دوره‌های برگشت ۵۰۰، ۲۰۰ و ۵۰ سال مورد محاسبه قرارگرفت. توابع مورد استفاده در این پژوهش شامل: تابع توزیع گامبل، لوگ نرمال، تابع توزیع نرمال، لوگ نرمال سه پارامتره، گاما(لوگ پیرسون تیپ ۳)، لوگ گاما، گاما سه پارامتره، لوگ پیرسون تیپ ۳، پیرسون تیپ ۵، پیرسون تیپ ۵ سه پارامتره، پیرسون تیپ ۶، پیرسون تیپ ۶ چهار پارامتره می‌باشد.

جهت ارزیابی نیکویی برازش از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف (k-s) در برآورد دوره‌های بازگشت بهره برده شد. در این روش توزیع و مشاهدات به عنوان معیار در نظر گرفته شده و براین اساس در مورد نکویی برازش قضاوت می‌شود. روش k-s این مزیت را دارد که داده‌ها را گروهبندی می‌نماید (نکوئیان و همکاران،۱۳۹۰). مراحل انجام تحقیق در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۲. مراحل انجام تحقیق

شرح و تفسیر نتایج

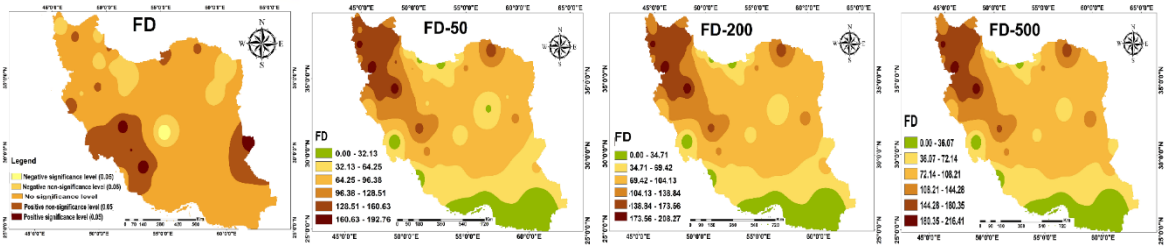
در این پژوهش به منظور آشکارسازی روندهای موجود در ۱۵ شاخص‌حدّی دما و بارش استخراج شده برای کشور ایران در یک دوره‌ی ۳۰ ساله (۲۰۲۰-۱۹۹۱)، آزمون من- کندال در سطح معنی‌داری ۹۵٪ اعمال گردید. سپس مقادیر شاخص‌ها با دوره بازگشت‌های ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله با استفاده از مدلهای آماری که احتمال مورد انتظار یک رویداد را توصیف می‌کند، تخمین زده شد.

- **شاخص‌های حدّی دما**

شاخص روزهای یخبندان (FD)، تعداد روزهایی را نشان می‌دهد که دمای حداقل روزانه کمتر از صفر درجه سلسیوس است. روندهای این شاخص در قسمت‌های اندکی از شرق دریای خزر، شرق، جنوب غرب و همچنین نقاط پراکنده‌ای از

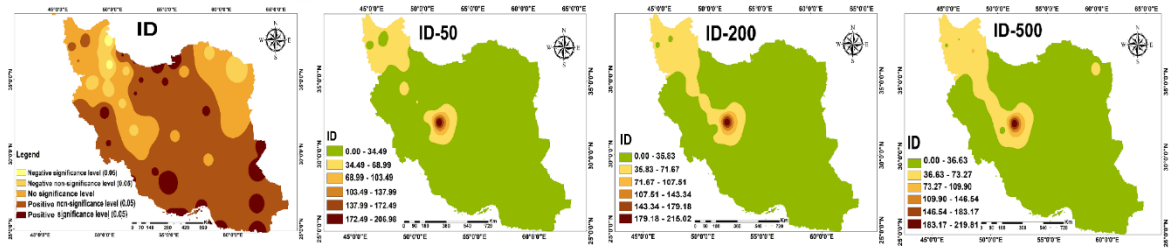
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

غرب کشور مثبت است. اما این روند مثبت تنها در بخش‌هایی اندک در شرق و جنوب غربی، در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار بوده است. روندهای منفی این شاخص در شمال شرق، شمال، مرکز و همچنین شمال غربی مشاهده شده است. این روند نیز در سطح معنی‌دار ۰/۹۵تنها در بخش مرکزی معنی‌دار بوده است. ارقام این شاخص با دوره بازگشت ۵۰ ساله بین (۰/۷۶-۱۹۲) متغیر است. این شاخص در دوره بازگشت‌های ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله به ترتیب در بازه‌ی(۲۷//۲۰۸-۰) و (۰/۴۱-۲۱۶) قرار دارد. کمترین مقدار این شاخص در دوره برگشت‌های مختلف در حاشیه جنوبی کشور و جنوب دریای خزر دیده شده و بالاترین میزان در شمال غربی و شمال شرقی است(شکل۳).



شکل ۳. روند شاخص حدّی روزهای با دمای حداقل روزانه کمتر از صفر درجه (FD) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

با در نظر گرفتن شاخص روزهای با دمای حداکثر روزانه کمتر از صفر درجه (ID) و روندیابی آن در سطح معنی‌داری ۰/۹۵، می‌توان اینگونه بیان داشت که بیشتر قسمتهای کشور، روندی مثبت داشته است که از شمال به سمت قسمتهای مرکزی و سپس شرق، جنوب شرق و جنوب کشور به سمت غرب کشیده شده است اما تنها در بخش‌های پراکنده ای در شمال، جنوب و جنوب شرقی در سطح ۰/۹۵ معنی دار است. در بخش‌هایی از شمال شرق، حاشیه غربی دریای خزر، و بخش‌هایی از زاگرس مرکزی روندهای منفی مشاهده شده است. از این مناطق فقط حاشیه غربی دریای خزر در سطح ۰/۹۵معنی‌دار بوده است. مقادیر این شاخص با دوره بازگشت ۵۰ ساله بین اعداد ۰ تا ۲۰۶/۹۸ متغیر است. تمام کشور بجز مرکز و شمال غربی، دارای کمترین مقادیر این شاخص در دوره بازگشت‌های مورد بررسی بوده و برای دوره برگشت‌های ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله نیز به ترتیب بین ۰۲/۲۱۵-۰ و ۸۱/۲۱۹-۰ است (شکل ۴).

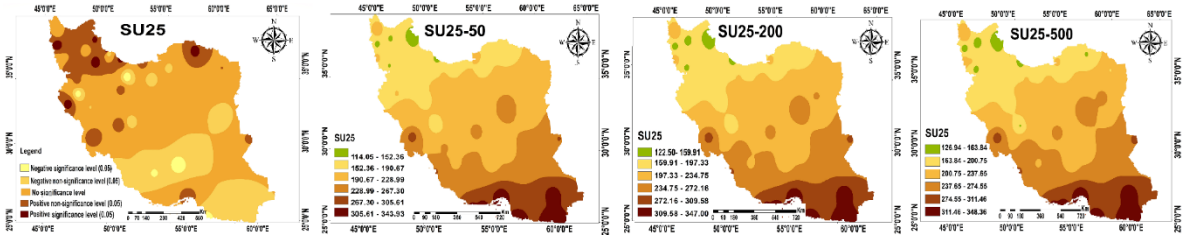


شکل ۴. روند شاخص حدّی روزهای با دمای حداکثر روزانه کمتر از صفر درجه (ID) استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود روندهای مثبت شاخص SU (تعداد روزهایی که دما بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد بوده است) در مناطق غرب و شمال غرب، غرب دریای خزر، شمال شرق و همچنین بخش کوچکی از جنوب و شرق محاسبه شده است. این روند مثبت فقط در بخش‌های محدودی از شمال شرق، غرب و شمال غرب، در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار بوده است. با در نظر داشتن این موضوع که روندهای منفی بیشتر در جنوب شرق، مرکز، بخش‌هایی از

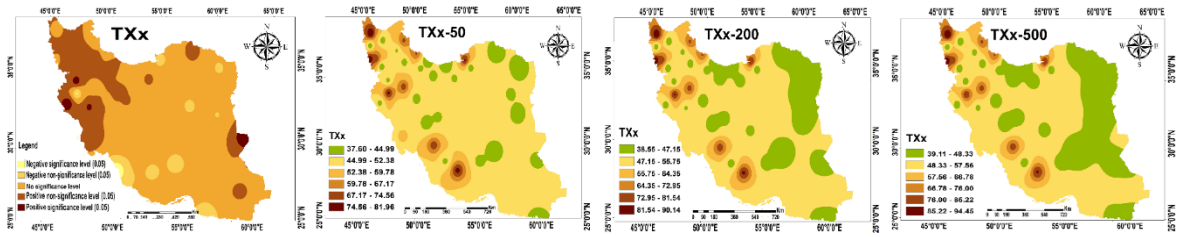
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

حاشیه خلیج فارس و همچنین نقاط اندکی از غرب و جنوب رشته‌کوه البرز وجود دارد، تنها منطقه‌ی دارای روند منفی معنی‌دار (در سطح ۰/۹۵) در جنوب البرز، غرب و محدوده‌ی مرکزی کشور است. مقادیر این شاخص در دوره بازگشت‌های ۵۰، ۲۰۰ و۵۰۰ ساله به ترتیب در محدوده‌های (۳۴۳/۹۳-۱۱۴/۰۵)، (۳۴۷/۰۵-۱۲۲/..) و (۳۴۸/۳۶-۱۲۶/۹۴) قرار داشته است. شکل ۵ نشان می‌دهد که تغییرات چندانی در سه دوره مورد بررسی وجود ندارد، به طوری که در هر سه نقشه از سمت شمال غرب به جنوب شرق مقادیر شاخص در دوره بازگشت‌های مختلف افزایش داشته و بیشترین مقادیر در جنوب شرق و حاشیه دریای عمان مشاهده می‌شود.



شکل ۵. روند شاخص حدّی روزهای با دمای حداکثر روزانه بیشتر از ۲۵ درجه (SU۲۵) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

روندهای مربوط به شاخص بیشینه‌ی ماهانه حداکثر دمای روزانه (TXX) در شرق، شمال شرق، غرب و شمال غرب دارای روند افزایشی و بوده است که تنها بخش محدودی از این مناطق در غرب و شرق در سطح ۰/۹۵دارای روند معنی‌دار است. مناطق با روندهای کاهشی، به صورت پراکنده و محدود در جنوب، غرب و شمال شرقی دیده می‌شوند که تنها در بخش‌های بسیار محدودی در حاشیه خلیج فارس در جنوب غرب کشور، و لکه‌ی محدودی در غرب روند معنی‌دار نشان داده‌اند. محدوده ارقام این شاخص در دوره‌ی بازگشت ۵۰ ساله بین ۳۷/۶ تا ۸۱/۹۶، با دوره‌ی ۲۰۰ ساله بین ۳۸/۵۵ تا ۹۰/۱۴ و با دوره‌ی ۵۰۰ ساله بین ۳۹/۱۱ تا ۹۴/۴۵ متغیر بوده است (شکل۶).

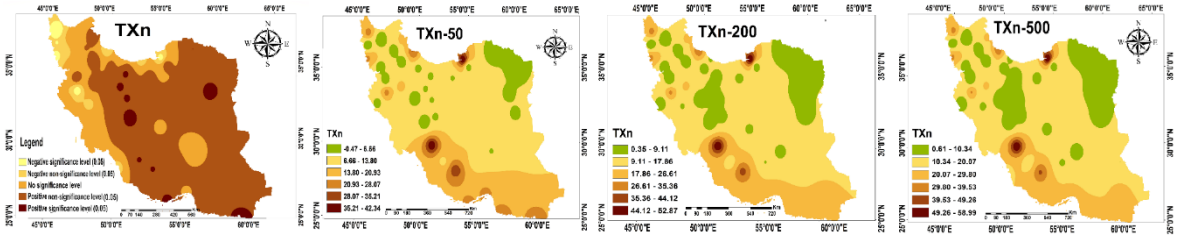


شکل ۶. روند شاخص حدّی بیشینه ی ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXX) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

همانگونه که در شکل ۷ مشاهده می‌شود شاخص کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXN) تقریبا در تمام وسعت کشور ایران بجز نواحی محدودی در شمال، شمال غرب و غرب دارای روند افزایشی بوده است. البته این روند افزایشی تنها در بخش محدودی از جنوب و جنوب شرق، شمال شرقی و لکه‌هایی در بخش مرکزی در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار بوده است. همانگونه که ذکر شد این شاخص در شمال غربی، غرب و حاشیه دریای خزر دارای روند منفی بوده است که البته این روند منفی نیز فقط در حاشیه شرقی دریای خزر، غرب و مناطق مرزی شمال غرب کشور معنی‌دار بوده است. مقادیر این شاخص با دوره بازگشت ۵۰ساله (۴۲/۳۴-۰/۴۷-)، در شمال شرق و به صورت پراکنده به سمت شمال غربی دارای

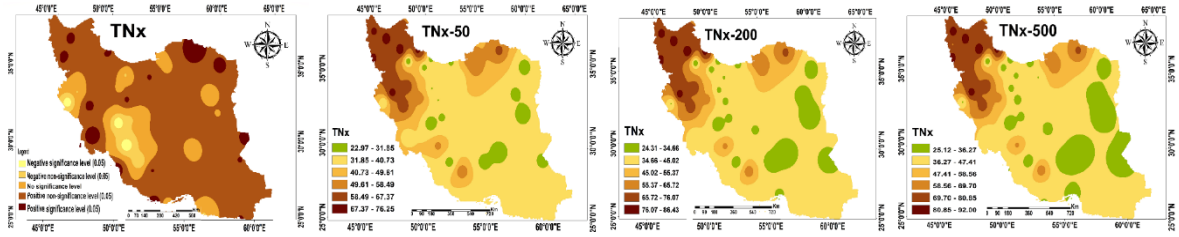
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

کمترین مقادیر و در جنوب و شمال ایران با بیشترین مقادیر مشخص شده است. مقادیر این شاخص با دوره برگشت‌های ۲۰۰ (۳۵/۸۷-۰/۵۲)، و ۵۰۰ ساله (۵۸/۹۹-۰/۶۱) از الگویی تقریبا مشابه با دوره بازگشت ۵۰ سال برخوردار است.



شکل ۷. روند شاخص حدّی کمینه‌ی ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXN) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

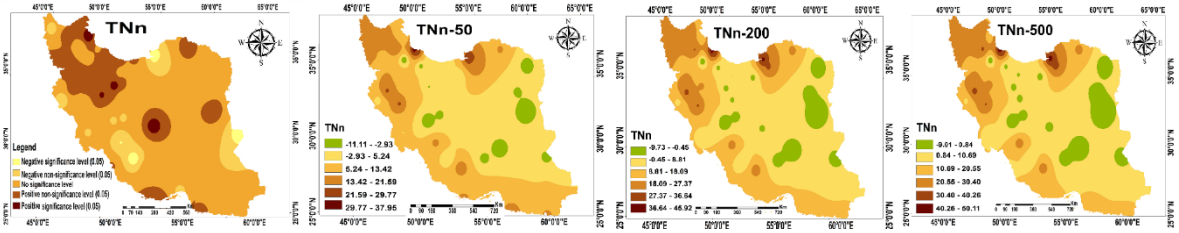
شاخص بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNX) در بخش‌های محدودی از غرب و جنوب غرب کشور دارای روندی منفی است که مرکز این مناطق دارای روند معنی‌دار بوده است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشتر مساحت کشور از شمال، جنوب و شرق و غرب روندی افزایشی دارد و این روند جز در محدود مناطقی در شمال غرب، جنوب غرب، شمال شرقی و شرق، در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار نبوده است. مقادیر این شاخص در دوره بازگشت‌های ۵۰ ، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله به ترتیب بین مقادیر ۷۶/۲۵-۲۲/۹۷، ۸۶/۴۳-۲۴/۳۱ و ۹۲-۲۵/۱۲ متغیر بوده است (شکل ۸).



شکل ۸. روند شاخص حدّی بیشینه ی ماهانه دمای حداقل روزانه (TNX) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

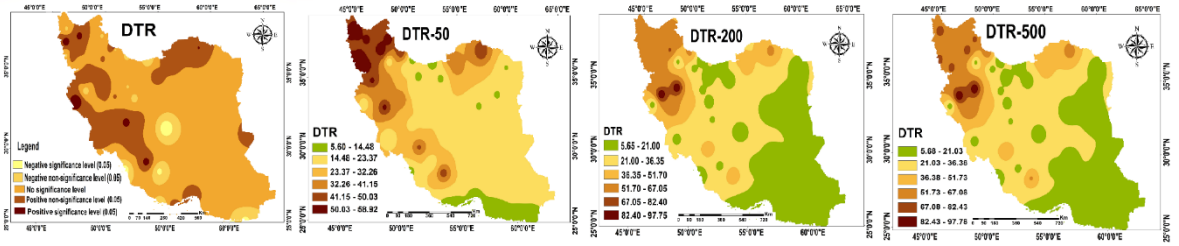
روندهای شاخص کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNN) نشان می‌دهد که از میان مناطق با روند مثبت که شامل بخش‌های مرکزی، جنوب، شرق، شمال شرقی، شمال غربی و غرب دریای خزر است، تنها بخش اندکی از این مناطق در مرکز و غرب دریای خزر دارای روند معنی‌دار (در سطح ۰/۹۵) بوده است. اگرچه روندهای منفی در جنوب غرب، شرق و بخش شرقی دریای خزر مشاهده شده است اما این روندها جز در بخش‌هایی از مرکز، مناطق شرقی، حاشیه شرقی دریای خزر و جنوب غربی کشور در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار نبوده است. مقادیر این شاخص در دوره بازگشت ۵۰ ساله، در محدوده‌ی (۱۱/۹۵-۱۱/۳۷-) متغیر است که کمترین مقدار آن در شرق و مناطق مرکزی و بیشترین مقدار آن در شمال شرقی و غرب دریای خزر مشاهده شده است. در دوره بازگشت‌های ۲۰۰ ساله (۴۵/۹۲-۹/۷۳-) و ۵۰۰ ساله (۵۰/۱۱-۹/۰۱-)، به ترتیب بر وسعت منطقه با کمترین مقدار شاخص در دوره بازگشت اضافه می‌گردد و در مناطق دیگر تغییری را نشان نمی‌دهد(شکل۹).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]



شکل ۹. روند شاخص حدّی کمینه‌ی ماهانه دمای حداقل روزانه (TNN) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

شاخص دامنه تغییرات شبانه روزی دما (DTR) آخرین شاخص مربوط به دما است که همانطور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، در بخش‌هایی از جنوب، جنوب غرب، مرکز و به صورت پراکنده در شمال دارای روند کاهشی است. این روند کاهشی فقط در مناطقی محدود در مرکز و جنوب، روندی معنی‌دار را در سطح ۹۵ درصد۰/۹۵ نشان می‌دهد. مناطق وسیعی از غرب و جنوب غرب، شمال شرق، شمال غرب و بخش محدودی از شرق و جنوب روندی افزایشی داشته که این روند در شمال غرب و غرب معنی‌دار بوده است. کمترین مقادیر این شاخص دوره بازگشت‌های مختلف مورد بررسی، مربوط به مناطق حاشیه دریای عمان و جنوب و به صورت پراکنده درشمال و شمال شرق، و بیشترین مقادیر در منطقه شمال غرب بدست آمده است. مقادیر این شاخص در دوره بازگشت ۵۰ ساله بین ۵/۶۰ تا ۹۲/۵۸ متغیر است. همچنین در دوره بازگشت ۲۰۰ ساله در محدوده‌ی عددی ۵/۶۵ تا ۹۷/۷۵ و در دوره بازگشت ۵۰۰ ساله بین ارقام ۵/۶۸ تا ۹۷/۷۸ متغیر است که تفاوت اندکی از نظر مقدار دوره بازگشت بین این سه دوره وجود دارد.

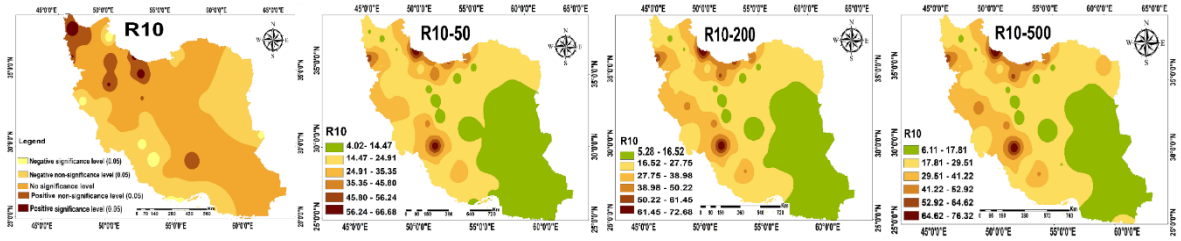


شکل ۱۰. روند شاخص‌حدّی دامنه تغییرات شبانه روزی دما (DTR) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

- **شاخص‌های حدّی بارش**

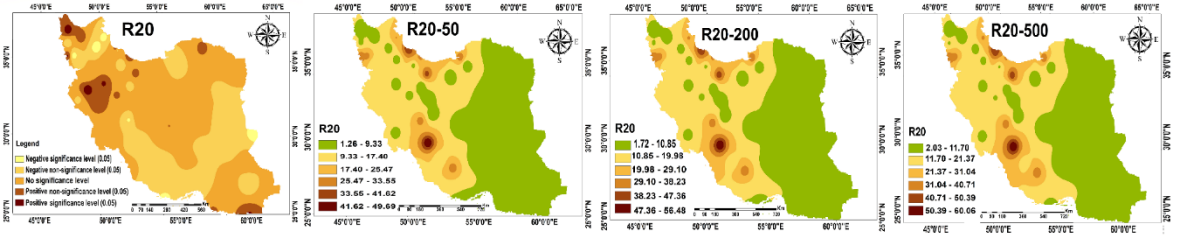
بررسی روند شاخص تعداد روزهای با بارش سنگین تا ۱۰ میلیمتر(R۱۰) نشان می‌دهد که مناطق جنوبی تا قسمت جنوب غربی، شمال شرقی، شرق و غرب دریای خزر دارای روند منفی است. این روند منفی تنها در نقاط کوچکی از جنوب، جنوب غربی و شرق دریای خزر در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار است. روندهای مثبت این شاخص (R۱۰) را می‌توان در شمال غرب (حوضه دریاچه ارومیه)، جنوب دریای خزر و قسمتهایی از مرکز زاگرس و قسمت محدودی از ایران مرکزی مشاهده کرد. کمترین فراوانی ارقام مربوط به دوره بازگشت ۵۰ ساله این شاخص نیز برای مناطق عمده‌ای از شرق و جنوب شرق ایران، و بیشترین مقدار آن در جنوب دریای خزر، زاگرس مرکزی و حاشیه غربی کشور استخراج شده است. ارقام این شاخص در دوره بازگشت‌های ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله افزایشی است، و در دوره‌ی ۲۰۰ ساله بین مقادیر ۷۲/۶۸-۵/۲۸ و در دوره‌ی ۵۰۰ ساله بین ۷۶/۳۲-۶/۱۱ متغیر است (شکل ۱۱).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]



شکل ۱۱. روند شاخص‌حدّی بارش بیش از ۱۰ میلیمتر(R۱۰) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

شاخص دیگر، تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین تا سطح ۲۰ میلیمتر(R۲۰) است. روندهای این شاخص در حاشیه‌ی دریای عمان، شمال شرق، حاشیه جنوب غرب دریای خزر، شمال غرب و غرب ایران مثبت بوده است، اما فقط در بخش‌های محدودی از شمال غرب، غرب و حاشیه شرقی دریای عمان این روند در سطح ۰/۹۵ معنی دار بوده است. این درحالی است که روندهای منفی در شرق، جنوب‌سو تا سواحل خلیج فارس، بخش‌هایی از مرکز، شرق و غرب دریای خزر همچنین در شمال غرب کشور مشاهده شده است. این روندهای منفی جز در شرق و شمال غرب و غرب در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار نبوده است. ارقام این شاخص در دوره بازگشت ۵۰ ساله در محدوده ۴۸/۶۹-۱/۲۶، با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله بین ۵۶/۴۸-۱/۷۲ و در دوره بازگشت ۵۰۰ ساله بین ۶۰/۰۶-۲/۰۳ متغیر است. مقادیر این شاخص در دروه بازگشت‌های مورد بررسی الگوی یکسانی داشته با این تفاوت که ارقام شاخص برای دوره برگشت‌های بلندتر، بزرگتر است.کمترین مقادیر شاخص با تمام دوره برگشت‌ها در شرق، شمال شرق، جنوب شرق و بصورت پراکنده در مرکز و شمال غرب و بیشترین مقادیر در محدوده زاگرس جنوبی و جنوب دریای خزر محاسبه شده است(شکل۱۲).

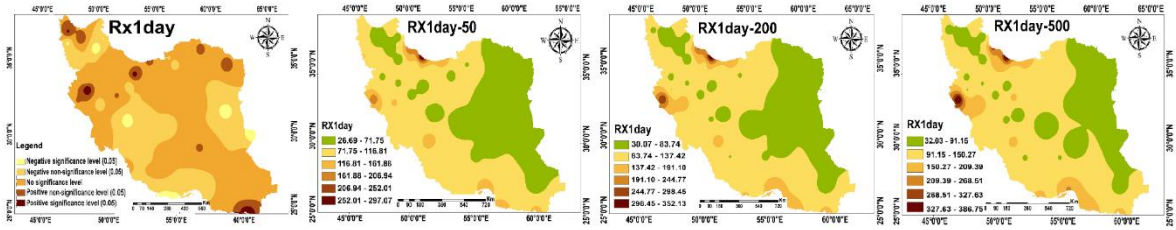


شکل ۱۲. روند شاخص‌حدّی بارش بیش از ۲۰ میلیمتر(R۲۰) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

همانطور که در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود، روندهای شاخص حداکثر بارش روزانه (RX۱day) به شکلی پراکنده در جنوب شرق، غرب، شمال غرب و حوالی رشته‌کوه البرز مثبت بوده است. فقط بخش کوچکی از این مناطق در غرب، جنوب شرق و رشته‌کوه البرز در سطح ۰/۹۵ دارای روندی معنادار است. روندهای منفی بیشتر در شرق، جنوب، مرکز، شمال غرب و شرق دریای خزر مشاهده می‌شود که تنها در لکه‌های محدود و پراکنده‌ای از این مناطق از نظر آماری در سطح ۰/۹۵معنادار است. مقادیر این شاخص در دوره بازگشت ۵۰ ساله ، بین ۲۹۷/۰۷-۲۶/۶۹ متغیر است. این در حالی است که در دوره برگشت‌های ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله به ترتیب به صورت افزایشی با محدوده ۳۵۲/۱۳-۳۰/۰۷ و ۳۸۶/۷۵-۳۲/۰۳ قابل تشخیص است. باید توجه داشت که در دوره‌های ۵۰ و ۲۰۰ ساله (با کمترین اختلاف نسبت به هم)، بخش وسیعی از شرق، شمال شرق، مرکز و شمال غرب دارای کمترین مقادیر است اما در دوره برگشت ۵۰۰ سال کم‌ترین

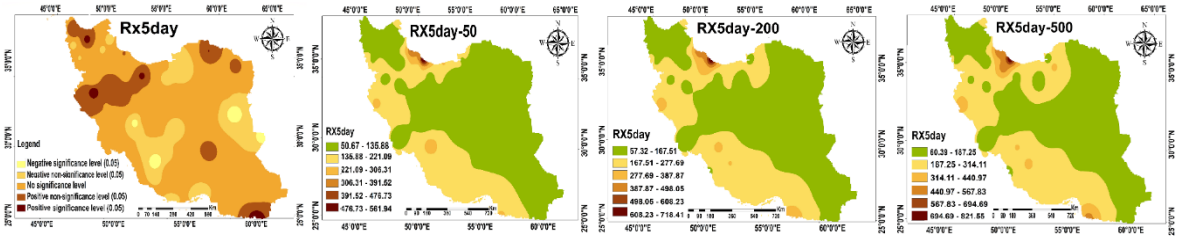
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

مقادیر محدود به شرق ایران و قسمتهای پراکنده ای از مرکز و شمال غرب می‌شود. بیشترین مقادیر شاخص در دوره بازگشت‌های مورد بررسی در غرب، شمال کشور، و جنوب شرق ثبت شده است.



شکل ۱۳. روند شاخص‌حدّی حداکثر بارش یک روزه (RX۱day) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

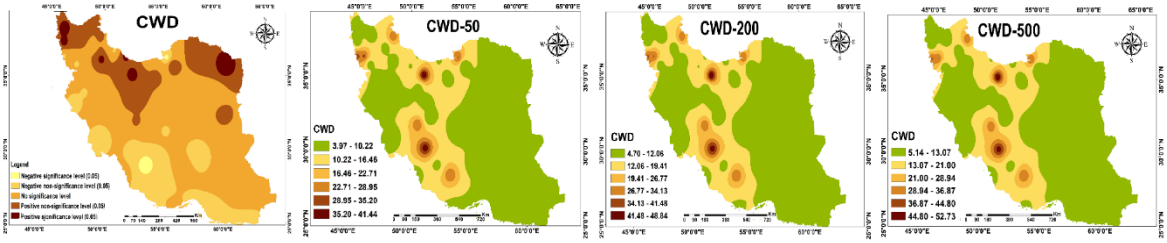
شاخص حداکثر بارش پنج روز متوالی (RX۵day)، در قسمتهای جنوب شرق، شمال شرق، غرب به سمت حاشیه جنوبی دریای خزر و همچنین حاشیه شمال غرب کشور دارای روند مثبت است این در حالی است که این روند فقط در بخش‌های اندکی در جنوب شرق، غرب و شمال غربی در سطح ۰/۹۵ معنادار است. روندهای منفی این شاخص در شرق کشور، جنوب شرق دریای خزر، بخشی از جنوب و مرکز استخراج شده است که بیشتر در شرق و مناطق مرکزی در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار است. پراکندگی مقادیر این شاخص در دوره بازگشت‌های ۵۰ و ۲۰۰ ساله تفاوت محسوسی نداشته اما در دوره ۵۰۰ ساله مناطق دارای ارقام کم‌تر شاخص پهنه کمتری را نسبت به دو دوره دیگر شامل شده است (۸۲۱/۵۵-۶۰/۳۹). این مقدار برای دوره بازگشت‌های ۵۰ سال ۵۶۱/۹۴-۵۰/۶۷ و برای ۲۰۰ سال ۷۱۸/۴۱-۵۷/۳۲ است. همانگونه که در شکل ۱۴ دیده می‌شودکمترین مقادیر شاخص در این دوره بازگشت‌ها در جنوب، غرب و حاشیه دریای خزر ملاحظه شده است.



شکل ۱۴. روند شاخص‌حدّی بارش ماهانه ۵ روز متوالی (RX۵day) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

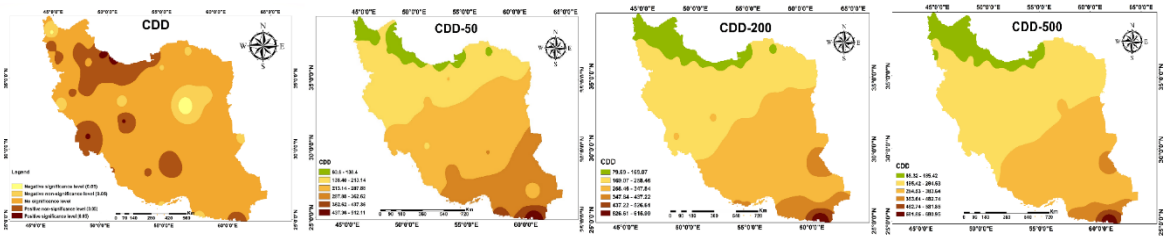
روندهای شاخص حداکثر طول دوره‌ی مرطوب(CWD) در نواحی شمالی، شمال‌شرق و شمال‌غرب کشور مثبت بوده که به جز قسمت‌های پراکنده‌ای در شمال شرق، البرز مرکزی و غربی‌ترین قسمت نواحی شمال غربی در سطح ۰/۹۵معنی‌دار نیست. درجنوب، جنوب شرق، جنوب غرب، بخش‌های کوچکی از مرکز کشور و شرق دریای خزر، روندهای این شاخص منفی بوده که تنها در شرق دریای خزر و بخشی از جنوب در سطح ۰/۹۵ معنی دار بوده است. مقادیر این شاخص در دوره بازگشت‌های ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله از جهت پراکندگی تفاوت محسوسی نداشته است. بخش عظیمی از نواحی شرقی، جنوب و شمال شرقی، مرکز و غرب کشور دارای کمترین مقادیر شاخص بوده و بیشترین مقدار برای غرب و شرق دریای خزر، رشته‌کوه البرز، بخشی از شمال غرب و مناطقی از زاگرس جنوبی استخراج شده است (شکل ۱۵).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]



شکل ۱۵. روند شاخص‌حدّی بیشترین تعداد روزهای تر متوالی (CWD) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

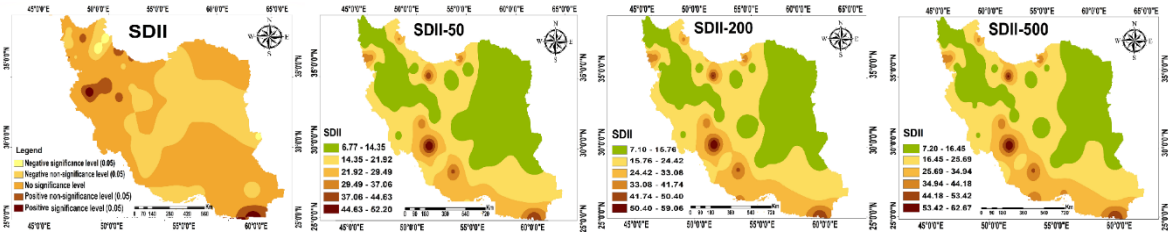
شاخص حداکثر طول دوره‌ی خشک(CDD) در بخش بزرگی از حاشیه دریای خزر به سمت زاگرس، جنوب غربی و بخش‌های کوچکی از مرکز و جنوب شرق روندی مثبت داشته است. این روند افزایشی فقط در بخش جنوب غربی، حاشیه دریای خزر و بخش مرکزی کشور در سطح ۰/۹۵معنی‌دار است. روند کاهشی این شاخص را می‌توان به صورت پراکنده در بخش‌هایی از مرکز کشور ملاحظه کرد. کمترین مقادیر شاخص CDD در دوره بازگشت ۵۰ ساله در نواحی شمال و شمال غرب (۱۳۸/۴-۶۳/۶) بدست آمده است. این مقادیر به طور منظم از شمال غرب به جنوب شرق افزایش یافته و در بیشترین مقدار به (۵۱۲/۱۱-۴۳۷/۳۶) می‌رسد (شکل۱۶).



شکل ۱۶. روند شاخص‌حدّی بیشترین تعداد روزهای خشک متوالی (CDD) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

شاخص SDII، نسبت بارش سالانه به روزهای تر است که تحت عنوان شاخص ساده بارش بیان می‌شود. روندهای این شاخص، در شرق، سواحل خلیج فارس، مرکز کشور و بخش‌های شرقی و غربی دریای خزر منفی است. این روند منفی تنها در بخش غربی دریای خزر در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار بوده است. بخش‌های محدودی از کشور در غرب، جنوب شرق و قسمت محدودی از حاشیه‌ی دریای خزر روندی مثبت داشته که این روند مثبت به جز در بخش‌های محدودی از غرب و جنوب شرق کشور از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. این شاخص در دوره‌های بازگشت ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله تفاوت محسوسی از نظر مقادیر ارزش شاخص نداشته است و نواحی جنوبی و شمالی نیز دارای بیشترین مقدار شاخص در این دوره بازگشت‌ها بوده است که در شکل ۱۷ نشان داده شده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]



شکل ۱۷. روند شاخص ساده بارش (SDII) با استفاده از آزمون من-کندال و مقادیر شاخص موردنظر در دوره بازگشت‌های مختلف (اعداد ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ بر دوره های بازگشت دلالت دارد).

نتایج بدست آمده از شاخص‌های حدّی دما در دوره پایه، نشان دادند که تمام ایستگاهها در شاخص تعداد روزهای تابستانی(SU۲۵)، ۹۴٪ در شاخص بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه(TXX)، ۷۸٪ در شاخص کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه(TXN)، ۹۲٪ در شاخص بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNX)، ۷۶٪ در شاخص کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNN) و ۷۰٪ ایستگاهها نیز در شاخص تغییرات شبانه‌روزی دما (DTR) روندی افزایشی داشته‌اند. همچنین بر اساس برآوردهای انجام شده بیشترین روندهای مثبت این شاخص‌ها برای شمال غرب ایران بدست آمده استدو شاخص تعداد روزهای با دمای حداقل و حداکثر روزانه زیر صفر درجه (FD و ID) در ۵۵٪ از ایستگاه‌های مورد بررسی دارای روندی کاهشی هستند. این ایستگاه‌ها عمدتا در بخش شمال شرق و شمال غربی کشور قرار دارند. ثبت روندهای مثبت در شاخص‌های حدّی مربوط به دماهای بیشینه و روندهای مثبت در مقادیر شاخص‌های کمینه نشان از افزایش دامنه دماهای سرد و گرم در آینده و احتمال وقوع بیشتر در این شاخص‌های حدّی است. یافته های حاصل از شاخص‌های حدّی دما با نتایج رحیمی و همکاران همخوانی دارد(Rahimi et al, ۲۰۱۸). نتایج نشان از افزایش مقادیر شاخص‌های حدّی دما در دوره بازگشت‌های مختلف در مناطقی دارد که ارتفاع از سطح دریای بیشتری دارند (بویژه در ایستگاههای شمال غرب ایران) به گونه ای که تنها مقادیر شاخص SU۲۵ و TXN از این الگو تبعیت نکرده و مقدار آن در جنوب شرقی و حاشیه دریای عمان بیشتر است.

از تحلیل شاخص‌های حدّی بارش چنین استنباط شد که ۶۳٪ ایستگاهها در شاخص روزهای مرطوب (CWD) روندی کاهشی، و۶۸٪ ایستگاههای مورد بررسی از نظر شاخص تعداد روزهای خشک متوالی (CDD) با روندی افزایشی روبرو هستند که با یافته های زرین و داداشی رودباری (۱۴۰۰) همخوانی دارد. همچنین ۵۷٪ از کل ایستگاهها در شاخص ساده بارش (SDII) روند کاهشی دارند.۷۷٪ در شاخص بارش سنگین (R۱۰)، ۶۳٪ در شاخص بارش خیلی سنگین (R۲۰) روند کاهشی دارند که بیشترین ایستگاهها در محدوده‌ی سواحل شمالی و ارتفاعات زاگرس قراردارند این یافته‌ها با یافته‌های زرین و داداشی رودباری(۱۴۰۰) در یک راستا قراردارند. دلیل آن نیز می‌تواند افزایش ظرفیت بخار آب در نتیجه گرم شدن زمین باشد. بارش‌های آستانه‌ای مربوط به تمامی شاخص‌ها در جنوب شرق کشور پیوسته روندی افزایشی داشته است که این منطقه را در نتیجه‌ی فعالیت بارشهای مونسونی و احتمال وقوع سیل آسیب پذیر نشان می‌دهد.

براساس یافته های رحیمی و فاطمی (Rahimi and Fatemi, ۲۰۱۹) از بین ۳۳ ایستگاه مورد بررسی برای ایران، ۲۰ ایستگاه در دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۷ از نظر شاخص SDII دارای روند مثبتی بوده است. این درحالی است که طبق بررسی انجام شده در این تحقیق بیشترین افزایش روند این شاخص، متعلق به جنوب شرق و بخش هایی از زاگرس میانی است و بیشتر قسمتهای منطقه مورد مطالعه فاقد روندی معنی‌دار بوده است. روند افزایشی شاخص‌های RX۱day و

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

RX۵day که احتمال وقوع سیل را طی یک رویداد بارشی یک و پنج روزه نشان می‌دهد، بصورت پراکنده وجود دارد که با مطالعات قبلی همخوانی دارد (Rahimi and Fatemi، ۲۰۱۹) و ضرورت بررسی رابطه این شاخص ها را با ENSO نشان می‌دهد که عوامل محلی همچون عرض جغرافیایی و ارتفاعات می‌تواند از دلایل آن باشد.

درمجموع تغییرات بارش اکثرا معنی دار نبوده است که با نتایج تحقیقات قبلی همخوانی دارد (Alizadeh-، ۲۰۱۷ Choobari and Najafi ؛ محمدی، ۱۳۹۰؛ زرین و داداشی رودباری،۱۴۰۰؛ درخشنده و همکاران، ۱۴۰۲؛ ۲۰۱۹ Vaghefi et al، ۲۰۰۶؛ Alexander et al، ۲۰۱۶؛ Tian and Yang، ۲۰۱۶).

شرایط افزایش و یا کاهش در شاخص‌های بارش بر اساس موقعیت جغرافیایی رخ می‌دهد؛ شاخص‌های بارش به جز شاخص CDD در منطقه جنوب شرقی با کمترین مقادیر شاخص در دوره بازگشت‌های مختلف و با روندی افزایشی رخ می‌دهند. پس از محاسبه مقادیر مربوط به هر شاخص با دوره‌های ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله، مشخص شد که افزایش مقادیر شاخص‌های R۱۰ ، R۲۰ ، RX۱day و RX۵day در دوره بازگشت‌های مختلف بیشتر در رشته کوه زاگرس و البرز بوده است و شاخص‌های CWD، CDD و SDII در حاشیه خزر و خلیج فارس بیشترین مقادیر را داراست.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، روند تغییرپذیری ۱۵ شاخص حدّی بارش و دما طی دوره های ۳۰ ساله (۲۰۲۰-۱۹۹۱)، در ۴۹ ایستگاه ایران بررسی و مقادیر شاخص‌ها در دوره بازگشت‌های ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله محاسبه شد. نتایج حاکی از آن است که ۶ شاخص از مجموع ۸ شاخص حدّی دما در بیشتر ایستگاه‌های مورد بررسی روندی افزایشی داشته است. همچنین ۶ شاخص حدّی بارش از مجموع ۷ شاخص، روندی کاهشی دارد. بررسی متقابل شاخص‌ها نشان از افزایش مقادیر شاخص‌های دما و کاهش مقادیر شاخص‌های بارش و در نتیجه احتمالا افزایش تبخیر و تعرق دارد. این تغییرات می‌تواند به شرایط خشکی در کشور دامن زده، اثرات عمیق اقتصادی و زیست محیطی در بخش‌های مختلف داشته باشد. به عنوان مثال از آنجایی که زراعت دیم بخش عظیمی از کشاورزی را در مناطق دارای تغییرات فوق شامل می‌شود، مجموعه تاثیر این شاخص‌ها بر تولید ناخالص تاثیر گذاشته و ضرورت مدیریت منابع و امنیت غذایی را آشکار می‌سازد. همچنین تغییرات فوق نشان دهنده لزوم مدیریت دقیق منابع آب در کشور است. اگرچه در این مطالعه سعی در بررسی تعداد کافی از ایستگاه‌های هواشناسی با پراکندگی قابل قبول و دوره زمانی طولانی شده است، پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی شبکه متنوع‌تری از ایستگاه‌ها با دوره زمانی طولانی‌تر مورد بررسی قرار گرفته، روند پارامترهای دیگری مانند دمای سطح آب و یا پدیده‌های جوی چون النینو جهت دریافت پاسخ علت این تغییرات، مورد بررسی قرار گیرد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

منابع

اسدی، اشرف و علی حیدری. ۱۳۹۰. تحلیل تغییرات سریهای دما و بارش یراز طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۵۱. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، **۲۲(۴۱)**:۱۵۲-۱۳۷.

تقوی، فرحناز و حسین محمدی. ۱۳۸۴. روند شاخص‌های حدّی دما و بارش در تهران. پژوهش‌های جغرافیایی، **۵۳**: ۱۷۲-۱۵۱.

حمیدیان‌پور، محسن؛ محمد سلیقه و غلامعباس فلاح‌قالهری. ۱۳۹۲. کاربرد انواع روش‌های درون‌یابی به منظور پایش و تحلیل فضایی خشکسالی(مورد: استان خراسان رضوی). جغرافیا و توسعه، **۳۰**: ۵۷-۷۰.

درخشنده، علی؛ خورانی، اسداله و رضازاده، مریم. ۱۴۰۲. روندیابی بارش در ایران بر اساس داده‌های MERRA۲ . فیزیک زمین و فضا. انتشار آنلاین. doi: ۱۰,۲۲۰۵۹/jesphys.۲۰۲۳,۳۵۰۱۲۵,۱۰۰۷٤٦٥

رحیم‌زاده، فاطمه؛ اکرم هدایت دزفولی و آرزو پوراصغریان. ۱۳۹۰. ارزیابی روند و جهش نمایه‌های حدّی دما و بارش استان هرمزگان. جغرافیا و توسعه ، **۲۱**: ۱۱۶-۹۷.

زرین، آذر و عباسعلی داداشی رودباری.۱۴۰۰. پیش‌نگری دوره‌های خشک و مرطوب متوالی در ایران مبتنی بر برونداد همادی مدلهای تصحیح شده اریبی CMIP٦. فیزیک زمین و فضا، **۳**: ۵۶۱-۵۷۸.

زرین، آذر؛ عباسعلی داداشی رودباری و نرگس صالح‌آبادی. ۱۳۹۹. بررسی بی‌هنجاری و روند دمای ایران در پهنه‌های مختلف اقلیمی با استفاده از مدل‌های جفت‌شده پروژه مقایسه متقابل مرحله ششم(CMIP٦). ژئوفیزیک ایران، **۱۵**: ۳۵-۵۴.

عساکره، حسین. ۱۳۹۱. توزیع فراوانی تغییر بارش‌های شدید در شهر زنجان. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، **۲۳(۴۵)**: ۶۶-۵۱.

قصاب‌فیض، مصطفی و حسین اسلامی.۱۳۹۶. ارزیابی روند تغییرات بارندگی با روش من-کندال و رگرسیون خطی در استان خوزستان. فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب، پاییز ۹۶.

کمری، حمزه و آذر نوری. ۱۳۹۵. ارزیابی و برآورد دوره بازگشت بارندگی با استفاده از داده‌های بارندگی سالانه(مطالعه موردی: کرمانشاه). فصل‌نامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری، **۴**: ۲۵-۳۵.

ماوی، اچ. اس. ۱۹۹۴. مقدمه‌ای بر هواشناسی کشاورزی. ترجمه محمدرضا اردکانی، محمدرضا حاج‌سیدهادی، حسن نطقی طاهری (۱۳۸۳). تهران، قلمستان هنر.

محمدی، بختیار. ۱۳۹۰. تحلیل روند بارش سالانه ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، **۳**: ۱۰۶-۹۵.

محمدی، حسین؛ قاسم عزیزی، فرامرز خوش اخلاق و فیروز رنجبر. ۱۳۹۶. تحلیل روند شاخص‌های حدّی بارش روزانه در ایران. مجله پژوهش های جغرافیای طبیعی، **۱**: ۲۱ .

نکوئیان، صابر؛ افشین هنربخش، سید جواد ساداتی‌نژاد و روح‌اله فتاحی. ۱۳۹۰. انتخاب بهترین توزیع آماری با پارامترهای مختلف با دو روش آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و آزمون مربع کای با استفاده از نرم‌افزار FFA در برآورد سیلاب(مورد: حوزه آبخیز کارون شمالی). پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک.

Abaurrea, J., Cebrián, A.C. (۲۰۰۱). Trend and Variability Analysis of Rainfall Series and their Extreme Events. In: India, M.B., Bonillo, D.L. (eds) Detecting and Modelling Regional Climate Change. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/۹۷۸-۳-٦٦۲-۰٤۳۱۳-٤_۱۷

Alizadeh-Choobari, O, and M. Najafi. ۲۰۱۷. Trend and Changes in air temperature and precipitation over different regions of Iran. Journal of the earth and space physics.

Mondal, A.; V, Lakshami,and H, Hashemi. ۲۰۱۸. Intercomparison of trend analysis of multisatelite monthly precipitation products and gauge measurements for river basins of india. Journal of Hydrology, ۵۶۵(۲۰۱۸) ۷۷۹-۷۹۰.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

Nikulin, G.; E. Kjellstrom, U. Hansson, G. Strandberg, and A. Ullerstig. ۲۰۰۹. Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. Rossby Centre, Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Sweden.

Rahimi, M and S. Fatemi. ۲۰۱۹. Mean Versus Extreme Precipitation Trends in Iran over the Period ۱۹٦۰-۲۰۱۷. Pure Appl. Geophys, Springer Nature Switzerland AG, https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۰۰۰۲٤-۰۱۹-۰۲۱٦٥-۹.

Rahimi, N,; N. Mohammadian, A. Rezai Vanashi, and K. Whan. ۲۰۱۸. Trend in indices of extreme temperature and precipitation in iran over the period ۱۹٦۰-۲۰۱٤. Open journal of ecology, ۸: ۳۹٦-٤۱٥.

Tian, Q.; and S.Yang. ۲۰۱٦. Regiornal Climatic Response to global warming: Trends in temperature and precipitation in the Yellow, Yangtze and Pearl River Basins the ۱۹٥۰s. Quaternary International xxx (۲۰۱٦) ۱-۱۱.

Vaghefi, S.A., Keykhai, M., Jahanbakhshi, F. et al. (۲۰۱۹). The future of extreme climate in Iran. Sci Rep **۹**, ۱٤٦٤. https://doi.org/۱۰,۱۰۳۸/s٤۱٥۹۸-۰۱۸-۳۸۰۷۱-۸

Zhang, X,; F. Yang. ۲۰۰٤. RclimDex (۱,۰) User Manual, Climate Research Branch Environment Canada Downsview, Ontario Canada.

Zia Hashemi, M.; Shamsedin, A.Y,; Melviile, B. W. ۲۰۱۱. Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a watershed. Stoch Environ Res Risk Assess, **۲٥**: ۴۷٥

Asadi, A., & Heydari, A. (۲۰۱۱). Analysis of Temperature and Precipitation changes of Shiraz during the Period of ۱۹٥۱-۲۰۰٥. Geography and Environmental Planning, ۲۲(۱), ۱۳۷-۱٥۲.

Mohammadi, H., Taghavi, F. Extreame temperature and precipitation (۲۰۰۷). -. GEOGRAPHICAL RESEARCH QUARTERLY, ۳۸(۱), -.

Hamidiyanpour, M., Saligeh, M., Falah Ghlhari, Gh. (۲۰۱٤). Applaying Types of Interpolation Methods for Spatial Analysis and Monitoring of SPI Drought Case study: Khorasan Razavi Province Geography and Development, ۱۱(۳۰), ٥۷-۷۰. doi: ۱۰,۲۲۱۱۱/gdij.۲۰۱٤,۲٤۲

Rahimzadeh, F., Dezfouli, A. H., Asgharian, A. (۲۰۱۱). Evaluation of trends and jumps in extreme temperature and precipitation indices in Hormozgan province. Geography and Development, ۹(۲۱), ۹۷-۱۱۶. doi: ۱۰.۲۲۱۱۱/gdij.۲۰۱۱.٥۸۳

Zarrin, A., & Dadashi-Roudbari, A. A. (۲۰۲۱). Projected consecutive dry and wet days in Iran based on CMIP٦ bias-corrected multi-model ensemble. Journal of the Earth and Space Physics, ٤۷**(۳)**, ٥٦۱-٥۷۸. doi: ۱۰.۲۲۰٥۹/jesphys.۲۰۲۱.۳۱۹۲۷۰.۱۰۰۷۲۹٥

Zarrin, A., dadashi-rodbari, A., & Salehabadi, N. (۲۰۲۱). Projected temperature anomalies and trends in different climate zones in Iran based on CMIP٦. Iranian Journal of Geophysics, ۱٥**(۱)**, ۳٥-٥٤. doi: ۱۰.۳۰۴۹۹/□□□.۲۰۲۰.۲۴۹۹۹۷.۱۲۹۲

Asakereh, H. (۲۰۱۲). Frequency Distribution Change of Extreme precipitation in Zanjan City. Geography and Environmental Planning, ۲۳(۱), ٥۱-٦٦.

Ghasabfeiz, M., & eslami, H. (۲۰۱۷). Variations Trend Evaluation of Rainfall Using Mann-Kendall and Linear Regression in Khuzestan Province. Water Engineering, ٥**(۲)**, ۱۱۳-۱۲۱.

Kamari, H., and Nouri, A. ۲۰۱٦. Evaluation and estimation of rainfall return period using annual rainfall data (case study: Kermanshah). Journal of Research in Science, Engineering and Technology, ٤: ۲٥-۳٥.

Mavi, H. S. (۱۹۹٤), Introduction to Agrometeorology. Translated by, Ardakani, M. R., Haj seyed Hadi, M. R., Taheri, H. N. Tehran. Ghalamestan-e-Honar.

Mohammadi, B. (۲۰۱۱). Trend Analysis of annual rainfall over Iran. Geography and Environmental Planning, ۲۲(۳), ۹٥-۱۰٦.

Mohammadi, H., Azizi, G., khoshahklagh, F., & Ranjbar, F. (۲۰۱۷). Analysis of Daily Precipitation Extreme Indices Trend in Iran. Physical Geography Research Quarterly, ٤۹**(۱)**, ۲۱-۳۷. doi: ۱۰,۲۲۰٥۹/jphgr.۲۰۱۷,٦۱٥۷۷

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]

Nekoueian, S., Honrabakhsh, A., Sadati-nejad, A. J., Fatahi, R. ۲۰۱۲. Selection of the best statistical distribution with different parameters with two methods of Kolmogrof-Smirnov test and Chi-square test using FFA software in flood estimation (case: North Karun watershed). ۵th National Conference on Watershed Management and Soil and Water Resources Management.

Abaurrea, J., Cebrián, A.C. (۲۰۰۱). Trend and Variability Analysis of Rainfall Series and their Extreme Events. In: India, M.B., Bonillo, D.L. (eds) Detecting and Modelling Regional Climate Change. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/۹۷۸-۳-٦٦۲-۰٤۳۱۳-٤_۱۷

Alizadeh-Choobari, O, and M. Najafi. ۲۰۱۷. Trend and Changes in air temperature and precipitation over different regions of Iran. Journal of the earth and space physics.

Mondal, A.; V, Lakshami,and H, Hashemi. ۲۰۱۸. Intercomparison of trend analysis of multisatelite monthly precipitation products and gauge measurements for river basins of india. Journal of Hydrology, ۵۶۵(۲۰۱۸) ۷۷۹-۷۹۰.

Nikulin, G.; E. Kjellstrom, U. Hansson, G. Strandberg, and A. Ullerstig. ۲۰۰۹. Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. Rossby Centre, Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Sweden.

Rahimi, M and S. Fatemi. ۲۰۱۹. Mean Versus Extreme Precipitation Trends in Iran over the Period ۱۹٦۰-۲۰۱۷. Pure Appl. Geophys, Springer Nature Switzerland AG, https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۰۰۰۲٤-۰۱۹-۰۲۱٦٥-۹.

Rahimi, N,; N. Mohammadian, A. Rezai Vanashi, and K. Whan. ۲۰۱۸. Trend in indices of extreme temperature and precipitation in iran over the period ۱۹٦۰-۲۰۱٤. Open journal of ecology, ۸: ۳۹٦-٤۱٥.

Tian, Q.; and S.Yang. ۲۰۱٦. Regiornal Climatic Response to global warming: Trends in temperature and precipitation in the Yellow, Yangtze and Pearl River Basins the ۱۹٥۰s. Quaternary International xxx (۲۰۱٦) ۱-۱۱.

Vaghefi, S.A., Keykhai, M., Jahanbakhshi, F. et al. (۲۰۱۹). The future of extreme climate in Iran. Sci Rep ۹, ۱٤٦٤. https://doi.org/۱۰,۱۰۳۸/s٤۱٥۹۸-۰۱۸-۳۸۰۷۱-۸

Zhang, X,; F. Yang. ۲۰۰٤. RclimDex (۱,۰) User Manual, Climate Research Branch Environment Canada Downsview, Ontario Canada.

Zia Hashemi, M.; Shamsedin, A.Y,; Melviile, B. W. ۲۰۱۱. Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a watershed. Stoch Environ Res Risk Assess, **۲۵**: ۴۷۵.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.9.4]
[DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.149]