

An investigation of the changes in the Iran precipitation extreme indices in two normal climate periods, 1981-2010 and 2020-1991.

Javanshiri, Z.¹  | Asadi Oskuee, E.²  | Abbasi, F.³ 

1. Associated professor, Climate Research Center (CRC), Research Institute of Meteorology and Atmospheric Sciences (RIMAS), Mashhad, Iran.
2. Associated professor, Climate Research Center (CRC), Research Institute of Meteorology and Atmospheric Sciences (RIMAS), Mashhad, Iran.
3. Climate Research Center (CRC), Research Institute of Meteorology and Atmospheric Sciences (RIMAS), Mashhad, Iran.

Corresponding Author E-mail: javanshirizohreh@gmail.com

(Received: 06 Dec 2023, Revised: 03 Feb 2024, Accepted: 03 Apr 2024, Published online: 16 Apr 2024)

Abstract

Precipitation is one of the most critical climatic variables, as its change has far-reaching impacts on the environment, economy, and society. Excessive or insufficient precipitation can result in severe floods and droughts, causing significant consequences for both nature and humanity. For this reason, it is vital to understand the variability, behavioral changes, and extreme precipitation levels to successfully manage industries like agriculture, water resources, urban planning, and transportation. In this study, to investigate the extreme values of precipitation, the trends of four precipitation indices of 44 synoptic stations in Iran were calculated and compared for two recent climate normal periods of 1981-2010 and 1991-2020. Four precipitation indices, specifically PRCPTOT95, PRCPTOT99, R10MM, and R20MM, were investigated after undergoing quality control and data homogenization. The trend evaluation of heavy precipitation in two periods demonstrated a decrease in the eastern and northwestern parts of the country, while an increase was observed in the Zagros and northern regions. The increasing trend in the second period has become more significant in the northern part of the country, while the decreasing trend in the western part has decreased in the second period. The analysis of mean precipitation indices in two periods showed that heavy precipitation has increased in the second period on the coasts of the Caspian Sea, Zagros Mountains, and southern parts and decreased in the east of Iran.

Keywords: extreme indices, precipitation, trend analysis, climate normal period, Iran.

Cite this article: javanshiri, Z., Asadi Oskouei, E., & Abbasi, F. (2024). An investigation of the changes in the Iran precipitation extreme indices in two normal climate periods, 1981-2010 and 2020-1991. *Journal of the Nivar*, 48(124-125), 66-83. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2024.428907.1275>

E-mail: (2) e.asadi.o@gmail.com (3) abbasi9999@yahoo.com



بررسی تغییرات نمایه‌های فرین بارش ایران در دو دوره نرمال اقلیمی ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰

زهره جوانشیری^۱ | ابراهیم اسعدی اسکویی^۲ | فاطمه عباسی^۳

۱. استادیار، پژوهشکده اقلیم شناسی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، مشهد، ایران.
۲. استادیار، پژوهشکده اقلیم شناسی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، مشهد، ایران.
۳. کارشناس، پژوهشکده اقلیم شناسی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، مشهد، ایران.

رایانامه نویسنده مسئول: javanshirizohreh@gmail.com

(دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۵، بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴، پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵، انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۱/۲۸)

چکیده

بارش از جمله متغیرهای بسیار مهم اقلیمی است که تغییرات آن پیامدهای مختلفی از نظر محیطی، اقتصادی و اجتماعی به دنبال دارد. مقادیر فرین بارش می‌تواند به صورت سیل و خشکسالی و با ناهنجاری‌ها و پیامدهای محیطی - انسانی قابل توجهی رخ دهد. لذا مطالعه تغییرپذیری، تغییر رفتار و واکاوی مقادیر حدی بارش از اهمیت خاصی در مدیریت بخش‌های مختلف نظیر کشاورزی، منابع آب، شهرسازی و حمل و نقل برخوردار است. در این مطالعه به منظور بررسی مقادیر حدی بارش، روند نمایه‌های فرین ۴۴ ایستگاه سینوپتیک کشور برای دو دوره نرمال اقلیمی اخیر ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ محاسبه و مقایسه شدند. برای این منظور، بعد از کنترل کیفیت و همگن‌سازی داده‌ها، رفتار ۴ نمایه فرین *PRCPTOT95*، *PRCPTOT99*، *R10MM* و *R20MM*، بررسی شد. بررسی روند بارش‌های سنگین در دو دوره نشان داد، شرق و شمال غربی کشور بیشتر روندهای نزولی و دامنه‌های زاگرس و شمال کشور بیشتر روندهای صعودی را تجربه کرده‌اند. روند افزایشی در دوره دوم در شمال کشور بیشتر شده و روند کاهشی غرب کشور نیز در دوره دوم کمتر شده است. بررسی میانگین نمایه‌های فرین در دو دوره نشان داد که بارش‌های سنگین در دوره دوم در سواحل دریای خزر، دامنه‌های زاگرس و جنوب کشور افزایش و در شرق کشور کاهش داشته‌است.

کلیدواژه‌ها: نمایه فرین، بارش، تحلیل روند، دوره نرمال اقلیمی، ایران.

۱. مقدمه

آشکارتر است. بر اساس گزارش سال ۲۰۰۱ هیات بین دول تغییر اقلیم، مناطق آسیایی در مقابل تغییر اقلیم آسیب پذیر ترند (مهاجر ۲۰۱۱). تغییرات آب و هوایی در دهه‌های اخیر، موجب بروز مشکلات جدی سیل و خشکسالی در جهان شده است؛ که به دلیل تأثیر به‌سزای آن بر زندگی بشر، محیط زیست، اقتصاد و جامعه توجه زیادی را به خود جلب کرده

یافته‌های پژوهشگران علوم جوی نشان می‌دهد که تغییرات شدید رفتار سنج‌های جوی به ویژه طی قرن بیستم و بیست و یکم بیانگر نشانه‌هایی از رخداد تغییر اقلیم است. علاوه بر تغییرات در مقادیر میانگین، مقادیر فرین نیز دست خوش تغییرات شده‌اند و نرخ تغییرات در مقادیر فرین شدیدتر و

استناد: جوانشیری، زهره؛ اسعدی اسکویی، ابراهیم و عباسی، فاطمه. (۱۴۰۳). بررسی تغییرات نمایه‌های فرین بارش ایران در دو دوره نرمال اقلیمی ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-

۲۰۲۰. مجله نیوار، ۴۸ (۱۲۴-۱۲۵)، ۶۶-۸۳. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2024.428907.1275>

رایانامه: (۲) e.asadi.o@gmail.com (۳) abbasi9999@yahoo.com

ناشر: سازمان هواشناسی کشور.



DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2024.428907.1275>

افزایشی داشته است. ایکسوان^{۱۴} (۲۰۱۷)، به بررسی روندهای بارش باران همراه با سیل و شرایط خشکسالی پرداخت. در ایران نیز پژوهش‌های بسیاری درباره روند تغییرات نمایه‌های فرین انجام شده است. از جمله مطالعات دارند و همکاران (۱۳۹۳)، برنا و جهان (۱۳۹۴)، تقوی و محمدی (۱۳۸۶)، رحیم زاده و همکاران (۲۰۰۸)، عسکری و همکاران (۱۳۸۶)، کوزه‌گران و موسوی بایگی (۱۳۹۴)، عرفانیان و همکاران (۱۳۹۳)، مسعودیان و دارند (۱۳۹۱)، علیجانی (۲۰۰۷)، مسعودیان و دارند (۱۳۹۲)، حلبیان (۱۳۹۹)، رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۹)، رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۰)، دارند (۱۳۹۲، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴) است.

در پژوهشی محمدی و همکاران (۱۳۹۶) به کمک داده‌های بارش ۴۷ ایستگاه همدید طی دوره زمانی ۱۹۸۲-۲۰۱۲، روند بارش‌های حدی را در ایران بررسی کردند. یافته‌ها نشان می‌دهد همه شاخص‌های فرین بارش در ایران تغییر و روند دارند. برای نمونه نمایه حداکثر تعداد روزهای متوالی خشک در بسیاری از ایستگاه‌های کشور در حال افزایش است، برعکس در بعضی بخش‌های مرکزی و غربی ایران روند کاهشی در این نمایه دیده می‌شود. همچنین بر مبنای یافته‌ها از نظر بارش‌های سنگین و نیمه سنگین و روزهای مرطوب و فوق العاده مرطوب، سهم تغییرات در ایستگاه‌های واقع در سواحل شمال و جنوب بیشتر است. حلبیان (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای به ارزیابی تغییرات نمایه‌های فرین بارش در ایران پرداخت. یافته‌های این پژوهش نشان داد در بسیاری از بخش‌های ایران، شدت بارش روزانه (SDII) روندی افزایشی دارد. همچنین در بسیاری از گستره‌های ایران به ویژه در بخش‌های غربی، نمایه روزهای متوالی مرطوب (CWD) در حال کاهش است. به بیان دیگر

است (چن و همکاران ۲۰۱۴). در واقع یکی از جنبه‌های کلیدی تغییر اقلیم شناخت رفتار رویدادهای حدی یا فرین است (کوهی ۱۳۹۱).

تاکنون مطالعات متعددی در زمینه تغییر اقلیم و بررسی روندهای حدی در سطح جهانی و منطقه‌ای انجام شده است. از جمله مطالعات انجام شده می‌توان به پژوهش‌های صورت گرفته توسط کارل و همکاران (۲۰۰۰)، کولینز و همکاران (۲۰۰۰)، مانتون^۱ و همکاران (۲۰۰۱)، وانگ و زو^۲ (۲۰۰۵)، هانیل و بوشاند^۳ (۲۰۱۰)، کیوتسیوکیس و زرفاس^۴ (۲۰۰۹)، پال و تابا^۵ (۲۰۰۹)، چوی^۶ و همکاران (۲۰۰۹)، سانتوس^۷ و همکاران (۲۰۱۰)، کوستا^۸ و همکاران (۲۰۱۲)، وانگ و همکاران (۲۰۱۳)، سانتوس و فراگوسو^۹ (۲۰۱۳)، زیلی^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۷) اشاره کرد. در پژوهشی پینکسوار^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۹) تغییرات نمایه‌های فرین بارش را در لهستان به کمک داده‌های ایستگاهی ارزیابی کردند. یافته‌ها نشان می‌دهد نمایه مربوط به روزهای متوالی خشک در نیمه تابستانی سال در بسیاری از ایستگاه‌ها و نمایه روزهای همراه با بارش‌های سنگین در ایستگاه‌های واقع در شمال غرب کشور روندی افزایشی داشته است. گوپتا^{۱۲} و همکاران (۲۰۲۰) روند تغییرات نمایه‌های فرین بارش را در حوضه رودخانه سبرمتی در غرب هند به کمک داده‌های شبکه‌ای پایگاه ملی این کشور ارزیابی کردند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد بسیاری از نمایه‌های فرین بارشی روند دارند. در مطالعه‌ای دیگر، آویلا^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۹) روند تغییرات هشت نمایه فرین بارش را روی حوضه آبریز کوکا در جنوب غرب کلمبیا برای دوره زمانی ۱۹۷۰-۲۰۱۳ بررسی کردند. بر مبنای یافته‌های این پژوهش، نمایه روزهای متوالی خشک در بسیاری از ایستگاه‌ها طی ماه‌های سپتامبر تا اکتبر و همچنین نمایه‌های حداکثر بارش یک روزه و پنج روزه روندی

⁸ Coasta

⁹ Santos and Frago

¹⁰ Zilli

¹¹ Pińskwar

¹² Gupta

¹³ Ávila

¹⁴ Xuan

¹ Manton

² Wang, and Zhang

³ Hanel and Buishand

⁴ Kioutsoukias

⁵ Pal and Tabbaa

⁶ Choi

⁷ Santos

غرب و شمال شرق کشور رو به افزایش است و بارش‌های سنگین بهاری و زمستانی در منطقه جنوب غربی رو به کاهش است. در مجموع یافته‌های پژوهشگران علوم جوئی حاکی از تغییرات شدید رفتار فراسنج‌های اقلیمی به ویژه در قرون ۲۰ و ۲۱ به مثابه نشانه‌هایی از رخداد تغییر اقلیم است (حلبیان ۱۳۹۹).

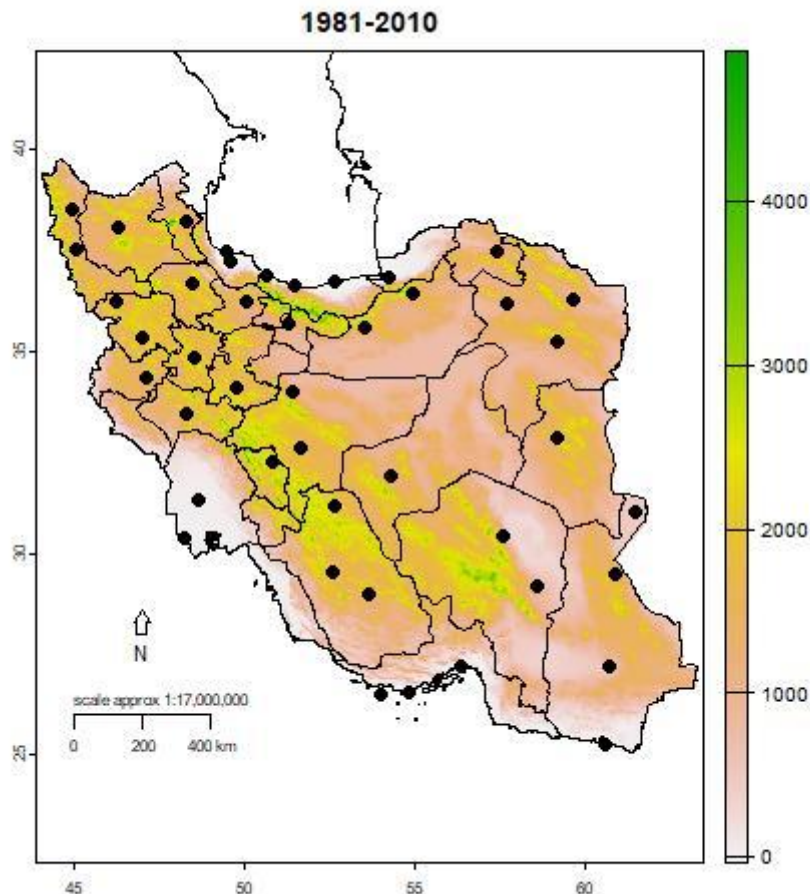
هدف از مطالعه حاضر، بررسی روند تغییرات چهار نمایه فرین PRCPTOT95، PRCPTOT99، R10MM و R20MM در دو دوره نرمال اقلیمی اخیر ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۲۰۲۰-۱۹۹۱ و مقایسه آن‌ها در کشور است. بارش‌های فرین از نظر مدیریت ریسک سیل و مدیریت منابع آب از اهمیت بالایی برخوردار است.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

در پژوهش حاضر، از ایستگاه‌هایی که دارای طول دوره آماری مناسب بوده و داده‌ها از کیفیت مطلوبی برخوردار باشند، استفاده شده است. پس از بررسی داده‌ها، ۴۴ ایستگاه هم‌مدیدی که دارای آمار مناسب بوده و دو دوره‌ی اخیر ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ را نیز تحت پوشش قرار می‌دادند، انتخاب شدند. **Error! Reference source not found.** پراکندگی و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این مطالعه، داده‌های مورد نیاز، مجموع بارش ۲۴ ساعته می‌باشد که از سامانه messir استخراج شده است.

تداوم روزهای بارانی در بسیاری از نواحی، رفتاری کاهش‌ی را نشان می‌دهد و بارش‌ها به تمرکز زمانی بیشتری تمایل دارد. جوانشیری و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای روند بارش‌های سنگین (سیل و خشکسالی) در مشهد برای دوره‌ی ۲۰۱۸-۱۸۹۹ بررسی کردند. برای این منظور، بعد از کنترل کیفیت و همگن سازی داده‌ها، داده‌ها به ۴ دوره ۳۰ ساله تقسیم شدند. نتایج نشان داد که از دوره اول تا چهارم، فراوانی بارش‌های سنگین کاهش و فراوانی بارش‌های بسیار کم، در فصل‌های بهار و تابستان افزایش و در فصل‌های پاییز و زمستان کاهش داشته‌است. جوانشیری و عباسی (۱۴۰۲) در پژوهشی روند بارش‌های سنگین (صدک‌های ۱۹۸م) فصلی و سالانه ۴۴ ایستگاه سینوپتیک کشور برای دو دوره‌ی نرمال استاندارد اقلیمی اخیر ۲۰۱۰-۱۹۹۱ و ۲۰۲۰-۲۰۱۰ بررسی کردند. نتایج نشان داد که در مقایسه دو دوره نرمال استاندارد اقلیمی، غرب و جنوب کشور بیشتر روندهای نزولی، و شمال کشور بیشتر روندهای صعودی را تجربه کرده‌است. روند افزایشی در دوره دوم در شمال کشور بیشتر شده و روند کاهش‌ی غرب کشور نیز در دوره دوم کمتر شده است. بعضی از ایستگاه‌ها نیز در دو دوره رفتار متفاوتی داشتند. بارش‌های سنگین بهاری در دامنه‌های جنوبی البرز، بارش‌های سنگین تابستانی در سواحل دریای خزر، بارش‌های سنگین پاییزی در شمال غرب و شمال شرق کشور و بارش‌های سنگین زمستانی در دامنه‌های زاگرس به طور عمده تغییر رفتار داده‌اند. همینطور، بارش‌های سنگین بهاری در دامنه‌های جنوبی البرز رو به کاهش است، در صورتی که بارش‌های سنگین تابستانی در سواحل دریای خزر و بارش‌های سنگین پاییزی در شمال



شکل ۱. پراکندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره ۱۹۸۱-۲۰۲۰ میلادی

۲-۲. رگرسیون خطی

یکی از روش‌های پارامتری بررسی معنی‌داری روند، رگرسیون خطی است. در رگرسیون خطی رابطه بین دو متغیر مستقل و وابسته سنجیده می‌شود. به عبارت دیگر با استفاده از رگرسیون می‌توانیم تعیین کنیم که آیا تغییرات متغیر مستقل بر تغییرات متغیر وابسته موثر است و در صورت موثر بودن این میزان را برآورد کنیم. حال اگر سری زمانی Y_t ، برای $t = 1, 2, \dots, n$ را در نظر بگیریم، متغیر مستقل زمان می‌باشد و می‌خواهیم بدانیم که آیا تغییر زمان باعث تغییر پارامتر مورد نظرمان شده است یا خیر. به طور دقیق‌تر برای معادله $Y_t = a_0 + a_1 t$ فرضیه $H_0: a_1 = 0$ را آزمون می‌کنیم و در صورتی که فرض صفر رد شود، نتیجه می‌گیریم که روند معنی‌دار است.

فرض صفر در سطح اطمینان $1 - \alpha$ درصد رد می‌شود اگر

$$T_c = \left| \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}} \right| > T_{1-\alpha/2}$$

که در آن r ضریب همبستگی بین سری

y_1, \dots, y_N و زمان متناظر با آنها می‌باشد. آماره T_c دارای توزیع استودنت با $n - 2$ درجه آزادی است و کفایت مقدار T_c مربوط به مشاهدات را تعیین و با مقدار $T_{1-\alpha/2}$ که از جدول استودنت مربوط به سطح معنی‌داری α استخراج می‌شود، مقایسه کرد. همینطور می‌توان از p -مقدار برای رد یا قبول فرض صفر استفاده کرد. در صورتی که p -مقدار کمتر یا مساوی α باشد، فرض صفر رد می‌شود. سپس برای تعیین میزان روند به روش حداقل مربعات a_1 به صورت زیر برآورد می‌شود.

$$\hat{a}_1 = r \frac{S_Y}{S_t} \quad (۱)$$

$$Z(S) = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & S < 0 \end{cases}$$

و بنابراین روند معنی دار است یا به عبارت دیگر فرض صفر در سطح اطمینان $1 - \alpha$ رد می شود هرگاه

$$|Z(S)| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \quad \text{یا} \quad p - \text{value} \leq \alpha$$

که $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ ، از جدول نرمال استاندارد تعیین می شود.

۲-۴. نمایه های فرین بارش

PRCPTOT95: مجموع بارش در روزهای خیلی مرطوب

(مجموع بارش روزانه بزرگتر از صدک ۹۵ ام است)

PRCPTOT99: مجموع بارش در روزهای بسیار زیاد

مرطوب (مجموع بارش روزانه بزرگتر از صدک ۹۹ ام است).

R10MM: روزهایی با بارش سنگین (بارش بیشتر از ۱۰

میلی متر)

R20MM: روزهایی با بارش خیلی سنگین (بارش بیشتر از

۲۰ میلی متر)

در این گزارش از تعریف شاخص های فرین بارش توسط

گروه کاری آشکارسازی تغییر اقلیم سازمان هواشناسی

جهانی^۱ و کمیته اقلیم شناسی و برنامه تحقیقاتی تغییرپذیری

اقلیم و قابلیت پیش بینی که به اختصار ETCCDMI^۲ نامیده

می شود استفاده شده است.

۳. نتایج و بحث

در مرحله اول، کنترل کیفیت و همگن سازی روی داده های

روزانه بارش با استفاده از بسته نرم افزاری کلایماتول^۳ در

نرم افزار R انجام شد. برای مشاهده جزئیات روش، به

که در فرمول فوق r ضریب همبستگی بین سری زمانی و زمان های متناظر با آن می باشد و S_Y ، S_X به ترتیب انحراف معیار مقادیر سری زمانی و زمان های متناظرشان می باشد.

۲-۳. آزمون من-کندال

زمانی که توزیع داده ها برای ما مشخص نیست، نتایج آزمون

های ناپارامتری معتبرتر هستند. آزمون من کندال جزء

متداول ترین و پرکاربردترین روش های ناپارامتریک سری

های زمانی به شمار می آید. با استفاده از این روش تغییرات

داده ها شناسایی، نوع و زمان آن مشخص می گردد. این

آزمون ابتدا توسط من (۱۹۴۵)، ارائه و سپس توسط کندال

(۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت (سرانو و همکاران ۱۹۹۹). این

روش به طور متداول و گسترده ای در تحلیل روند سری های

هیدرولوژیکی و هواشناسی بکار گرفته می شود (لتن مایر و

همکاران ۱۹۹۴). وابسته نبودن به توزیع آماری خاصی و اثر

پذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی از مزایای استفاده از

این روش است (تورگی و ارکن ۲۰۰۵). فرض صفر این

آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده ها

دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر

وجود روند در سری داده ها می باشد. آماره S من-کندال از

فرمول زیر محاسبه می شود

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i)$$

که sgn در فرمول فوق تابع علامت است. میانگین آماره S

برابر صفر و واریانس آن از فرمول زیر به دست می آید

$$\text{var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - t_k(t_k-1)(2t_k)}{18}$$

که n تعداد گروه های گره هستند و t_k تعداد اعضای گروه

k ام است. برای n بزرگتر از ۱۰، آماره $Z(S)$ ، که به صورت

زیر تعریف می شود دارای توزیع نرمال استاندارد است

³ Climatol

¹ WMO CCL/CLIVAR

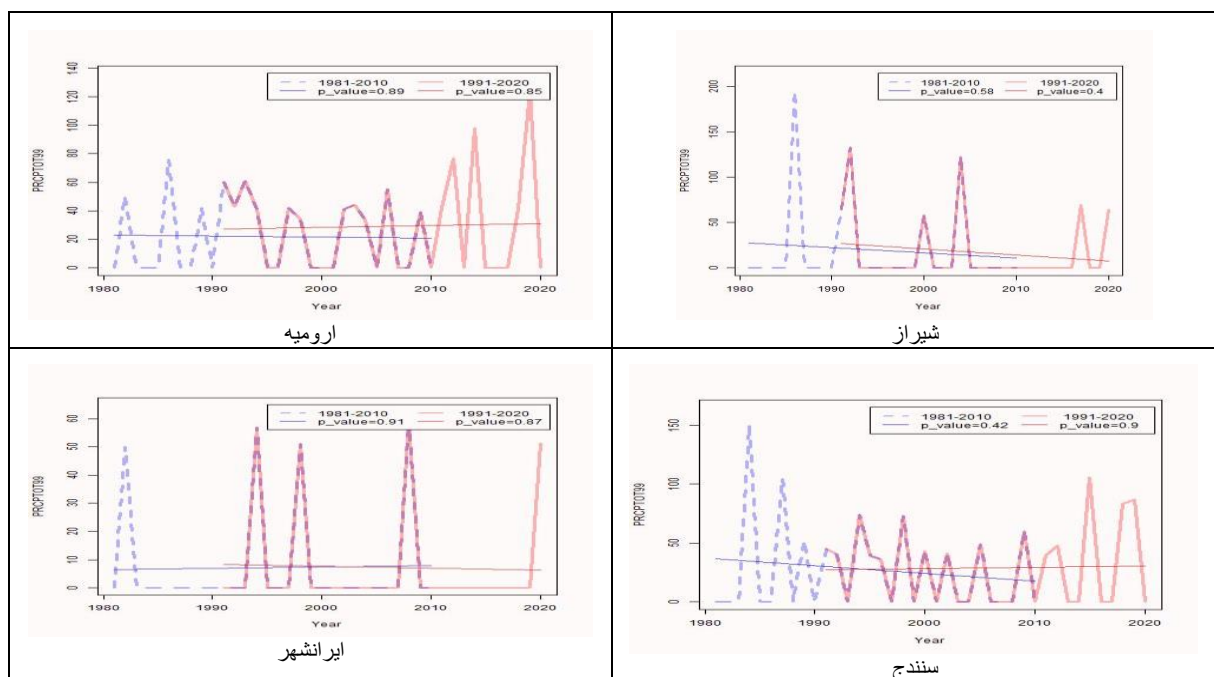
² ETCCDM: Expert Team on Climate Change Detection Monitoring

تحلیل روند تغییرات شاخص PRCPTOT99

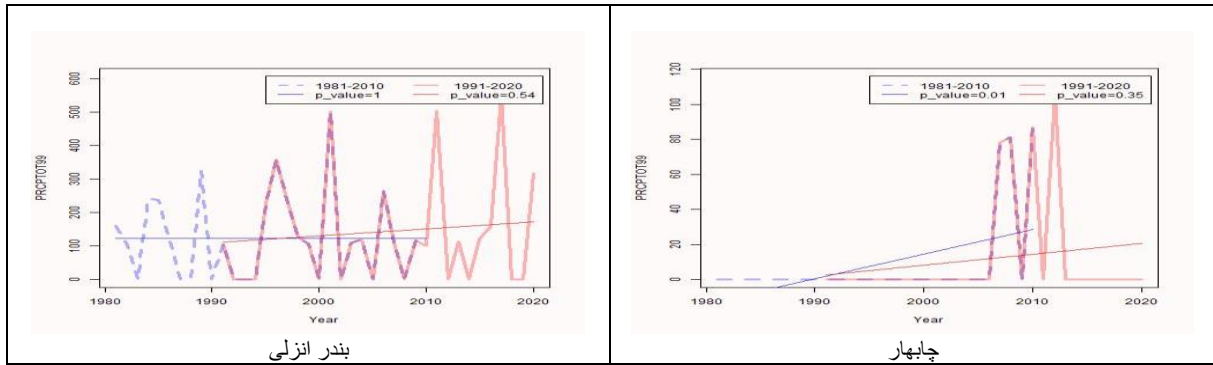
شکل ۲ نوع و روند تغییرات شاخص PRCPTOT99 و جدول ۱ مقادیر p-value را برای آزمون من-کندال در ۶ ایستگاه منتخب طی دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ نشان می‌دهد. با توجه به شکل و مقادیر p-value می‌توان گفت که روند شاخص PRCPTOT99 در هیچ یک از ایستگاه‌های ارومیه، ایرانشهر، شیراز و بندرانزلی در دو دوره روند معنی‌داری ندارد. با این حال در مورد ایستگاه سنندج و بندرانزلی به نظر می‌رسد که رفتار بارش‌های سنگین تغییر کرده‌است. در مورد ایستگاه سنندج در دوره اول مجموع بارش‌های روزهای خیلی مرطوب رو به کاهش بوده است اما در دوره دوم افزایش یافته است، و در مورد ایستگاه بندرانزلی در دوره اول تغییرات مجموع بارش‌های روزهای خیلی مرطوب ثابت بوده، در صورتی که در دوره دوم افزایش یافته‌است. این نمایه در ایستگاه چابهار در هر دو دوره دارای روند افزایشی است اما تنها در دوره اول این روند افزایشی معنی‌دار است، به عبارت دیگر در دوره دوم شدت روند افزایشی کم شده‌است.

جوانشیری و همکاران (۲۰۲۱) مراجعه کنید. بعد از کنترل کیفیت و همگن‌سازی داده‌های روزانه، سری‌های روزانه به سری‌های ماهانه و فصلی تبدیل شدند. در تمام ایستگاه‌ها، چهار شاخص PRCPTOT95, PRCPTOT99, R10mm, R20mm با استفاده از بسته‌ی کلایمدکس^۱ (برونو ۲۰۱۵) در نرم‌افزار R برای دو دوره نرمال اقلیمی اخیر ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ محاسبه شدند. تعیین خطوط روند نمایه‌ها و انجام آزمون معنی‌داری آنها برای ۴۴ ایستگاه سینوپتیک کشور صورت گرفت. نمودار سری نمایه‌های فرین و خط رگرسیون مربوطه آن‌ها رسم شد و رفتار نمایه‌ها در دو دوره مورد مقایسه قرار گرفتند. در نهایت، با مشخص کردن متوسط نمایه‌های فرین به روی نقشه برای دو دوره، به تحلیل مکانی تغییرات بارش‌های سنگین در دو دوره پرداخته شد. هر چند نمودارهای روند برای تمامی ۴ نمایه در تمام ایستگاه‌ها تهیه شده‌است، اما فقط نمایه‌ی ۶ ایستگاه ارومیه، شیراز، سنندج، ایرانشهر، بندرانزلی و چابهار که معرف اقلیم‌های متفاوت می‌باشند، به عنوان نمونه انتخاب شدند و نتایج تحلیل برای ایستگاه‌های منتخب به طور کامل بیان می‌شود.

۳-۱. تحلیل روند تغییرات نمایه‌های فرین



¹ Climdex



شکل ۲. روند تغییرات شاخص های PRCPTOT99 در دو دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ میلادی

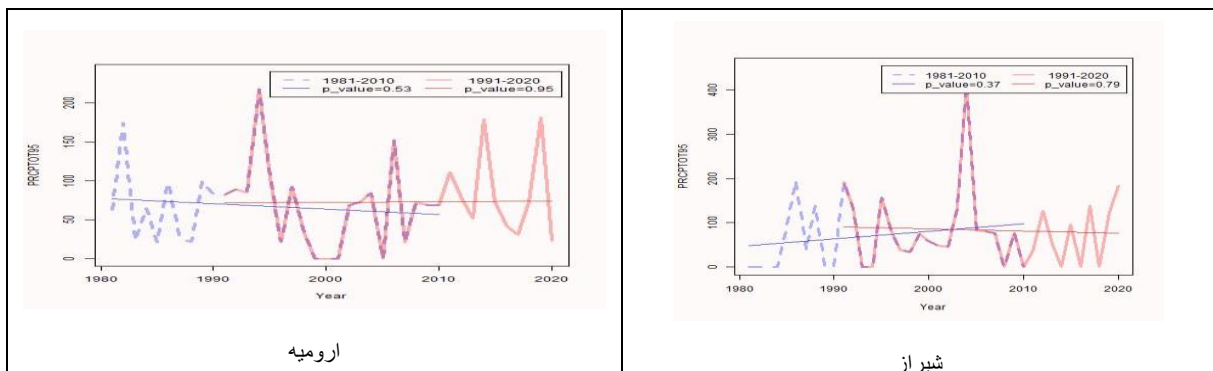
جدول ۱. مقادیر p-value آزمون من-کندال برای بررسی روند شاخص PRCPTOT99 در دو دوره ی شمال اقلیمی ۱۹۸۱-۲۰۱۰، ۱۹۹۱-۲۰۲۰

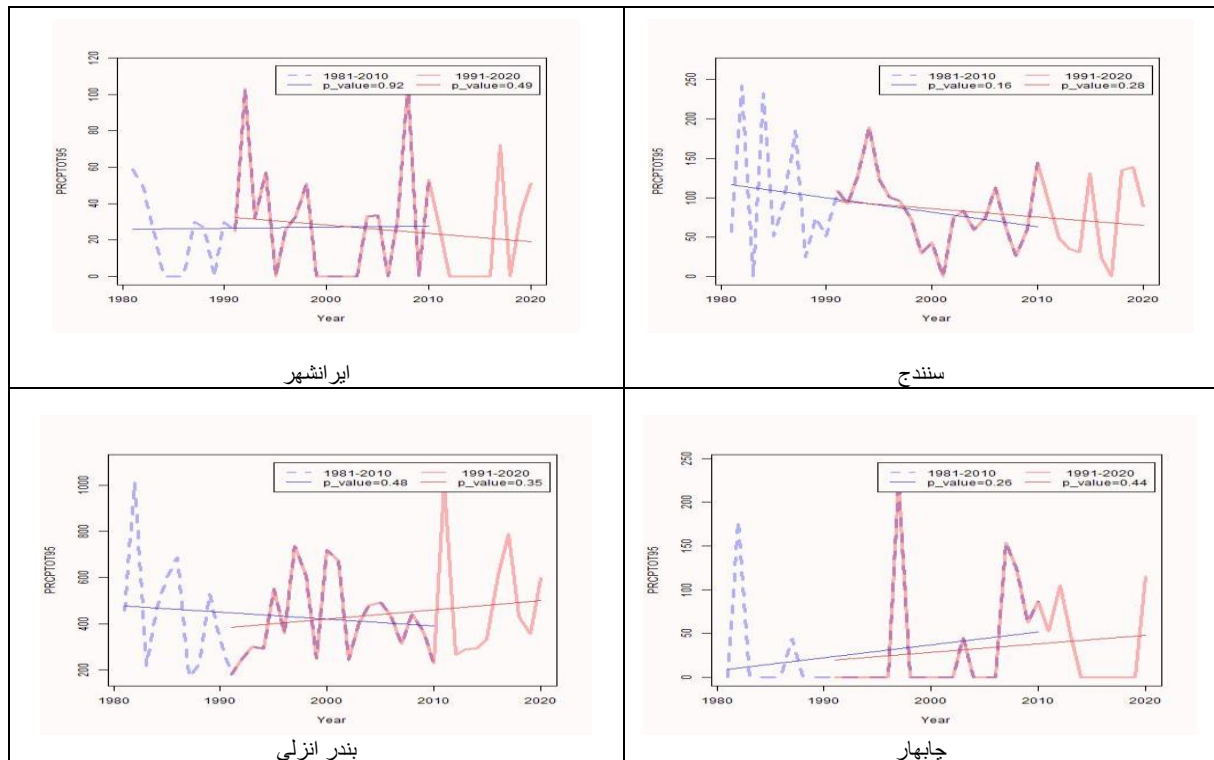
دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰	دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰	ایستگاه
۰/۷۶	۰/۷۶	ارومیه
۰/۳۸	۰/۸۴	شیراز
۱/۰۰	۰/۶۹	ایرانشهر
۰/۷۳	۰/۷۴	سندج
۱/۰۰	۰/۹۳	بندر انزلی
۰/۲۵	۰/۰۱	چابهار

این نمایه در ایستگاه های شیراز و انزلی تغییر کرده است. در ایستگاه شیراز در دوره اول تغییرات افزایشی داشته، در صورتی که در دوره دوم این تغییرات کاهشی هستند، همینطور در ایستگاه انزلی، تغییرات دوره اول تقریباً ثابت است، در صورتی که در دوره دوم این تغییرات افزایشی شده- اند. در مورد ایستگاه های سندج و چابهار مشاهده می شود که تنها به ترتیب از شدت روند کاهشی و افزایشی کاسته شده- است.

تحلیل روند تغییرات شاخص PRCPTOT95

شکل ۳ نوع و روند تغییرات شاخص PRCPTOT95 و جدول ۲ مقادیر p-value را برای آزمون روند من-کندال در ۶ ایستگاه منتخب طی دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود مجموع بارش سالانه ی روزهای خیلی تر برای ارومیه، بندر انزلی، ایرانشهر و شیراز در هیچ یک از دوره ها تغییرات معنی داری ندارد. اما در مقایسه رفتار تغییرات بارش در دو دوره درمی یابیم که رفتار





شکل ۳. روند تغییرات شاخص‌های PRCPTOT95 برای ایستگاه شیراز در دو دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ میلادی

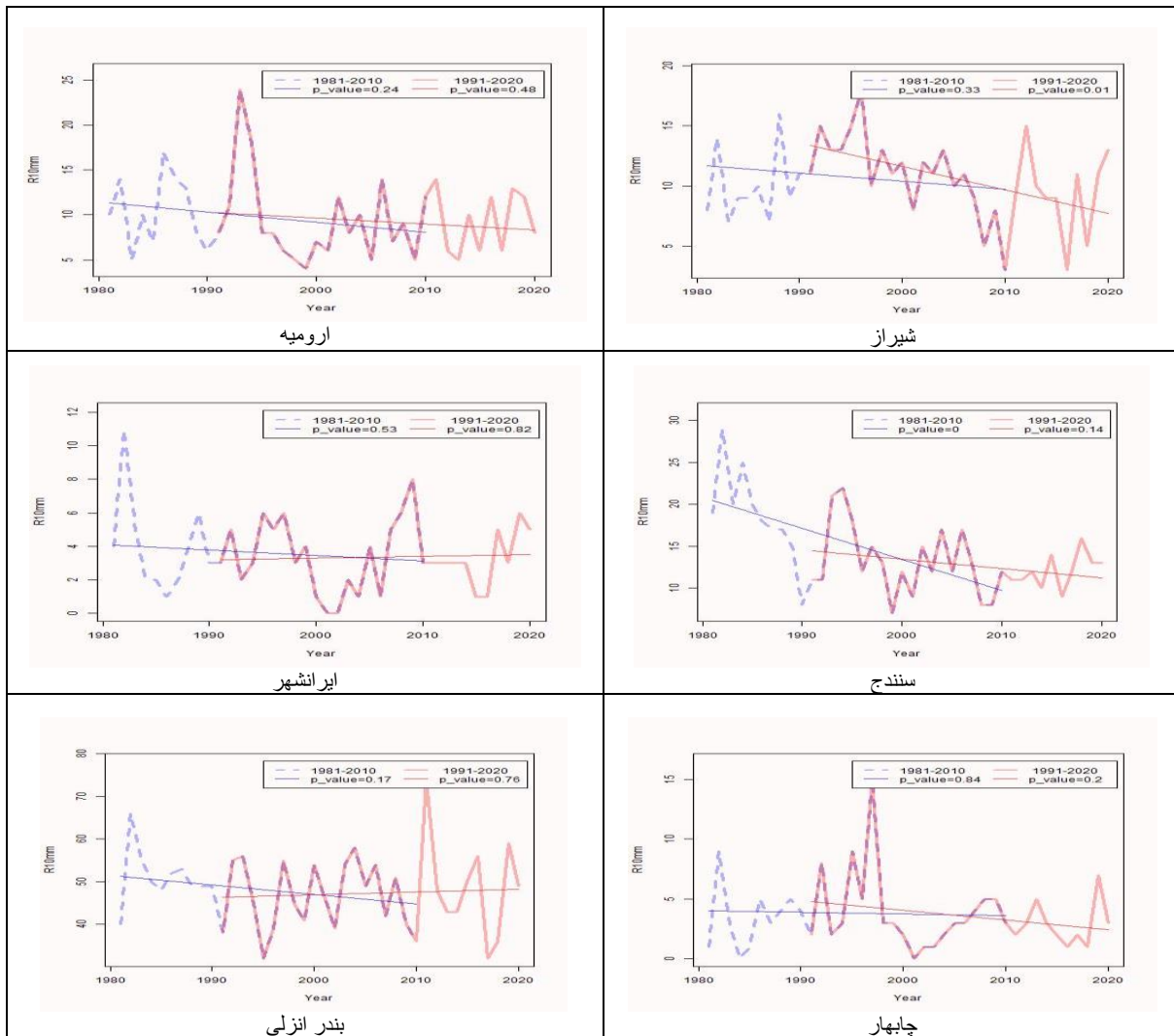
جدول ۲. مقادیر p-value آزمون من-کندال برای بررسی روند شاخص PRCPTOT95 در دو دوره نرمال اقلیمی اخیر

دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰	دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰	ایستگاه
۰/۶۶	۰/۵۱	ارومیه
۰/۸۶	۰/۳۵	شیراز
۰/۶۴	۰/۸۱	ایران شهر
۰/۳۰	۰/۳۵	سنندج
۰/۳۰	۰/۹۷	بندر انزلی
۰/۱۶	۰/۰۹	چابهار

یک از دو دوره روند معنی دار نیست. در سنندج و شیراز تعداد روزهایی با بارش بیش از ۱۰ میلیمتر در هر دو دوره کاهشی است اما این روند در سنندج در دوره اول و در شیراز در دوره دوم معنی دار است. به عبارت دیگر، شدت روند کاهشی دوره دوم، در ایستگاه سنندج کم و در ایستگاه شیراز زیاد شده است.

تحلیل روند تغییرات شاخص R10mm

شکل ۴ نوع و روند تغییرات شاخص تعداد روزهایی با بارش بیش از ۱۰ میلیمتر و جدول ۳ مقادیر p-value را برای آزمون من-کندال در ۶ ایستگاه منتخب طی دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در ایستگاه‌های ارومیه، بندر انزلی، چابهار و ایران شهر در هیچ



شکل ۴. روند تغییرات شاخص های R10mm برای ایستگاه شیراز در دو دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ میلادی

جدول ۳. مقادیر p-value آزمون من-کندال برای بررسی روند شاخص R10mm در دو دوره ی شمال اقلیمی اخیر

دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰	دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰	ایستگاه
۰/۸۱	۰/۲۳	ارومیه
۰/۰۱	۰/۵۵	شیراز
۰/۸۱	۰/۷۹	ایرانشهر
۰/۷۷	۰/۰۰	سنندج
۰/۹۳	۰/۲۳	بندر انزلی
۰/۴۰	۰/۸۴	چابهار

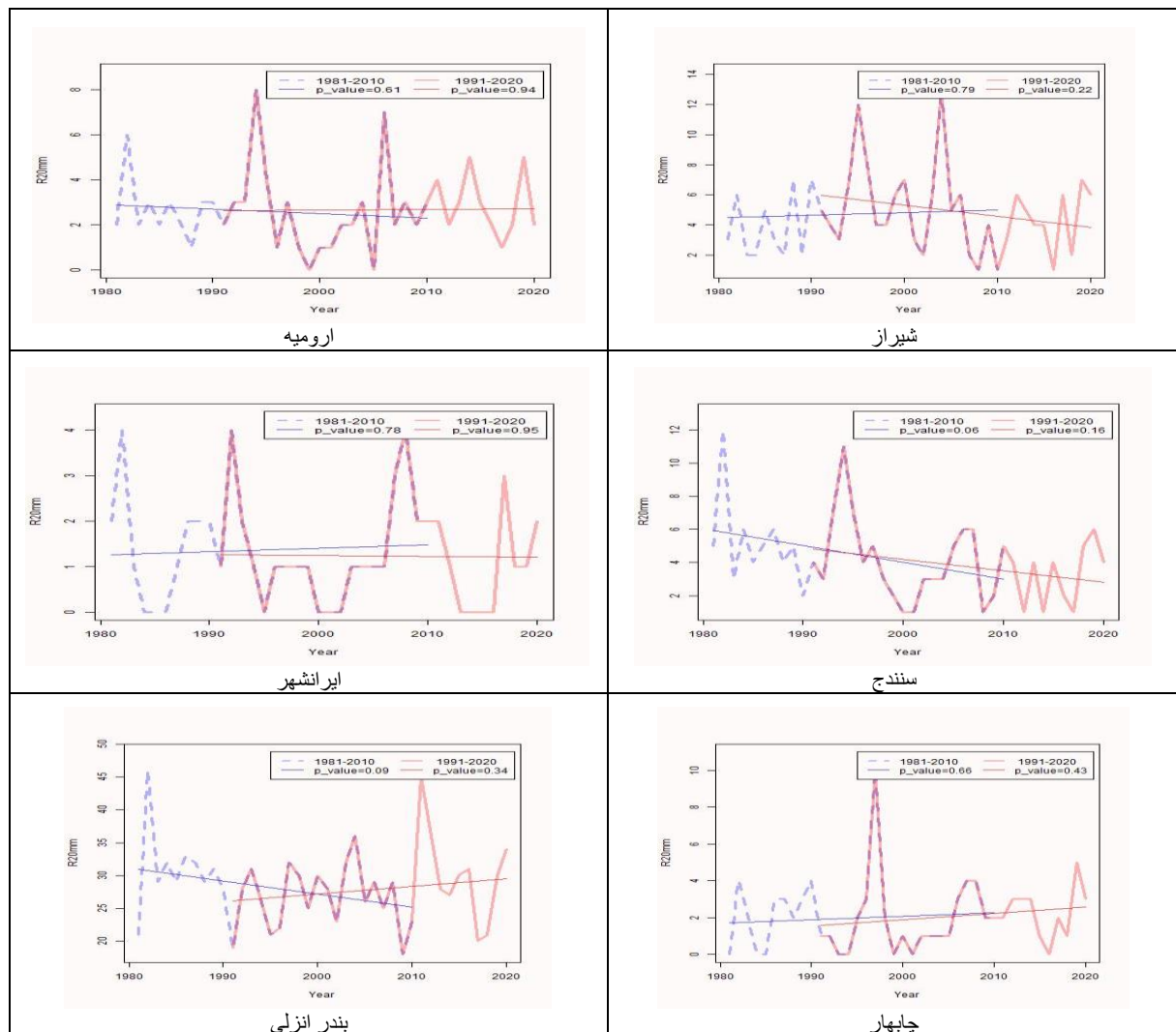
به شکل و مقادیر p-value می توان گفت که تعداد روزهایی با بارش بیش از ۲۰ میلیمتر برای ارومیه، شیراز، چابهار، بندر انزلی و ایرانشهر در هیچ یک از دو دوره روند معنی داری ندارد. با این حال به نظر می رسد که این نمایه در ایستگاه شیراز

تحلیل روند تغییرات شاخص R20mm

شکل نوع و روند تغییرات شاخص R20mm و جدول ۴ مقادیر p-value آزمون من-کندال را برای ۶ ایستگاه منتخب طی دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ نشان می دهد. با توجه

ایستگاه سنندج در هر دو دوره کاهشی می‌باشد که تنها در دوره اول روند نزولی معنی دار است، به عبارت دیگر از شدت روند کاهشی در دوره دوم کاسته شده است.

و بندر انزلی در دوره دوم نسبت به دوره اول تغییر رفتار داده- است. در ایستگاه شیراز در دوره اول روند افزایشی بوده و در دوره دوم کاهشی شده است و در ایستگاه بندر انزلی در دوره اول روند کاهشی و در دوره دوم افزایشی شده است.



شکل ۵. روند تغییرات شاخص‌های R20mm برای ایستگاه شیراز در دو دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ میلادی

جدول ۴. مقادیر p-value آزمون من-کنندال برای بررسی روند شاخص R20mm در دو دوره نرمال اقلیمی اخیر

دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰	دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰	ایستگاه
۰/۷۹	۰/۶۰	ارومیه
۰/۱۸	۰/۹۹	شیراز
۰/۷۹	۰/۷۲	ایرانشهر
۰/۴۹	۰/۰۹	سنندج
۰/۳۹	۰/۱۰	بندر انزلی
۰/۱۷	۰/۵۵	چابهار

به طور کلی از بررسی چهار نمایه بارش فرین در ۶ ایستگاه مورد نظر، می توان به این جمع بندی رسید که روند بارش های فرین در ایستگاه های ارومیه و ایرانشهر تقریباً در دو دوره یکسان بوده است. در ایستگاه شیراز این روند در دوره دوم بر خلاف دوره اول رو به کاهش است و در ایستگاه بندر انزلی در دوره دوم برخلاف دوره اول این روند افزایش یافته است. در سندج گرچه در هر دو دوره روند کاهشی است، اما شدت کاهش در دوره دوم کم شده است و در مورد ایستگاه چابهار گرچه روند تقریباً در هر دو دوره افزایشی است، اما از شدت افزایش در دوره دوم کاسته شده است.

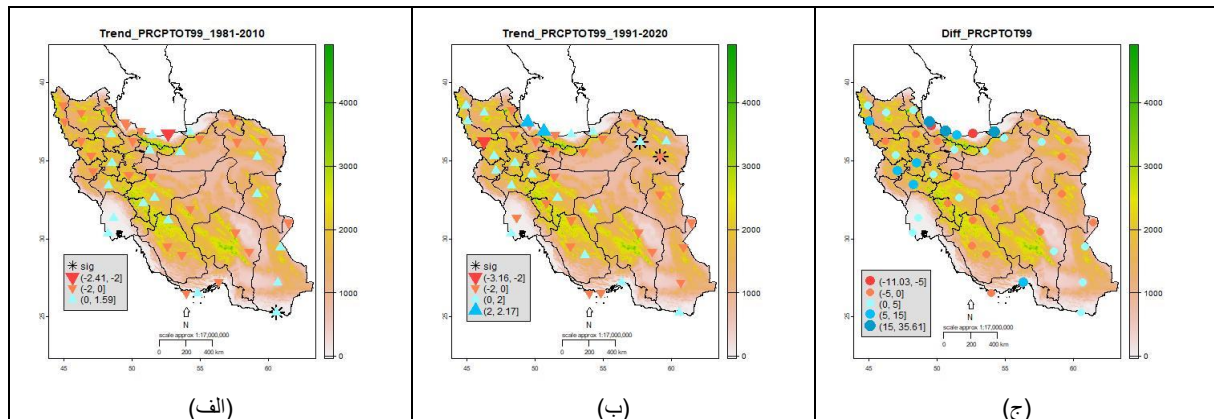
۲-۳. تحلیل مکانی

در این بخش متوسط نمایه های فرین در هر دوره، برای هر ایستگاه محاسبه شد و تفاوت دوره دوم نسبت به دوره اول تعیین شد. با آوردن این تفاوت به همراه روند خط رگرسیون در هر دو دوره به روی نقشه، به تحلیل مکانی تغییرات بارش های سنگین پرداختیم.

روزهای فوق العاده تر (PRCPTOT99)

روزهای فوق العاده تر با جمع بارش های روزانه بالاتر از صدک ۹۹ ام بیان می شود و تمامی ایستگاه های مورد مطالعه در طی یک یا چند سال، میزان صفر را برای این نمایه تجربه کرده اند. آستانه صدک ۹۹ ام از ایستگاهی به ایستگاه دیگر فرق می کند. برای مثال رشت حدود ۳۲۱ میلی متر در سال ۱۹۸۵ و یزد حدود ۳۰ میلی متر در سال ۱۹۸۶ را تجربه کرده است. بیشترین مقدار این نمایه در دوره ۱۹۸۱-۲۰۲۰ متعلق

به رامسر به میزان ۷۸۲/۲ میلی متر در سال ۲۰۰۱ و پس از آن بندرانزلی به میزان ۵۵۲ در سال ۲۰۱۷ میلادی است. شکل ۶ (الف) و (ب) روند خط رگرسیون را به ترتیب در دوره اول و دوم نشان می دهد. گرچه نتایج آزمون من-کنندال نشان می دهد که این روند در بیشتر ایستگاه ها در هیچ یک از دوره ها معنی دار نیست، اما با توجه به میزان شیب خط رگرسیون به نظر می رسد که میزان بارش روزهای فوق العاده تر در دامنه های زاگرس و شمال کشور تغییر رفتار داده اند، در تعداد قابل توجهی از ایستگاه های این مناطق، دوره اول روند کاهشی بوده در صورتی که در دوره دوم افزایشی شده است. شکل ۶ (ج) میزان تفاوت متوسط بارش روزهای فوق العاده تر را در دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ نسبت به دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ نشان می دهد. در دوره دوم در سواحل دریای خزر، شمال غرب کشور، دامنه های شمالی زاگرس و جنوب غرب کشور افزایش و در شمال شرق و دامنه های جنوبی زاگرس کاهش این شاخص نسبت به دوره اول مشاهده می شود. بطور کلی در دوره دوم ۴۱ درصد از ایستگاه های مورد مطالعه (۱۸ ایستگاه) نسبت به دوره اول کاهش مشاهده شد که از آن جمله می توان به رشت، بجنورد، مشهد، تربت حیدریه، بیرجند، زابل، یزد و زنجان اشاره کرد. در ۲۵ ایستگاه مقدار این شاخص در دوره دوم افزایش یافته است که بیشترین مقدار این افزایش در رامسر به میزان (۳۴/۶ میلیمتر) رخ داده است، این شاخص در ایستگاه بندر لنگه تغییراتی نداشته است و بیشترین میزان کاهش مربوط به رشت به میزان (۱۰ میلی متر) است.



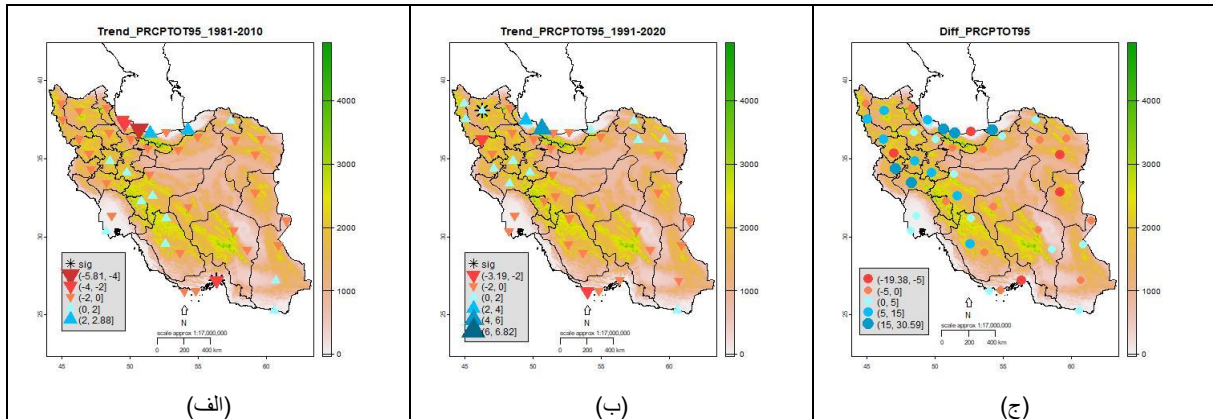
شکل ۶. روند خط رگرسیون دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ (شکل الف)، دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ (شکل ب) و تفاوت متوسط دوره دوم نسبت به دوره اول (شکل ج) برای شاخص روزهای فوق العاده تر (PRCPTOT99) برحسب میلی‌متر

روزهای خیلی تر (PRCPTOT95)

طبق تعریف این شاخص بیانگر مقدار بارش روزهایی از سال است که مقدار بارش آن بیش از صد ک ۱۹۵م باشد. شکل ۷ (الف) و (ب) روند خط رگرسیون را به ترتیب در دوره اول و دوم نشان می‌دهد. نتایج آزمون من-کندال نشان می‌دهد که این روند در هیچ یک از ایستگاه‌ها در دو دوره معنی‌دار نیست، اما با توجه به میزان شیب خط رگرسیون می‌توان گفت که میزان بارش روزهای خیلی تر در شمال کشور در دوره اول روند کاهشی داشته و در دوره دوم این روند افزایشی شده است، در صورتی که در دامنه‌های جنوبی زاگرس در دوره اول روند افزایشی بوده و در دوره دوم کاهشی شده است. شکل ۷ (ج) میزان تفاوت متوسط بارش روزهای خیلی تر را در دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ نسبت به دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ نشان می‌دهد. میانگین این شاخص در ۱۸ ایستگاه (۴۱٪ از ایستگاه‌های مورد مطالعه) در دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ نسبت به دوره ۱۹۸۱-

۲۰۱۰ کاهش یافته است که عبارتند از: بابلسر، سبزوار، مشهد، تهران، خوی، اردبیل، سنندج، سمنان، تربت حیدریه، شهرکرد، بیرجند، یزد، زابل، کرمان، فسا، بندر عباس، ایرانشهر، بندر لنگه.

بیشترین کاهش میانگین شاخص PRCPTOT95 در دوره دوم مربوط به بابلسر (۱۸/۴ میلی‌متر) می‌باشد اما به نظر می‌رسد که کاهش این شاخص در دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ میلادی بیشتر در ایستگاه‌های نیمه شرقی کشور رخ داده است. میانگین این شاخص در ۲۶ ایستگاه (۵۹٪ از ایستگاه‌های مورد مطالعه) در دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ نسبت به دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ افزایش یافته است. این افزایش در سواحل دریای خزر، شمال غرب کشور و دامنه‌های زاگرس بیشتر مشاهده می‌شود و بیشترین افزایش میانگین این شاخص در دوره دوم به میزان (۶/۲۹ میلیمتر) متعلق به رامسر می‌باشد.

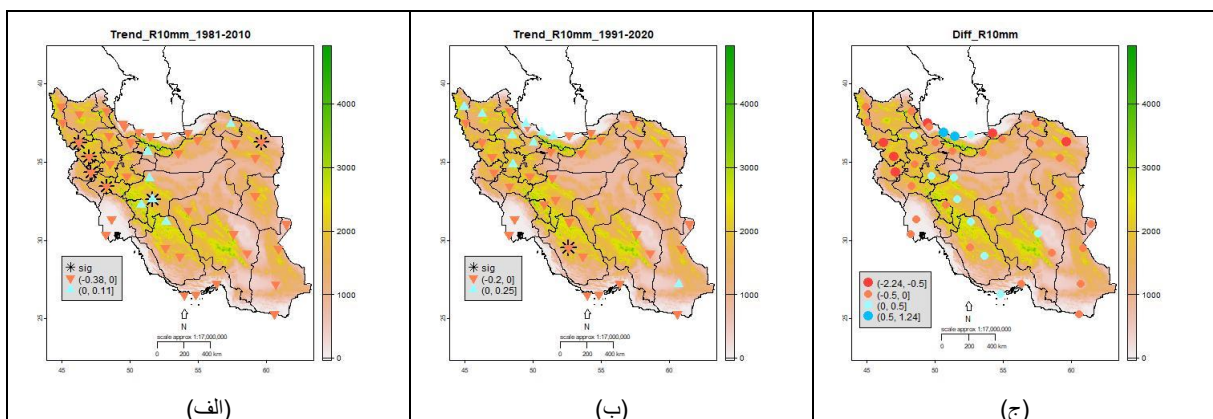


شکل ۷. روند خط رگرسیون دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ (شکل الف)، دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ (شکل ب) و تفاوت متوسط دوره دوم نسبت به دوره اول (شکل ج) برای شاخص روزهای خیلی تر (PRCPTOT95) برحسب میلی متر

۲۰۱۰ نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود تعداد روزهای همراه با بارش سنگین در دوره سی ساله دوم در اغلب مناطق کشور در ۳۱ ایستگاه (۷۰ درصد) به ویژه در شمال شرق، شرق، دامنه جنوبی البرز و دامنه های شمالی زاگرس (خوی، سقز، گرگان، بندر انزلی، رشت، سنندج و اردبیل) کاهش و در ۱۱ ایستگاه در دوره دوم افزایش یافته و در جزیره کیش و تبریز تغییری نداشته است. بیشترین کاهش این نمایه در دوره دوم متعلق به سنندج به میزان (۲/۲ روز) و بیشترین افزایش روزهای همراه با بارش سنگین نیز در نوشهر به میزان (۱/۲۳ روز) رخ داده است.

تعداد روزهای همراه با بارش سنگین (R10mm)

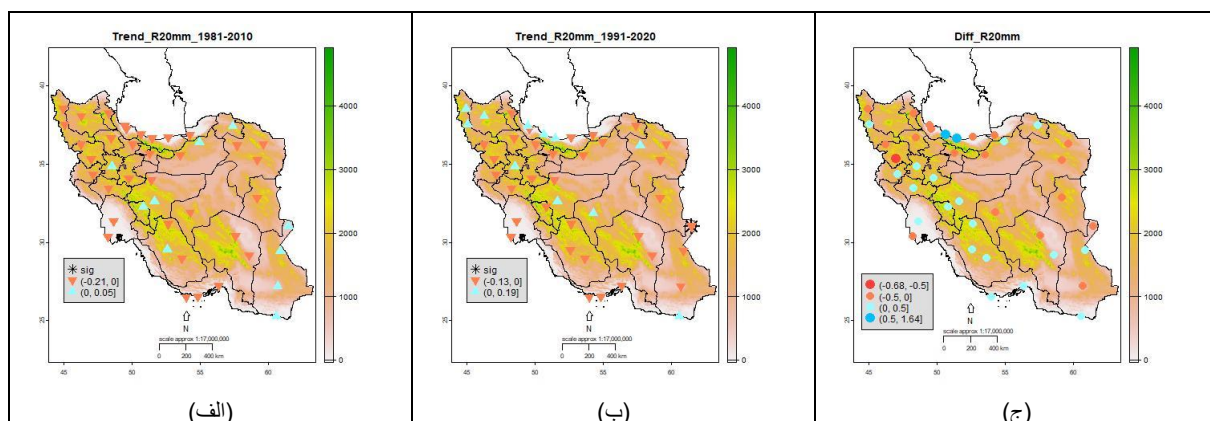
شکل ۸ (الف) و (ب) روند خط رگرسیون را به ترتیب در دوره اول و دوم نشان می دهد. نتایج آزمون من-کندال نشان می دهد که این روند در بیشتر ایستگاهها در هیچ یک از دورهها معنی دار نیست. اما با توجه به میزان شیب خط رگرسیون می توان مشاهده کرد که این شاخص در دوره اول بجز بخشی از دامنه های میانی زاگرس و در دوره دوم غیر از بخشی از شمال غرب کشور، در سایر نقاط روند نزولی داشته اند. شکل ۸ (ج) میزان تفاوت متوسط تعداد روزهایی با بارش سنگین در دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ نسبت به دوره ۱۹۸۱-



شکل ۸. روند خط رگرسیون دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ (شکل الف)، دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ (شکل ب) و تفاوت متوسط دوره دوم نسبت به دوره اول (شکل ج) برای شاخص تعداد روزهای همراه با بارش سنگین (R10mm).

که اغلب در شرق، شمال و شمال غرب کشور (بندر انزلی، رشت، بابلسر، گرگان، زنجان، خوی، اردبیل، سقز و سنندج) قرار دارند و بیشترین کاهش در سنندج (۰/۶ روز) مشاهده می‌شود. سایر ایستگاه‌های که با کاهش روزهای بارش خیلی سنگین مواجه بودند عبارتند از: مشهد، تهران، سمنان، تربت حیدریه، بیرجند، یزد، آبادان، کرمان، ایرانشهر، زابل. در ۲۰ ایستگاه در دوره دوم نسبت به دوره اول این شاخص افزایش یافته‌است که این ایستگاه‌ها بیشتر در دامنه‌های زاگرس و جنوب کشور قرار دارند. بیشترین میزان افزایش روزهای بارش خیلی سنگین در دوره دوم در ایستگاه نوشهر (۱/۶۳ روز) رخ داده‌است و در ۵ ایستگاه کاشان، سبزوار، قزوین، تبریز و بندرلنگه تغییری مشاهده نشده‌است.

تعداد روزهای همراه با بارش خیلی سنگین (R20mm)
 شکل ۹ (الف) و (ب) روند خط رگرسیون را به ترتیب در دوره اول و دوم نشان می‌دهد. نتایج آزمون من-کندال نشان می‌دهد که این روند در هیچ یک از ایستگاه‌ها معنی‌دار نیست. اما با توجه به میزان شیب خط رگرسیون می‌توان مشاهده کرد که این شاخص در دوره اول و دوم در بیشتر نقاط کشور (به جز ایستگاه‌های محدودی) روند نزولی داشته‌است. شکل ۹ (ج) میزان تفاوت متوسط تعداد روزهایی با بارش خیلی سنگین را در دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ نسبت به دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۱ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقدار این شاخص در دوره سی ساله دوم در ۴۳ درصد از ایستگاه‌ها (۱۹ ایستگاه) نسبت به دوره اول کاهش داشته‌است



شکل ۹. روند خط رگرسیون دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ (شکل الف)، دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۰ (شکل ب) و تفاوت متوسط دوره دوم نسبت به دوره اول (شکل ج) برای شاخص تعداد روزهای همراه با بارش ابر سنگین (R20mm).

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که بارش‌های سنگین در دوره دوم در سواحل دریای خزر، دامنه‌های زاگرس و جنوب کشور افزایش و در شرق کشور کاهش داشته‌است.

۵. منابع

۱. احمدی، م، لشکری، ح، آزادی، م، و کیخسروی، ق، (۱۳۹۴)، آشکارسازی تغییر اقلیم با استفاده از شاخص‌های حدی بارش در خراسان بزرگ، نشریه پژوهش‌های دانش زمین، دوره ۶، شماره ۳، شماره پیاپی ۲۳، صفحات ۵۲-۳۴.

۴. نتیجه گیری

بررسی سالانه روند بارش‌های سنگین در دو دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ نشان می‌دهد که شمال کشور و دامنه‌های زاگرس بیشتر روندهای صعودی را تجربه کرده‌اند و روندهای نزولی بیشتر متعلق به شرق و شمال غربی کشور بوده‌است. روند افزایشی در دوره دوم در شمال کشور بیشتر شده و روند کاهشی شمال غرب کشور نیز در دوره دوم کمتر شده‌است. در مقایسه‌ی میانگین نمایه‌های فرین در دو دوره

۲. برنا، ر. و جهان، آ.، (۱۳۹۴). مطالعه روند تغییرات شاخص های حدی اقلیمی دما و بارش در جنب غرب ایران (مطالعه موردی استان بوشهر). فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره ۸، شماره ۲۸، صفحات ۶۳-۴۳.
۳. جوانشیری، ز.، فلامرزی، ی.، پاکدامن، م. و بابائیان، ا.، (۱۳۹۸)، بررسی روند بارش مرتبط با شرایط سیل و خشکسالی به روش رگرسیون چندکی (مطالعه موردی: مشهد، دوره ۱۸۹۹-۲۰۱۸)، ششمین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، تهران، سال ۱۳۹۸.
۴. جوانشیری، ز. و عباسی، ف.، (۱۴۰۲). تحلیل مکانی روند بارش های سنگین فصلی و سالانه کشور با استفاده از رگرسیون چندک، پژوهش های تغییرات آب و هوایی، دوره ۴، شماره ۱۵، صفحات ۵۴-۳۹.
۵. حلیان، ا. ح. و کیخسروی کیانی، م. ص.، (۱۳۹۹)، ارزیابی تغییرات نمایه های فرین بارش در ایران، فصلنامه علمی برنامه ریزی فضایی، دوره ۱۰، شماره ۴، شماره پیاپی ۳۹، صفحات ۴۵-۲۴.
۶. دارند، م.، (۱۳۹۲)، ارزیابی تغییرات شاخص های حدی دما بر روی پهنه ی استان کردستان طی نیم سده ی اخیر، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره دوم، شماره ۳، صفحات ۹۲-۷۵.
۷. دارند، م.، (۱۳۹۳)، واکاوی تغییرات مقادیر حدی بارش و دما در ارومیه به عنوان نشانه هایی از تغییر اقلیم، نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی)، دوره ۲۱، شماره ۲، صفحات ۳۰-۱.
۸. دارند، م.، (۱۳۹۴)، ارزیابی و شناخت تغییر اقلیم در ایران زمین طی دهه های اخیر، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، جلد ۹، شماره ۳۰، صفحات ۱۴-۱.
۹. دارند، م.، دولت یاری، ز.، اصلانی، ف. و عزیزی، ی.، (۱۳۹۳)، بررسی رفتار فرین های بارش و دمای کرمانشاه به کمک آزمونهای آماری، نشریه فضای جغرافیایی، دوره ۱۴، شماره ۴۶، صفحات ۲۱۵-۱۹۵.
۱۰. رحیم زاده، ف.، هدایت دزفولی، ا. و پوراصغریان، آ.، (۱۳۹۰)، ارزیابی روند و جهش نمایه های حدی دما و بارش در استان هرمزگان، مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۹، شماره پیاپی ۲۱، صفحات ۱۱۶-۹۷.
۱۱. رحیم زاده، ف.، عسکری، ا.، فتاحی، ا.، محمدیان، ن. و تقی پور، ا.، (۱۳۸۹)، روند نمایه های حدی اقلیمی دما در ایران طی دوره ۱۹۵۱-۲۰۰۳، مجله تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۴، شماره ۲، اصفهان، صفحات ۱۱۹-۱۱۴.
۱۲. عرفانیان، م.، انصاری، ح.، عزیزاده، ا. و بنایان اول، م.، (۱۳۹۳)، بررسی تغییرات شاخص های حدی هواشناسی در استان خراسان رضوی، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، دوره ۴، شماره ۸، صفحات ۸۲۵-۸۱۷.
۱۳. عسگری، ا.، رحیم زاده، ف.، محمدیان، ن. و فتاحی، ا.، (۱۳۸۶)، تحلیل روند نمایه های بارش های حدی در ایران، مجله تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۳، شماره ۳، مسلسل ۹، صفحات ۵۵-۴۲.
۱۴. کوزه گران، س. و موسوی بایگی، م.، (۱۳۹۴)، بررسی روند رویدادهای حدی اقلیمی در شمال شرق ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، دوره ۲۹، شماره ۳، صفحات ۷۶۴-۷۵۰.
۱۵. کوهی، م.، موسوی بایگی، م.، فرید حسینی، ع.، ثنائی نژاد، ح. و جباری نوقایی، ه.، (۱۳۹۱)، ریزمقیاس نمایی آماری و ارایه سناریوهای آتی رویدادهای حدی بارش درحوضه کشف رود، نشریه پژوهش های اقلیم شناسی، دوره ۱۲، صفحات ۵۳-۳۵.
۱۶. محمدی، ح.، عزیزی، ق.، خوش اخلاق، ف.، و رنجبر، ف.، (۱۳۹۶)، تحلیل روند شاخص های حدی بارش روزانه در ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی (پژوهش های جغرافیایی)، دوره ۴۹، شماره ۱، صفحات ۳۷-۲۱.
۱۷. مسعودیان، ا. و دارند، م.، (۱۳۹۲)، شناسایی و بررسی تغییرات نمایه های بارش فرین ایران طی دهه های اخیر، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، دوره ۱۱، شماره ۱، شماره پیاپی ۲۰.
۱۸. مسعودیان، س. و دارند، م.، (۱۳۹۱)، تحلیل زمانی - مکانی روند روزهای حدی سرد ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۷، شماره دوم، شماره پیاپی ۱۰۵، ش ۱۰۵، صفحات ۱۸۰۷۹-۱۸۰۹۹.
19. Avila, A., Guerrero, F.C., Escobar, Y.C. and Justino, F., 2019. Recent precipitation trends and

- Lake water level. Iran-Water Resources Research, 7(1), pp.47-58.
32. Mann, H.B., 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the econometric society*, pp.245-259.
 33. Manton, M.J., Della-Marta, P.M., Haylock, M.R., Hennessy, K.J., Nicholls, N., Chambers, L.E., Collins, D.A., Daw, G., Finet, A., Gunawan, D. and Inape, K., 2001. Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961–1998. *International Journal of Climatology*, 21(3), pp.269-284.
 34. Pal, I. and Al-Tabbaa, A., 2009. Trends in seasonal precipitation extremes—An indicator of ‘climate change’ in Kerala, India. *Journal of Hydrology*, 367(1-2), pp.62-69.
 35. Pinskiwar, I., Choryński, A., Graczyk, D. and Kundzewicz, Z.W., 2019. Observed changes in extreme precipitation in Poland: 1991–2015 versus 1961–1990. *Theoretical and Applied Climatology*, 135, pp.773-787.
 36. Rahimzadeh, F., Asgari, A. and Fattahi, E., 2009. Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 29(3), pp.329-343.
 37. Santos, M. and Fragoso, M., 2013. Precipitation variability in Northern Portugal: data homogeneity assessment and trends in extreme precipitation indices. *Atmospheric research*, 131, pp.34-45.
 38. Serrano, A., Mateos, V.L. and Garcia, J.A., 1999. Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921–1995. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 24(1-2), pp.85-90.
 39. Turgay, P. and Ercan, K., 2005. Trend Analysis in Turkish Precipitation data. *Hydrological processes*, 20, pp.2011-2026.
 40. Wang, B., Zhang, M., Wei, J., Wang, S., Li, X., Li, S., Zhao, A., Li, X. and Fan, J., 2013. Changes in extreme precipitation over Northeast China, 1960–2011. *Quaternary International*, 298, pp.177-186.
 41. Wang, Y. and Zhou, L., 2005. Observed trends in extreme precipitation events in China during 1961–2001 and the associated changes in large-scale circulation. *Geophysical Research Letters*, 32(9).
 42. World Meteorological Organization, 2011. *Weather extremes in a changing climate: Hindsight on foresight.* floods in the Colombian Andes. *Water*, 11(2), pp.379.
 20. Chen, D., Walther, A., Moberg, A., Jones, P., Jacobeit, J. and Lister, D., 2014. *European trend atlas of extreme temperature and precipitation records.* Springer.
 21. Choi, G., Collins, D., Ren, G., Trewin, B., Baldi, M., Fukuda, Y., Afzaal, M., Pianmana, T., Gomboluudev, P., Huong, P.T.T. and Lias, N., 2009. Changes in means and extreme events of temperature and precipitation in the Asia-Pacific Network region, 1955–2007. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 29(13), pp.1906-1925.
 22. Collins, D.A., Della-Marta, P.M., Plummer, N. and Trewin, B.C., 2000. Trends in annual frequencies of extreme temperature events in Australia. *Australian Meteorological Magazine*, 49(4), pp.277-292.
 23. Costa, A.C., Santos, J.A. and Pinto, J.G., 2012. Climate change scenarios for precipitation extremes in Portugal. *Theoretical and applied climatology*, 108, pp.217-234.
 24. Hanel, M. and Buishand, T.A., 2010. On the value of hourly precipitation extremes in regional climate model simulations. *Journal of hydrology*, 393(3-4), pp.265-273.
 25. Indices, E.P., 2019. Analysis of the Extreme Rainfall Events Over Upper Catchment of Sabarmati River Basin in Western India Using. *Advances in Water Resources Engineering and Management: Select Proceedings of TRACE 2018*, 39, p.103.
 26. Javanshiri, Z., Pakdaman, M. and Falamarzi, Y., 2021. Homogenization and trend detection of temperature in Iran for the period 1960–2018. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 133, pp.1233-1250.
 27. Karl, T.R., Knight, R.W. and Baker, B., 2000. The record breaking global temperatures of 1997 and 1998: Evidence for an increase in the rate of global warming?. *Geophysical Research Letters*, 27(5), pp.719-722.
 28. Kendall M.G. 1975. *Rank Correlation Methods.* Griffin, London, UK.
 29. Kendall, M.G., 1948. *The advanced theory of statistics. Vols. 1. The advanced theory of statistics. Vols. 1., 1(Ed. 4).*
 30. Kioutsioukis, I., Melas, D. and Zerefos, C., 2010. Statistical assessment of changes in climate extremes over Greece (1955–2002). *International Journal of Climatology*, 30(11), pp.1723-1737.
 31. Mahsafar, H., Maknoon, R. and Saghafian, B., 2010. The impact of climate change on Urmia

44. Zilli, M.T., Carvalho, L.M., Liebmann, B. and Silva Dias, M.A., 2017. A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. *International Journal of Climatology*, 37(5), pp.2269-2279.

43. Xuan, Y., Abbas, S.A., Song, X. and Reeve, D.E., 2017. Quantile regression based method for investigating rainfall trends associated with flooding and drought conditions. *Journal of European Water*, 59, pp.137-143.