



Spatial analysis of seasonal and annual heavy precipitation trends in Iran using quantile regression

Zohreh Javanshiri^{1*}, Fatemeh Abbasi²

¹Climate Research Center, Research Institute of Meteorology and Atmospheric Science (RIMAS), Mashhad, Iran, Email: Javanshirizohreh@gmail.com

²Climate Research Center, Research Institute of Meteorology and Atmospheric Science (RIMAS), Mashhad, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-8-12
Accepted: 2023-9-11

Keywords:
Climate change
Precipitation
quantile regression
trend analysis
Iran

ABSTRACT

The most significant factor that results in uncertainty about future water resource scarcity is climate change. Due to global warming, concerns about increasing or decreasing precipitation exist, which complicates water resource planning and management. Therefore, studying the trend of precipitation is of great importance. The linear trend reported in climate assessments reflects changes in average annual precipitation. However, the average trend cannot capture variations in other distribution aspects, including extreme precipitation events (high or low precipitation amounts). In this study, the Quantile Regression (QR) method was used to determine the trend of heavy precipitation (rainfall exceeding the 98th percentile) for seasonal and annual periods at 44 synoptic stations in Iran for two recent climatological standard normal periods: 1981-2010 and 1991-2020. For this purpose, after data quality control and homogenization, the 98th percentiles of seasonal and annual precipitation were calculated for both periods and compared. Then, the trends of these percentiles were estimated using the Quantile Regression method and tested. The results showed that compared to the two climatological standard normal periods, spring heavy precipitation had changed significantly in the southern of Alborz Mountain, summer heavy precipitation on the shores of the Caspian Sea, autumn heavy precipitation in the northwest and northeast regions of Iran, and winter heavy rainfall in the Zagros range. Similarly, spring-heavy precipitation in the southern of Alborz Mountain is decreasing, while summer-heavy precipitation on the shores of the Caspian Sea and autumn-heavy precipitation in the northwest and northeast regions of Iran are increasing.

Cite this article: Javanshiri, Z., Abbasi, F. (2023). Revealing the impact of Khorramabad urban expansion on urban temperature changes using landsat satellite thermal images. *Journal of the Climate Change Research*, 4 (15), 39-54.





نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی



فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال چهارم / شماره مسلسل پانزدهم / پاییز ۱۴۰۲ / صفحات: ۵۴-۳۹

تحلیل مکانی روند بارش‌های سنگین فصلی و سالانه کشور با استفاده از رگرسیون چندک

زهره جوانشیری^{۱*}، فاطمه عباسی^۲

استادیار، گروه اقلیم‌شناسی کاربردی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، مشهد، ایران، رایانامه: Javanshirizohreh@gmail.com
 کارشناس ارشد پژوهشی، گروه اقلیم‌شناسی کاربردی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، مشهد، ایران

اطلاعات مقاله چکیده

نوع مقاله: مقاله کامل علمی
 تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲۱
 تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۲۰

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، بارش، رگرسیون چندک، تحلیل روند، ایران

دلیل اصلی وجود عدم قطعیت در تعیین کمبود منابع آبی در آینده، تغییر اقلیم است. به دلیل گرم شدن کره زمین نگرانی‌هایی در مورد افزایش یا کاهش بارندگی وجود دارد و این مسأله برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب را پیچیده می‌کند. از این رو بررسی روند بارش از اهمیت بسزایی برخوردار است. روند خطی گزارش شده در ارزیابی‌های اقلیمی ایران و جهان، منعکس‌کننده تغییر در میانگین بارش سالانه است. روند میانگین، نمی‌تواند تغییرات سایر چندک‌های توزیع، از جمله دماهای توزیع (میزان بارش بسیار زیاد و کم) را منعکس کند. در این مطالعه از روش رگرسیون چندک^۱ (QR) برای تعیین روند بارش‌های سنگین (بارش‌های بیشتر از صدک ۹۸ام توزیع بارش) فصلی و سالانه ۴۴ ایستگاه سینوپتیک کشور برای دو دوره نرمال استاندارد اقلیمی اخیر ۲۰۱۰-۱۹۸۱ و ۲۰۲۰-۱۹۹۱ استفاده شد. برای این منظور، بعد از کنترل کیفیت و همگن‌سازی داده‌ها، صدک‌های ۹۸ام بارش‌های فصلی و سالانه برای هر دو دوره محاسبه شدند و مورد مقایسه قرار گرفتند. سپس روند این چندک‌ها با استفاده از روش رگرسیون چندک برآورد شده و مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در مقایسه دو دوره نرمال استاندارد اقلیمی، 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 به‌طور عمده تغییر رفتار داده‌اند. همین‌طور، بارش‌های سنگین بهاری در دامنه‌های جنوبی البرز رو به کاهش است، در صورتی‌که بارش‌های سنگین تابستانی در سواحل دریای خزر و بارش‌های سنگین پاییزی در شمال غرب و شمال شرق کشور رو به افزایش است.

استناد: جوانشیری، زهره؛ عباسی، فاطمه. (۱۴۰۲). تحلیل مکانی روند بارش‌های سنگین فصلی و سالانه کشور با استفاده از رگرسیون چندک. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۴ (۱۵)، ۳۹-۵۴

Doi: 10.30488/CCR.2023.411246.1155

ناشر: دانشگاه گلستان
 © نویسندگان.



¹ Quantile Regression

مقدمه

گزارش ششم IPCC نشان داد که در شرایط حال حاضر که محیط زیست به دلیل افزایش تقاضای منابع و شیوه‌های مدیریت ناپایدار به طور جدی آسیب دیده و تحلیل رفته است، تغییر اقلیم ایجاد شده توسط بشر، یک نگرانی بزرگ مضاعف است. این گزارش همچنین نشان داد که تأثیرات عمده تغییر اقلیم بر سیستم‌های آبی و همچنین بر سیستم‌های اکولوژیکی طبیعی، جنگل‌ها، کشاورزی و اکوسیستم‌های ساحلی است. در بسیاری از مناطق، خطر افزایش قرار گرفتن در معرض امواج گرمایی، خطرات آب‌وهوایی مانند خشکسالی، سیل، آتش‌سوزی و طوفان شدید که منجر به صدمات، مرگ و میر و آسیب به زیرساخت‌هایی می‌شود که از سلامت عمومی حمایت می‌کنند، وجود دارد (IPCC, 2021).

تاکنون مطالعات بسیاری در زمینه تغییر اقلیم و چگونگی تغییرات بارش انجام شده است. در غالب این مطالعات، روش پارامتری رگرسیون خطی معمولی، روش غیر پارامتری من-کندال (من^۲، ۱۹۴۵؛ کندال^۳، ۱۹۷۵) و یا روش‌هایی همچون آنالیز موجک مورد استفاده قرار گرفته‌اند (اکبری و نودهی، ۱۳۹۴؛ داداشی رودباری و کیخسروی، ۱۳۹۵؛ پاندیت^۴، ۲۰۱۶؛ کومار^۵، ۲۰۱۷؛ گندمکار و عبداللهی، ۲۰۱۲، جوانشیری و همکاران؛ ۲۰۲۲). یکی از اشکالات روش‌های رگرسیون خطی و من-کندال در تعیین روند تغییرات بارش در این است که تنها تغییرات میانگین بارش را در طول زمان نشان می‌دهد و دیدگاهی در مورد روند بارش‌های فرین به ما نمی‌دهد. روش رگرسیون چندک به ما این امکان را می‌دهد که روند چندک‌های مختلف توزیع را بررسی کنیم. روش رگرسیون چندک که به عنوان یک توافقی بین رویکردهای پارامتری و ناپارامتری است، اولین بار توسط کوینکر^۶ و باست^۷ (۱۹۷۸) پیشنهاد شد که روند

چندک‌های توزیع را برآورد کردند و منجر به دستیابی به طیف مناسبی از تحلیل‌های روند برای این چندک‌ها شد (Reich, 2012).

مطالعات انجام شده در زمینه بررسی روند پارامترهای اقلیمی با استفاده از روش رگرسیون چندک در ایران محدود می‌باشد اما در مقیاس جهانی مطالعات متعددی انجام شده و نتایج کاربردی و مهمی را به همراه داشته است. سو^۸ و کان^۹ (۲۰۱۲) به بررسی روند در سری‌های بارندگی‌های حداکثر روزانه برای ۶۴ ایستگاه آب‌وهوایی در کره جنوبی از طریق دو روش رگرسیون چندک و رگرسیون معمولی^{۱۰} (OR) پرداختند. نتایج نشان داد رگرسیون چندک یک روند صعودی قوی با سطح معناداری ۵ درصد برای ۴۷ ایستگاه را نشان می‌دهد. در حالی که با استفاده از روش رگرسیون معمولی فقط در ۱۳ ایستگاه روند معنادار مشاهده شده است. رات^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۵)، به بررسی روند شدت بارش باران‌های متوسط در هلند برای دوره‌ی زمانی ۲۰۰۹-۱۹۱۰ با استفاده از رویکرد رگرسیون چندک پرداختند و نتیجه گرفتند روندهای افزایشی معنادار برای فصل زمستان و برای همه‌ی سال وجود دارد در حالی که در فصل تابستان، روند در بیشتر مناطق غیرمعنادار می‌باشد. فان^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی روندها در شاخص‌های بارش شدید در سراسر چین پرداختند، نتایج نشان داد که روند تغییرات بارش در چندک‌های بالایی، نرخ بسیار بالاتری را نسبت به روندهای میانگین تخمین زده شده توسط مدل رگرسیون خطی معمولی در ناحیه‌ی گسترده‌ای از منطقه مورد مطالعه دارند.

ایکسوان^{۱۳} (۲۰۱۷)، به بررسی روندهای بارش باران همراه با سیل و شرایط خشکسالی با استفاده از رگرسیون چندک پرداخت. برای این منظور، روش رگرسیون چندک خطی برای تجزیه و تحلیل روند بلند مدت بارش در دو منطقه‌ی مختلف آب‌وهوایی استفاده

⁸ So

⁹ Kwon

¹⁰ Ordinary regression

¹¹ Roth

¹² Fan

¹³ Xuan

² Mann

³ Kendall

⁴ Pandit

⁵ Kumar

⁶ Koenker

⁷ Bassett

رگرسیون چندک پرداختند؛ نتایج نشان داد مقدار بارندگی در بسیاری از چندک‌ها از ژوئن تا آگوست کاهش و در ماه سپتامبر در بیشتر ایستگاه‌ها افزایش یافته است و کاهش در چندک‌های پایین‌تر بارندگی در بیشتر ماه‌های موسمی اتفاق افتاده است که ممکن است باعث افزایش احتمال خشکسالی در کشور شود. شیاو^{۲۰} و هوانگ^{۲۱} (۲۰۱۵) در پژوهشی تغییرات توزیع شاخص‌های بارندگی سالانه در تایوان را با استفاده از رگرسیون چندک بررسی کردند. در این مطالعه در مجموع ۲۳ سری بارندگی روزانه در تایوان طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۴۷ برای تعیین تغییرات توزیع بارندگی سالانه، روزهای بارانی سالانه و حداکثر بارندگی یک روزه انتخاب شدند. نتایج نشان داد که روند بارندگی سالانه و حداکثر بارش یک روزه به ترتیب ۱۲ و ۱۴ ایستگاه از ۲۳ ایستگاه (۵۲/۲ و ۶۰/۹ درصد) در همه چندک‌ها معنی‌دار نمی‌باشد. از طرف دیگر روزهای بارانی سالانه در ۱۸ ایستگاه (۷۸/۳ درصد) در قسمتی یا در تمام چندک‌ها دارای روند منفی معنی‌دار می‌باشند. جامیل^{۲۲} و همکاران (۲۰۰۷) و مزویمای^{۲۳} (۲۰۱۰) از رگرسیون چندک برای آشکارسازی تغییرات زمانی بارندگی سالانه در زیمبابوه^{۲۴} استفاده کردند. فریدریچ^{۲۵} (۲۰۱۰) این روش را برای تخمین بارش‌های سنگین در ایستگاه‌های هواشناسی آلمان بکار برد.

تیموفیو^{۲۶} و استرین^{۲۷} (۲۰۱۰) از رگرسیون چندک برای تجزیه و تحلیل تغییر اقلیم و سری‌های اقلیمی جو آزاد در مسکو و ویلارینی^{۲۸} و همکاران (۲۰۱۱) از رگرسیون چندک برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی بارندگی در غرب میانه ایالات متحده استفاده کردند. وانگ^{۲۹} و همکاران (۲۰۱۳) این روش را برای بررسی تغییرات احتمالی صدک‌های مختلف بارش ماهانه در ۵۶ حوضه آبخیز واقع در

شد. نتایج نشان داد که رگرسیون چندک قادر به نشان‌دادن الگوهایی از شرایط خشک و مرطوب شدید از مناطق است. همچنین تفاوت واضح بین روندها در انتخاب چندک‌ها، کارایی استفاده از روش رگرسیون چندک در این زمینه را نشان می‌دهد. امران^{۱۴} و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی روند و ویژگی‌های بارش‌های سنگین مرتبط با تغییر اقلیم استان سولواوسی^{۱۵} اندونزی با استفاده از رگرسیون چندک پرداختند. نتایج نشان داد در همه ایستگاه‌ها بارش سنگین بسیار کم با افزایش دما، افزایش می‌یابد. بارش‌های سنگین در ایستگاه‌های سالوبارانی و بیولو-بیولو که نسبت به سایر ایستگاه‌ها در عرض جغرافیایی بالاتری قرار گرفته‌اند با دما رابطه عکس دارند. در مطالعه‌ای ویلارینی و اسلاتر^{۱۶} (۲۰۱۷) به بررسی تغییرات در حداکثر ارتفاع سالانه در قاره آمریکا و ارتباط آن‌ها با تغییرات در بارش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت پرداختند. نتایج نشان داد که روندها فقط در تعداد محدودی از سایت‌ها معنی‌دار بوده‌اند که بیشتر در دنباله‌های توزیع قابل توجه‌اند. عباس^{۱۷} و همکاران (۲۰۱۹) روند طولانی مدت بارندگی را در دو منطقه‌ی مختلف از نظر اقلیمی بررسی کردند. در این مطالعه درحوضه آبریز رودخانه دی^{۱۸} در بریتانیا از داده‌های بارندگی روزانه ۲۰۰۴-۱۹۷۰، و در منطقه شهری پکن^{۱۹} در چین از داده‌های بارندگی ماهانه از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۲ میلادی استفاده شد. نتایج نشان داد که روش رگرسیون چندک می‌تواند الگوهای هر دو شرایط بسیار مرطوب و خشک مناطق را ارائه دهد و تفاوت واضح بین روندها در چندک‌های سنگین انتخاب شده، کاربردپذیری روش رگرسیون چندک را در این زمینه نشان می‌دهد. محسنی‌پور و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تغییرات در توزیع بارش در طول ماه‌های موسمی (ژوئن تا سپتامبر) در بنگلادش با استفاده از

²² Chamaille

²³ Mazvimavi

²⁴ Zimbabwe

²⁵ Friederichs

²⁶ Timofeev

²⁷ Sterin

²⁸ Villarini

²⁹ Wang

¹⁴ Amran

¹⁵ Sulawesi

¹⁶ Villarini & Slater

¹⁷ Abbas

¹⁸ Dee

¹⁹ UK

²⁰ Shiau

²¹ Huang

چندک برای بررسی روند بارش‌های سنگین (سیل و خشکسالی) در مشهد برای دوره‌ی ۲۰۱۸-۱۸۹۹ استفاده کردند. برای این منظور، بعد از کنترل کیفیت و همگن سازی داده‌ها، داده‌ها به ۴ دوره ۳۰ ساله تقسیم شدند و در هر دوره، دو چندک ۹۵٪ و ۵٪ به ترتیب برای نشان دادن وضعیت‌های بسیار تر و بسیار خشک به کار برده 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 داشته است. روند بارش‌های سنگین در تابستان برای دوره چهارم کاهش معنی‌دار، در پاییز برای دوره اول کاهش معنی‌دار و برای دوره چهارم افزایش معنی‌دار و در زمستان برای دوره اول افزایش معنی‌داری داشته است. از بین مطالعاتی که در زمینه بررسی روند متغیرهای اقلیمی با استفاده از آزمون‌های مرسوم ناپارامتری و روش رگرسیون چندک انجام شده است، چنین بر می‌آید که روش رگرسیون چندک بررسی جامع‌تر و نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. از جمع‌بندی مطالعات انجام شده چنین استنباط می‌شود که در داخل کشور مطالعات محدودی براساس روش رگرسیون چندک بر روی متغیرهای اقلیمی صورت گرفته است. مشاهدات در ایران نشان می‌دهد که تغییرات در بارش به طور قابل توجهی تحت تأثیر تغییر در دم‌های توزیع بارش است.

در این پژوهش هدف، بررسی روند بارش‌های سنگین (بارش‌های خیلی زیاد) در دو دوره نرمال استاندارد اقلیمی اخیر و مقایسه آن‌هاست. منظور از بارش سنگین، بارشی است که بیشتر از صدک ۹۸ ام توزیع بارش باشد. بررسی این مساله از نظر مدیریت ریسک سیل و مدیریت منابع آب از اهمیت بالایی برخوردار است.

روش تحقیق

رگرسیون چندک: رگرسیون چندک، بسطی از رگرسیون خطی معمولی است که با استفاده از آن چندک‌های متغیر وابسته بر اساس متغیر مستقل بیان

جنوب‌شرقی ایالات متحده بکار بردند. نتایج نشان داد که در ۲۰٪ از حوضه‌ها در چندک ۹۰٪ روند افزایشی وجود داشته که می‌تواند مربوط به افزایش وقوع رویدادهای سنگین باشد.

سلیمانی (۱۴۰۰) روند تغییرات در چندک‌های مختلف از سری زمانی داده‌های کمینه و بیشینه‌ی دما، بارش و حداکثر سرعت باد روزانه در ایستگاه سینوپتیک بابلسر برای دوره‌ی زمانی ۶۲ ساله (۱۳۹۹-۱۳۳۸) به صورت فصلی و سالانه با استفاده از روش رگرسیون چندک تحلیل کرد. نتایج نشان داد که کمینه و بیشینه‌ی دما و سرعت باد در تمام فصل‌های سال به صورت معنی‌دار افزایش یافته است. شدت این روندهای افزایشی در چندک‌های پایینی حدی از کمینه دما و چندک‌های بالایی حدی از بیشینه‌ی دما در فصل زمستان بیشتر بوده است. اما داده‌های سرعت باد در چندک‌های بالایی خصوصاً بالایی حدی با شدت بسیار بیش‌تری نسبت به چندک‌های پایینی خصوصاً در فصل پاییز افزایش یافته‌اند. شیب رگرسیون چندک در چندک‌های حدی بالا و پایین به ویژه برای متغیرهای باد و بارش مقادیری متفاوت با شیب رگرسیون میانه و میانگین داشته است. برارخان پور و همکاران (۱۳۹۸)، در کنار آزمون من کندال و رگرسیون خطی معمولی، از روش رگرسیون چندک نیز برای بررسی روند فصلی و سالانه بارش در ایستگاه سینوپتیک هاشم‌آباد گرگان در طول سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۶۳ استفاده کردند. بررسی مقایسه‌ای نتایج روش‌های من-کندال و رگرسیون خطی معمولی نشان داد که هر دو روش جهت تغییرات را به‌طور مشابه نشان می‌دادند اما بزرگی تغییرات در روش من-کندال بیشتر از روش رگرسیون خطی است. نتایج رگرسیون چندک نشان داد که تمام چندک‌ها در یک سری زمانی، از شیب یکسانی تبعیت نمی‌کند و حتی ممکن است در یک سری، برخی چندک‌ها دارای شیب افزایشی و برخی دارای شیب کاهشی باشند و به‌طور کلی می‌توان گفت که بر ترسالی‌های شدید و خشکسالی‌های شدید افزوده شده است. جوانشیری و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای از روش رگرسیون

انجام می‌دهد تا نمونه‌های شبیه‌سازی شده زیادی ایجاد کند. این فرآیند به ما این امکان را می‌دهد که خطاهای استاندارد را محاسبه کنیم، فواصل اطمینان ایجاد کنیم و آزمون فرضیه را برای آماره‌های مختلف نمونه انجام دهیم. روش بوت استرپ رویکرد جایگزینی برای آزمون فرضیه کلاسیک است و به دلیل اینکه درک آن آسانتر است و همین‌طور برای حالت‌های زیادی معتبر است، بیشتر قابل توجه می‌باشد.

محدوده و قلمرو پژوهش

در این مطالعه از روش رگرسیون چندک برای تعیین روند بارش فصلی و سالانه ۴۴ ایستگاه سینوپتیک کشور برای دو دوره نرمال استاندارد اقلیمی اخیر ۲۰۱۰-۱۹۸۱ و ۲۰۲۰-۱۹۹۱ استفاده شده‌است. تعداد ایستگاه‌هایی که دوره ۲۰۲۰-۱۹۸۱ را تحت پوشش قرار می‌دهند، ۴۴ ایستگاه همدیدی بودند. شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

می‌شوند. فرض کنید که متغیر وابسته Y با تابع توزیع $F_Y(y)$ باشد، چندک τ ام توزیع به صورت زیر تعریف می‌شود

$$Q_\tau(Y) = \inf \{y | F_Y(y) \geq \tau\} \quad (1)$$

وقتی که $0 < \tau < 1$ است. تابع چندک خطی به شرط متغیر مستقل X به صورت زیر تعریف می‌شود

$$Q_\tau(Y|X) = X^T \beta(\tau) \quad (2)$$

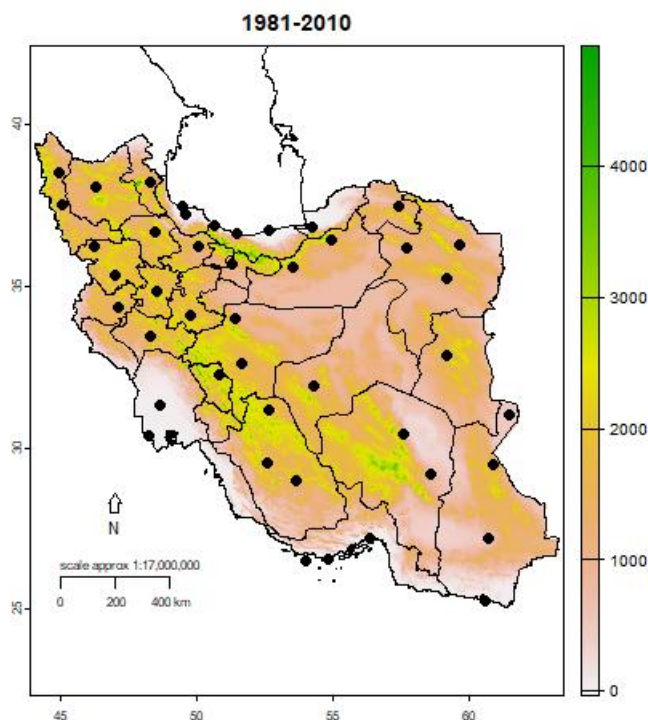
که در آن، $\beta(\tau)$ بردار ضرایب می‌باشد و بسته به مقدار τ امین چندک مورد بررسی تغییر می‌کنند و به صورت زیر برآورد می‌شوند

$$\hat{\beta}(\tau) = \operatorname{argmin}_\beta \sum_{i=1}^n \rho_\tau(y_i - x_i^T \beta) \quad (3)$$

که تابع $\rho_\tau(\cdot)$ به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\rho_\tau(u) = \begin{cases} u(\tau - 1) & \text{if } u < 0 \\ u\tau & \text{if } u \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

روش بوت استرپ: بوت استرپ یک روش آماری است که از یک نمونه‌ی آماری، نمونه‌گیری‌هایی با جایگذاری



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

بندرعباس و همدان که معرف اقلیم‌های متفاوت می‌باشند، به طور نمونه انتخاب شدند و نتایج تحلیل توصیفی و رگرسیون چندک برای ایستگاه‌های منتخب به طور کامل بیان می‌شود و برای سایر ایستگاه‌ها تنها به گزارش روند رگرسیون چندک می‌پردازیم.

تحلیل توصیفی

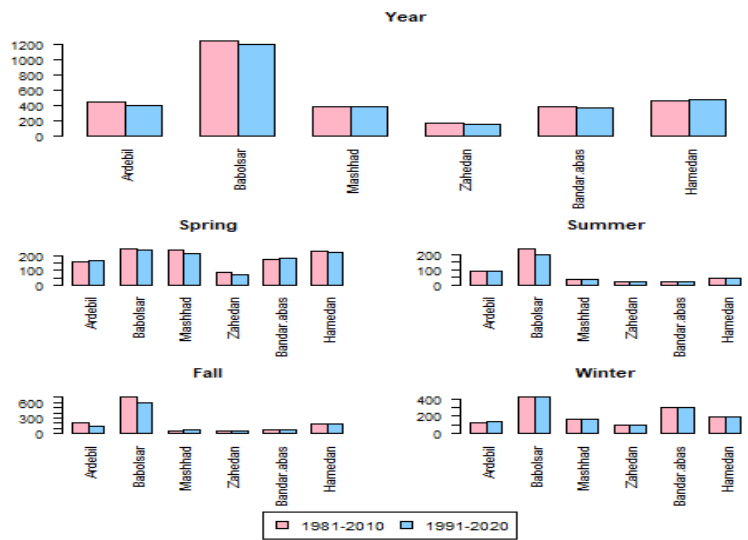
شکل ۳- نمودار منحنی فراوانی داده‌های بارش ایستگاه‌های منتخب

مقادیر چندک ۰/۹۸ برای ایستگاه‌های منتخب به تفکیک فصول، برای دو دوره سی ساله ۲۰۱۰-۱۹۸۱ و ۲۰۲۰-۱۹۹۱ را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، مقدار چندک ۰/۹۸ سالانه دوره دوم برای ایستگاه‌های بابلسر و اردبیل از چندک ۰/۹۸ سالانه دوره اول کوچکتر است. به عبارتی برای این دو ایستگاه، فراوانی سال‌هایی با بارش سنگین در دوره دوم نسبت به دوره اول کمتر است، در مورد سایر ایستگاه‌ها این تفاوت‌ها بسیار جزئی است. در مورد بارش‌های فصلی می‌توان گفت، تعداد بهارهایی با بارش سنگین در ایستگاه مشهد و زاهدان، تابستان‌هایی با بارش سنگین در ایستگاه بابلسر و تعداد پاییزهایی با بارش سنگین در ایستگاه بابلسر و اردبیل، در دوره دوم نسبت به دوره اول کمتر شده‌است. به طور کلی فراوانی فصل‌ها و سال‌هایی با بارش سنگین در دوره دوم نسبت به دوره اول کمتر است. شکل ۳ منحنی‌های فراوانی داده‌های بارش سالانه و فصلی را برای ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. توزیع بارش سالانه ایستگاه اردبیل در دوره ۲۰۲۰-۱۹۹۱ تفاوت چشمگیری با دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۱ دارد، توزیع به سمت راست محور جابجا شده‌است که نشان از افزایش بارش در دوره دوم نسبت به دوره اول است. در مورد سایر ایستگاه‌ها توزیع جابجا نشده‌است، اما تفاوت‌هایی در دم سمت راست و میانه توزیع مشاهده می‌شود.

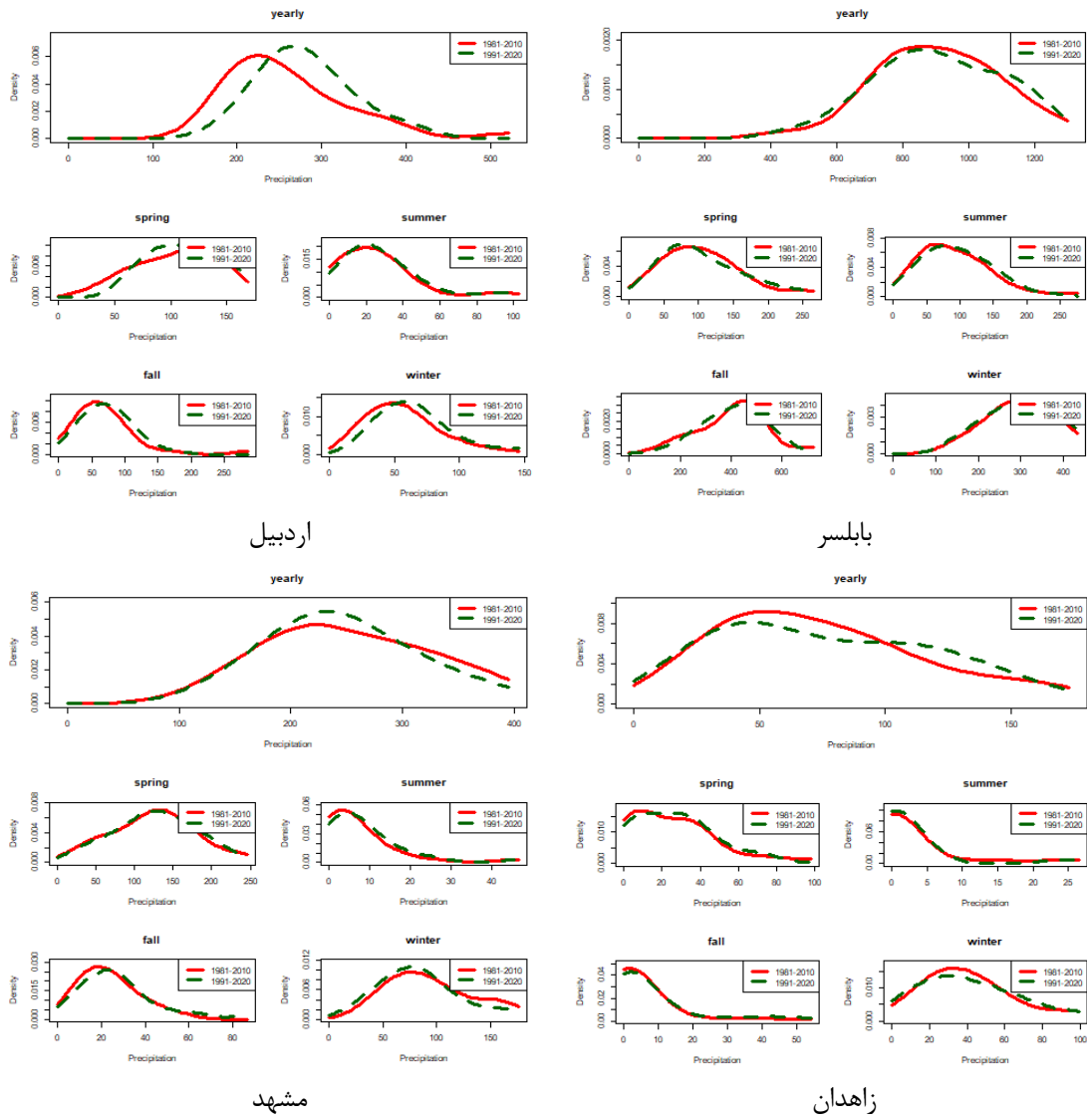
در این پژوهش، از مجموع بارش ۲۴ ساعته که از سامانه MESSIR استخراج شده است، استفاده شد. میزان بارش‌های ۲۴ ساعته گزارش شده در ایستگاه‌های ۲۴ ساعته از مجموع میزان بارش‌های گردشده ۶ ساعته (اعداد یک رقم اعشار هستند که به عدد صحیح گرد می‌شوند) که در ساعت ۰۶، ۱۲ و ۱۸ گرینویچ گزارش می‌شود- استخراج شده است و بازه زمانی آن هم مجموع بارش گرد شده‌ای است که از ساعت ۱۸ گرینویچ روز قبل تا ساعت ۱۸ گرینویچ تاریخ مورد نظر اتفاق افتاده است. میزان بارش ۲۴ ساعته بارش در ایستگاه‌های ۱۲ ساعته میزان بارشی است که از مجموع بارش گزارش شده و گرد شده در گزارشات سینوپ ساعت ۰۶ و ۱۲ گرینویچ به دست آمده است.

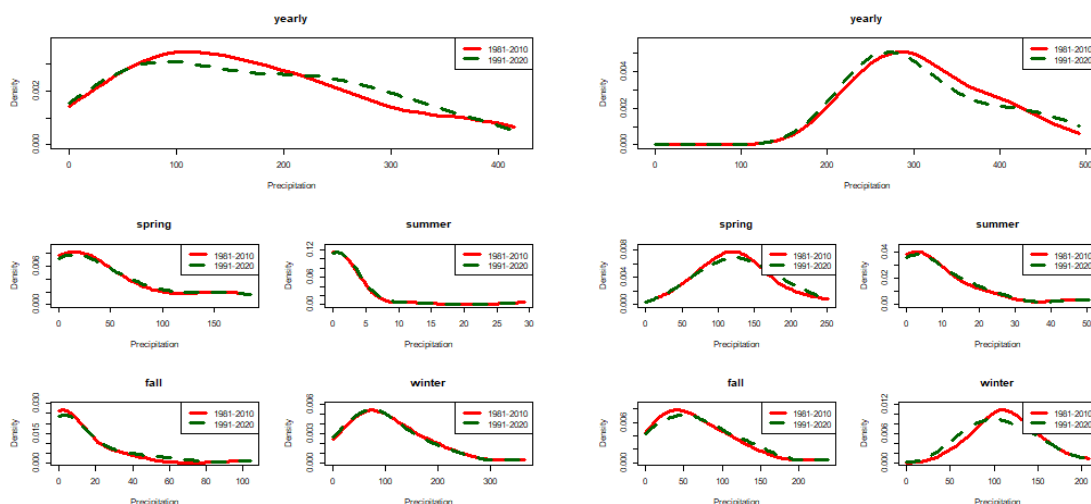
نتایج و بحث

در مرحله اول، کنترل کیفیت و همگن‌سازی روی داده‌های روزانه بارش با استفاده از بسته نرم افزاری کلاپماتول^{۳۰} در نرم‌افزار R انجام شد. برای مشاهده جزئیات روش، به جوانشیری و همکاران (۲۰۲۱) مراجعه کنید. بعد از کنترل کیفیت و همگن‌سازی داده‌های روزانه، سری‌های روزانه به سری‌های ماهانه و فصلی تبدیل شدند. برای هر ایستگاه، تحلیل توصیفی با استفاده از صدک‌های ۱۹۸ام و منحنی‌های فراوانی سری‌های فصلی و سالانه بارش برای دو دوره انجام شد. همچنین رگرسیون چندک ۰/۹۸ برای دو دوره محاسبه و معنی‌داری رگرسیون با استفاده از روش بوت‌استرپ مورد آزمون قرار گرفت. سپس با استفاده از نتایج حاصل، رفتار بارش‌های سنگین فصلی و سالانه در دو دوره مورد مقایسه قرار گرفتند و تحلیل مکانی تغییرات بارش‌های سنگین در دو دوره انجام شد. از آنجا که ارائه‌ی نتایج کامل مطالعه در این مقاله میسر نیست، ۶ ایستگاه اردبیل، بابلسر، مشهد، زاهدان،



شکل ۲- چندک ۰/۹۸ بارش سالانه و فصلی برای ایستگاه‌های منتخب





بندر عباس

همدان

شکل ۳- نمودار منحنی فراوانی داده‌های بارش ایستگاه‌های منتخب

هیچ یک از دو دوره تغییر معنی‌داری نداشته‌است. در واقع به نظر می‌رسد که بارش‌های سنگین فصل تابستان ایستگاه بابلسر تغییر رفتار داده‌اند، و اگر کل دوره ۱۹۸۱-۲۰۲۰ را در نظر بگیریم روند به صورت سهمی شکل است که در ابتدا کاهش و سپس افزایش داشته‌است (شکل ۴). در مشهد بارش‌های سنگین تابستان دوره اول کاهش معنی‌دار و بارش‌های سنگین فصل پاییز دوره دوم افزایش معنی‌داری را تجربه کرده است. بارش‌های سنگین در فصل بهار و زمستان در هیچ یک از دو دوره تغییر معنی‌داری نداشته‌است. با توجه به شکل ۴ نیز مشاهده می‌شود که گرچه روند تغییرات بارش‌های سنگین تابستان دو دوره کاهشی است، اما این تغییرات کاهشی در دوره اول و دوم متفاوت است، در واقع بارش‌های سنگین تابستان، در سال‌های اخیر کاهش کمتری نسبت به گذشته داشته‌است. در فصل پاییز، به نظر می‌رسد که بارش‌های سنگین تغییر رفتار داده‌اند و در صورتی که در دوره اول کاهشی بوده‌اند در دوره دوم روند افزایشی معنی‌داری را داشته‌اند.

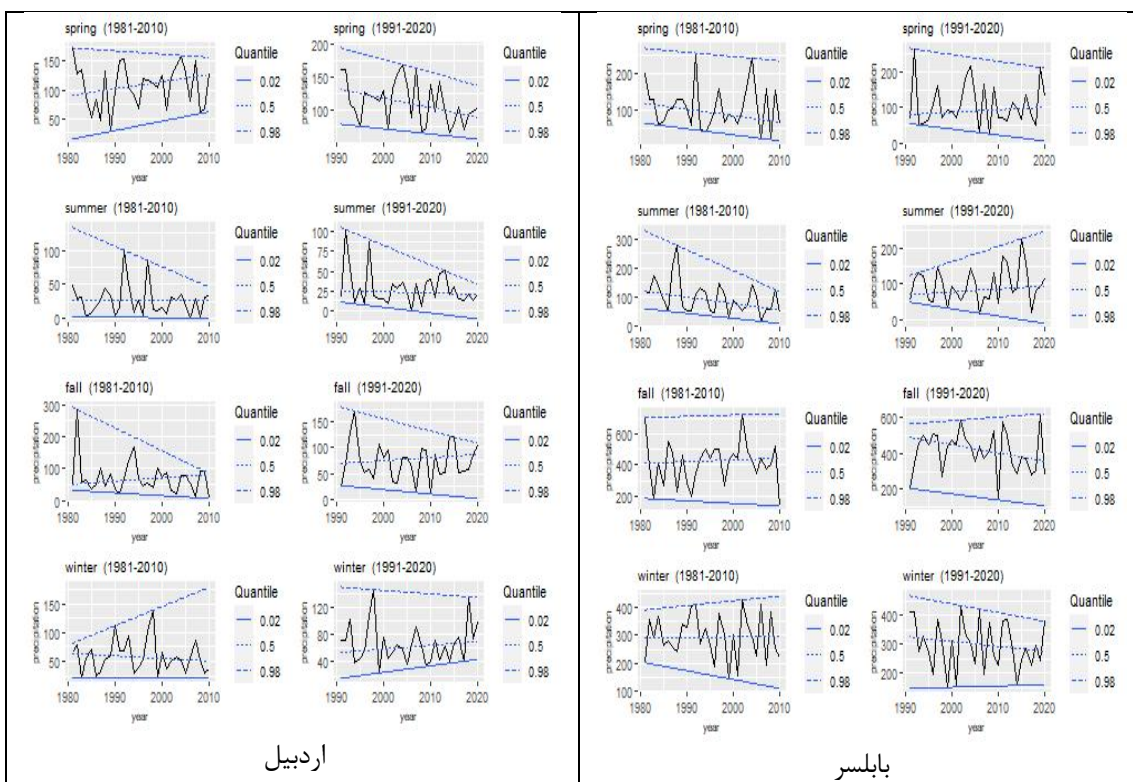
رگرسیون چندک: جدول ۱، p -مقدار آزمون معنی‌داری رگرسیون چندک $0.98/0$ را به همراه شیب خط (در مواردی که معنی‌دار است) و شکل ۴، خطوط رگرسیون چندک $0.98/0$ ، $0.5/0$ و $0.2/0$ را برای ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۱ می‌توان گفت، در ایستگاه اردبیل بارش‌های سنگین تابستان دوره دوم و بارش‌های سنگین پاییزی دوره اول کاهش معنی‌داری داشته‌است. بارش‌های سنگین در فصل بهار و زمستان در هیچ یک از دو دوره تغییر معنی‌داری نداشته‌است. این بدان معنی است که گرچه روند تغییرات بارش‌های سنگین در تابستان و پاییز کاهشی است، اما این تغییرات کاهشی در دوره اول و دوم متفاوت است، در واقع بارش‌های سنگین تابستان، در سال‌های اخیر کاهش بیشتری نسبت به گذشته داشته‌است، در صورتی که از روند کاهشی بارش‌های سنگین پاییز کاسته شده‌است (شکل ۴). در بابلسر بارش‌های سنگین تابستان در دوره اول کاهشی معنی‌دار (با روند -72 میلی‌متر بر دهه) و در دوره دوم افزایش معنی‌دار (با روند 43 میلی‌متر بر دهه) داشته است. بارش‌های سنگین فصل بهار، پاییز و زمستان در

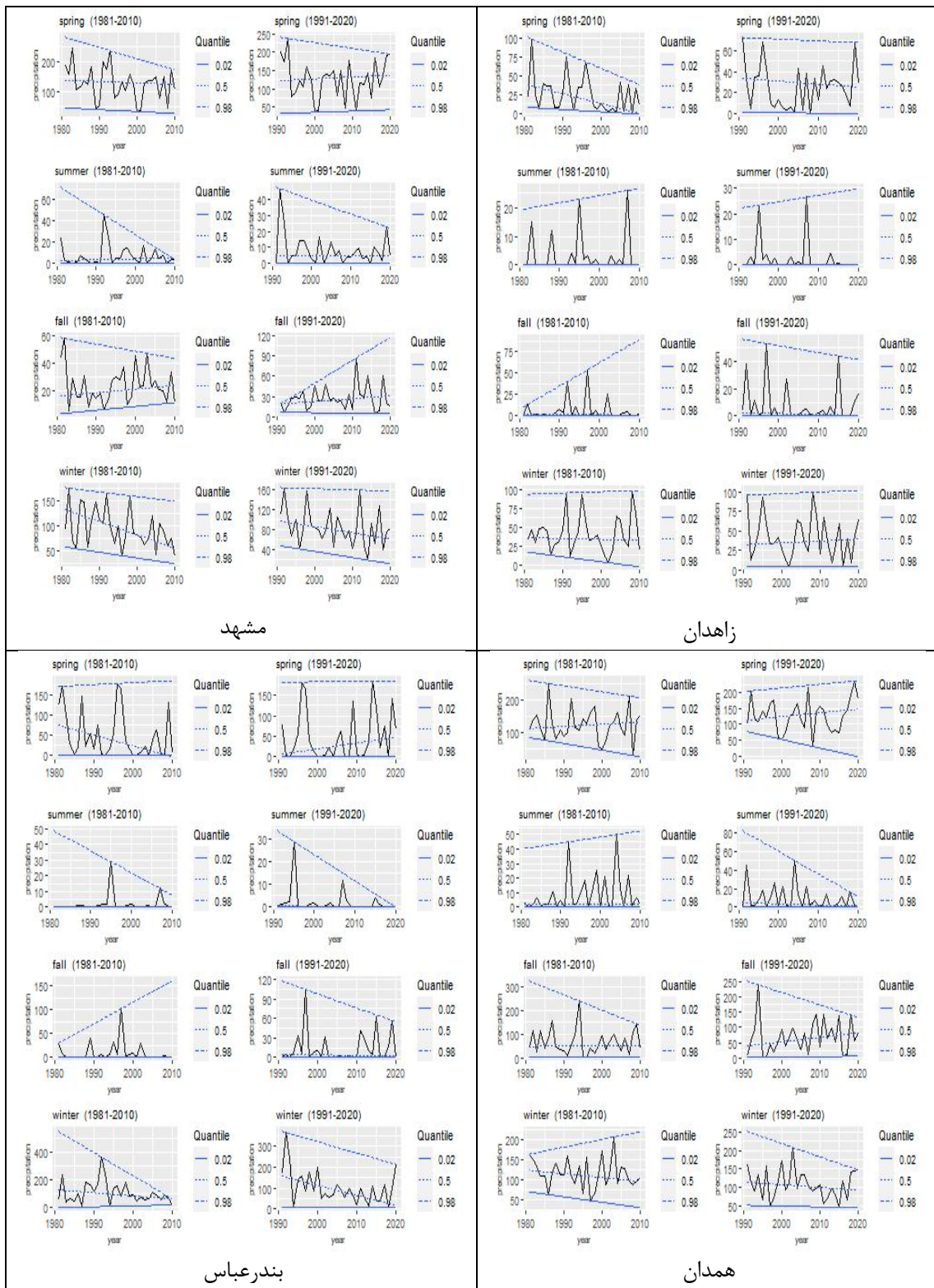
جدول ۱- شیب رگرسیون چندک ۰/۹۸ درصد و نتیجه آزمون معنی‌داری برای ایستگاه‌های منتخب

	دوره	p-مقدار (شیب)					
		اردبیل	بابلسر	مشهد	زاهدان	بندر عباس	همدان
بهار	۱۹۸۱-۲۰۱۰	۰.۴۴۳	۰.۷۹۶	۰.۰۷۲	۰.۰۰۶ (-۲.۱۴۳)	۰.۹۰۶	۰.۳۹۰
	۱۹۹۱-۲۰۲۰	۰.۲۹۷	۰.۵۶۹	۰.۲۲۴	۰.۸۵۱	۰.۹۵۶	۰.۴۷۳
تابستان	۱۹۸۱-۲۰۱۰	۰.۳۲۱	۰.۰۰۸ (-۷.۱۹)	۰.۰۴۸ (-۲.۳۳)	۰.۷۸۵	۰.۳۴۰	۰.۷۶۰
	۱۹۹۱-۲۰۲۰	۰.۰۰۵ (-۲.۴۷۱)	۰.۰۰۲ (۴.۳۴۵)	۰.۱۱۹	۰.۸۲۳	۰.۱۳۷	۰.۰۸۷
پاییز	۱۹۸۱-۲۰۱۰	۰.۰۰۳ (-۷.۱۴۸)	۰.۹۰۶	۰.۳۵۵	۰.۲۹۹	۰.۳۲۸	۰.۳۰۸
	۱۹۹۱-۲۰۲۰	۰.۰۹۷	۰.۵۸۵	۰.۰۱۶ (۳.۳۶۵)	۰.۵۹۸	۰.۲۷۳	۰.۳۱۱
زمستان	۱۹۸۱-۲۰۱۰	۰.۳۰۳	۰.۴۰۵	۰.۶۳۴	۰.۹۰۵	۰.۰۰۴ (-۱۶.۷۵)	۰.۱۳۵
	۱۹۹۱-۲۰۲۰	۰.۷۲۱	۰.۲۱۸	۰.۸۸۵	۰.۸۹۰	۰.۱۲۵	۰.۱۰۱

اول کاهش معنی‌داری داشته است. بارش‌های سنگین در فصل‌های بهار، تابستان و پاییز در هیچ یک از دو دوره تغییر معنی‌داری نداشته است. شکل ۴ نشان می‌دهد که گرچه بارش‌های سنگین زمستان در دو دوره کاهش یافته است، اما تغییرات کاهشی در دو دوره یکسان نیست و در سال‌های اخیر شدت روند کاهشی بسیار کم شده است. در همدان بارش‌های سنگین در همه فصل‌ها در هیچ یک از دو دوره تغییر معنی‌داری نداشته است.

در ایستگاه زاهدان بارش‌های سنگین در فصل تابستان، پاییز و زمستان در هیچ یک از دو دوره تغییرات معنی‌داری نداشته است. آنچه مورد توجه است کاهش بارش‌های سنگین فصل بهار در دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ می‌باشد که روند آن ۲۱- میلی‌متر بر دهه می‌باشد. *Error! Reference source not found.* می‌دهد که در دهه آخر دوره مورد مطالعه، از روند کاهشی بارش‌های سنگین فصل بهار کاسته شده است. در بندرعباس فصل زمستان بارش‌های سنگین دوره





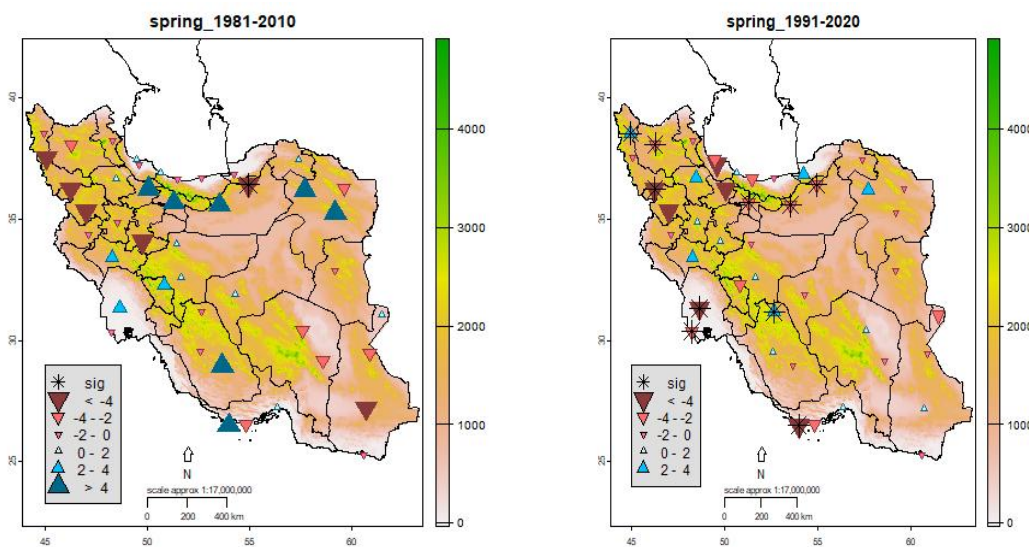
شکل ۴- مدل‌های رگرسیونی برای چندک ۰/۹۸

علامت ستاره نشان دهنده معنی‌داری روند است) برای ۴۴ ایستگاه در سطح کشور و در مقیاس سالانه و فصلی

تحلیل مکانی: شکل ۵ شکل‌های ۵ تا ۹، روند رگرسیون چندک ۰/۹۸ را به همراه معنی‌داری روند

این بدان معنی است که روند بارش‌های سنگین بهاری در دوره دوم تغییرات شدیدتری را تجربه کرده است. در واقع بارش‌های سنگین بهاری، در بخش جنوبی ارتفاعات البرز، شمال غربی و جنوب غربی کشور در دهه آخر دوره مورد مطالعه، کاهش بیشتری نسبت به گذشته داشته است.

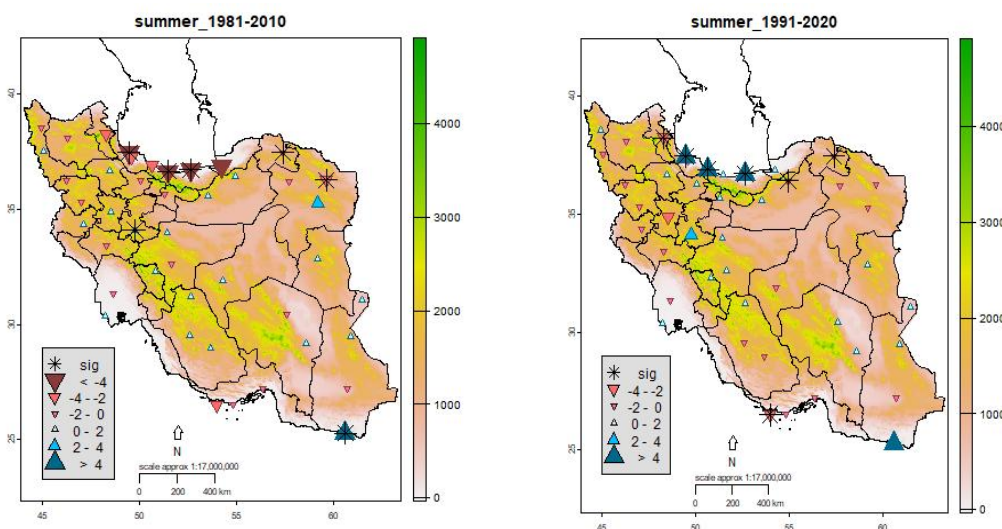
شکل ۵ روند تغییرات رگرسیون چندک ۰/۹۸ فصل بهار را در دو دوره نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود روند تغییرات بارش‌های سنگین در دوره اول تنها برای ایستگاه شاهرود معنی‌دار است، اما در دوره دوم برای ۱۰ ایستگاه شاهرود، سمنان، تهران، تبریز، خوی، آبادان، اهواز، کیش و آباده معنی‌دار است، که عمده این تغییرات کاهش‌ی است.



شکل ۵- روند تغییرات رگرسیون چندک ۰/۹۸ فصل بهار

در دوره اول نزولی و در دوره دوم صعودی می‌باشد. در واقع برای دوره ۲۰۲۰-۱۹۸۱، روند به صورت سهمی است که در ابتدا کاهش و سپس افزایش داشته است.

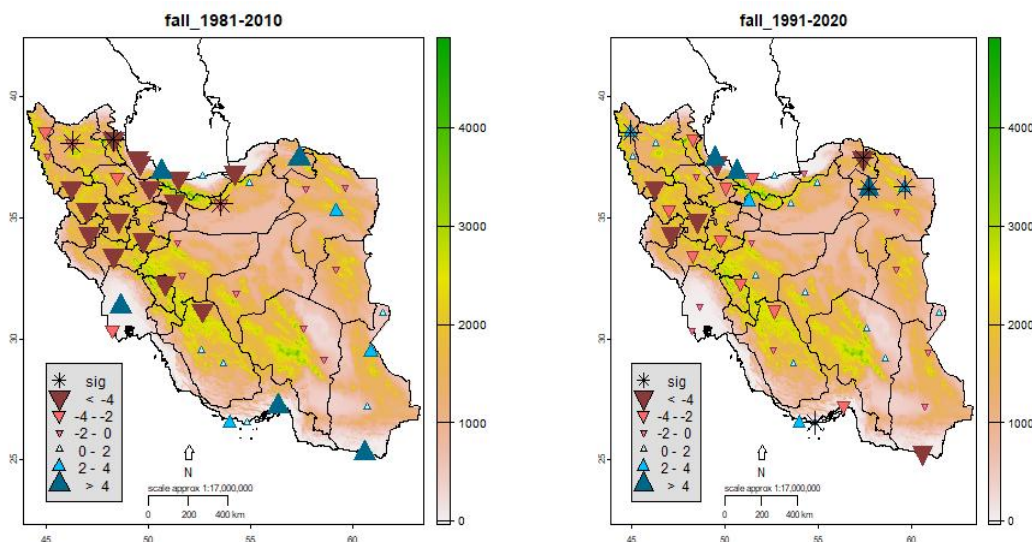
شکل ۶ روند رگرسیون چندک ۰/۹۸ را برای دو دوره در فصل تابستان نشان می‌دهد. مشهود است که بارش‌های سنگین تابستان در حاشیه جنوب خزر به طور معنی‌داری تغییر رفتار داده‌اند، روند این بارش‌ها



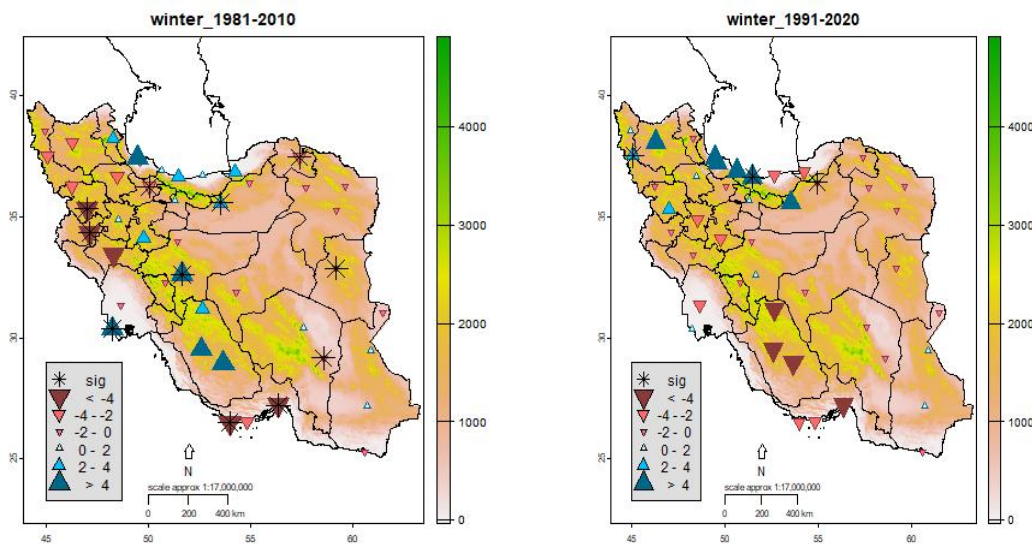
شکل ۶- روند تغییرات رگرسیون چندک ۰/۹۸ فصل تابستان

سواحل دریای خزر، گرچه در هر دو دوره شیب کاهشی و غیرمعنی‌دار است، اما در دوره دوم، از شدت روند کاهشی کاسته شده است. به‌طور کلی می‌توان گفت به نظر می‌رسد که بارش‌های سنگین پاییزی در دوره دوم مورد مطالعه، در کشور افزایش یافته‌است.

در شکل ۷ روند تغییرات رگرسیون چندک ۰/۹۸ فصل پاییز نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، بارش‌های سنگین در بخش‌هایی از شمال غرب و شمال شرق کشور تغییر رفتار داده‌اند، روند این بارش‌ها در دوره اول نزولی بوده، در صورتی که در دوره دوم صعودی می‌باشد. همین‌طور در دامنه‌های زاگرس و



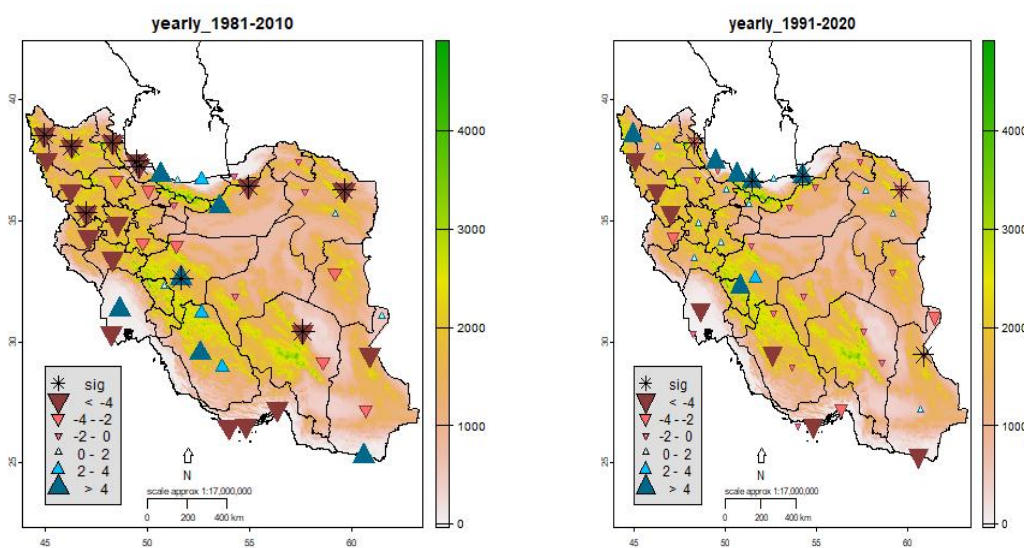
شکل ۷- روند تغییرات رگرسیون چندک ۰/۹۸ فصل پاییز



شکل ۸- روند تغییرات رگرسیون چندک ۰/۹۸ فصل زمستان

شکل ۹ روند تغییرات سالانه رگرسیون چندک ۰/۹۸ در دو دوره را نشان می‌دهد. در بررسی سالانه رگرسیون چندک ۰/۹۸، مشهود است که روند افزایشی بارش‌های سنگین شمال کشور در دوره دوم بیشتر شده‌است و روند کاهش بارش‌های سنگین شمال غرب و شمال شرق کشور در دوره دوم کمتر شده است. در واقع در دهه آخر دوره مورد مطالعه نسبت به دهه‌های قبل از آن، بارش‌های سنگین سالانه در دامنه‌ی شمالی رشته کوه زاگرس، شمال و شمال غرب کشور افزایش یافته است.

شکل ۸ روند رگرسیون چندک ۰/۹۸ را برای فصل زمستان در دو دوره نشان می‌دهد. در دوره اول ۸ ایستگاه دارای روند منفی معنی‌داری هستند، در صورتی‌که در دوره دوم تنها ایستگاه شاهرود دارای روند منفی معنی‌دار است. به طور دقیق‌تر، از روند کاهش بارش‌های سنگین زمستانی دامنه‌های شمالی رشته کوه زاگرس و جنوب کشور کاسته شده‌است و روند افزایشی بارش‌های سنگین زمستانی شمال کشور افزایش داشته است.



شکل ۷- روند تغییرات سالانه رگرسیون چندک ۰/۹۸

زمستان در دوره دوم بیشتر شده‌است. به طور کلی روند بارش‌های سنگین تابستان و زمستان در این منطقه رو به افزایش است.

- دامنه‌های جنوبی البرز: روند بارش‌های سنگین بهار در دوره اول صعودی و در دوره دوم نزولی است که این امر نشان از کاهش بارش‌های سنگین بهاری در این منطقه دارد.
- شمال غربی: بارش‌های سنگین پاییز و زمستان در این منطقه در دوره اول روند نزولی داشته، در صورتی‌که در دوره دوم این روند صعودی است. به عبارت دقیق‌تر به نظر می‌رسد که بارش‌های

جمع بندی و نتیجه گیری

در بررسی سالانه و فصلی روند بارش‌های سنگین در دو دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۱-۲۰۲۰ و مقایسه آن‌ها با هم، می‌توان گفت که به‌طور کلی غرب و جنوب کشور بیشتر روندهای نزولی را تجربه کرده‌اند، در صورتی‌که روندهای صعودی بیشتر مربوط به شمال کشور است. همین‌طور تغییرات معنی‌دار زیر در مورد رفتار بارش‌های سنگین در نواحی مختلف ایران مشاهده شد:

- سواحل دریای خزر: روند بارش‌های سنگین تابستان در دوره اول نزولی و در دوره دوم صعودی است، همین‌طور روند افزایشی بارش‌های سنگین

دوم نزولی است. به‌طور کلی می‌توان گفت که روند بارش‌های سنگین زمستانی در دامنه‌های زاگرس رو به کاهش است با این تفاوت که شدت کاهش در دامنه‌های جنوبی بیشتر است.

- شمال شرق: روند بارش‌های پاییزی در این منطقه در دوره دوم صعودی معنی‌دار است، در صورتی که در دوره اول روندها منفی است (گرچه معنی‌دار نیست). به‌طور کلی می‌توان گفت روند بارش‌های پاییزی در این منطقه رو به افزایش است.

- جنوب: شدت کاهش روند بارش‌های سنگین زمستان در دوره دوم نسبت به دوره اول کمتر است.

سنگین پاییز و زمستان در این منطقه رو به افزایش است.

- جنوب غربی: در این منطقه روند بارش‌های سنگین بهار و زمستان در دوره اول صعودی بوده، در صورتی که در دوره دوم نزولی می‌باشد. یعنی بارش‌های سنگین بهاری و زمستانی در این منطقه رو به کاهش است.

- دامنه‌های زاگرس: روند بارش‌های سنگین زمستانی در دامنه‌های شمالی زاگرس در دوره اول و دوم کاهش است، اما در دوره دوم شدت کاهش کمتر است، در صورتی که روند این بارش‌ها در دامنه‌های جنوبی زاگرس در دوره اول صعودی بوده و در دوره

منابع

۱. اکبری، م.، نودهی، و. ۱۳۹۴. بررسی و تحلیل روند بارش سالانه و تابستانه استان گلستان. مجله آزمایش جغرافیایی فضا، دوره پنجم، شماره ۱۷، ۱۴۱-۱۵۰.
۲. برارخان پور، ص.، قربانی، خ.، سالاری جزی، م.، رضایی قلعه، ل. ۱۳۹۸. مطالعه روند تغییرات فصلی و سالانه بارش با روش رگرسیون چندک (مطالعه موردی: ایستگاه هاشم آباد گرگان). پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال دهم، شماره ۳۹، ۸۹-۱۰۴.
۳. جوانشیری، ز. و 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 منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران.
۴. داداشی رودباری، ع.؛ کیخسروی کیانی، م. ۱۳۹۵. واکاوی مکانی و زمانی روند بارش سالانه ایران طی سال‌های ۱۳۲۹ تا ۱۳۸۶. محیط زیست و مهندسی آب، دوره دوم، شماره ۲، ۱۱۱-۱۲۱.
۵. زارع، م. ۱۳۹۸. سیل‌های فرودین و اردیبهشت ۱۳۹۸ و تغییرات اقلیمی در ایران، نگاه ویژه به سیلاب در استان خوزستان. فرهنگستان علوم.
۶. سلیمانی، ک. ۱۴۰۰. تحلیل روند تغییرات برخی پارامترهای سینوپتیک با استفاده از روش رگرسیون چندک در بابلسر. مهندسی آبیاری و آب ایران ۳: ۲۳۶-۲۵۲.
7. Abbas S.A., and Xuan, Y. 2019. Quantile Regression Based Methods for Investigating Rainfall Trends Associated with Flooding and Drought Conditions. *Water Resources Management*, 33, 4249 - 4264.
8. Amran, B. and Anisa, B. 2017. Trend Analysis of Precipitation Extreme Related to Climate Change in Province Sulawesi Selatan, Indonesia. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12 (21): 11035-11038.
9. Chamaille-Jammes, S., Fritz, H., Murinadagomo, F. 2007. Detecting climate changes of concern in highly variable environments: quantile regressions reveal that droughts worsen in Hwange national park, Zimbabwe. *J. Arid Environ.* 71 (3): 321e326.
10. Fan, L., and Chen, D. 2016. Trends in extreme precipitation indices across China detected using quantile regression. *Atmospheric Science Letters*, 17, 400-406.
11. Friederichs, P. 2010. Statistical downscaling of extreme precipitation events using extreme value theory. *Extremes*, 13, 109-132. (DOI 10.1007/s10687-010-0107-5).
12. Gandomkar, A., and A. Abdolahi, 2012. The Study of Precipitation Trend in North Alborz Basin (Iran). *Journal WULFENIA*, 19, 2-8.
13. Gao, M. and Franzke, C. 2017. Quantile Regression-based Spatio-temporal Analysis of Extreme Temperature Change in China. *Journal of Climate*, 30, 9897-9914.
14. Hidalgo, G.J.C., M. De Luis, J. Ravento and J.R. Sa' nchez. 2003. Daily rainfall trend in the Valenciaregion of Spain. *Theoretical and Applied Climatology*, 75, 117-130.
15. IPCC, 2021, AR6 Climate Change 2021, The Physical science basis, at:

- and precipitation during 1951–2002. *Prog Nat Sci* 18(11), 1383–1393, <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2008.06.002>.
29. Reich, B.J. 2012. Spatiotemporal quintile regression for detecting distributional changes in environmental processes. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 61(4), 535–553.
 30. Shiau J-T, Huang W-H, 2015. Detecting distributional changes of annual rainfall indices in Taiwan using quintile regression. *J Hydro Environ Res* 9, 368–380
 31. So, B., and Kwon, H. H. 2012. Trend Analysis of Extreme Precipitation Using Quantile Regression. *Journal of Korea Water Resources Association*, 8: 815-826.
 32. Timofeev, A. A., and Sterin, A.M. 2010. Using the quantile regression method to analyze changes in climate characteristics. *Russ. Meteorol. Hydrol*, 35 (5), 27-41.
 33. Villarini, G., Slater, L.J. 2017. Examination of Changes in Annual Maximum Gauge Height in the Continental United States Using Quantile Regression. *Journal of Hydrologic Engineering*, 23(3), 11.
 34. Villarini, G., Smith, J.A., Baeck, M. L., Vitolo, R., Stephenson, D.B., Krajewski, W.F. 2011. On the frequency of heavy rainfall for the Midwest of the United States. *J. Hydrol.* 400, 103-120.
 35. Wang, H., Killick, R., and Fu, X. 2013, Distributional change of monthly precipitation due to climate change: comprehensive examination of dataset in southeastern United States. *Hydrol. Process.* <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.9999>.
 36. Xuan, Y., Abbas, S. A., Song, X., and D.E. Reeve, 2017. Quantile Regression Based Methods for Investigating Rainfall Trends Associated with Flooding and Drought Conditions, *Journal of European Water*, 59, 137-143.
 - <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i>.
 16. Javanshiri, Z., Babaeain, I., Pakdaman, M., 2022, Influence of large-scale climate signals on the precipitation variability over Iran. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, <https://doi.org/10.1007/s00477-022-02363-3>.
 17. 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*, 1-18.
 18. Kendall, M. G., 1975. *Rank Auto-correlation Methods*, Charles Griffin, London.
 19. Koenker, R. 2005. *Quantile Regression*, first ed, New York, Cambridge University Press, 1-25.
 20. Koenker, R., Portnoy, S., Ng, P. T., Zeileis, A., Grosjean, P., Ripley, B.D. 2016. Package ‘quantreg’.
 21. Koenker, R., Bassett, G. 1978. Regression Quantiles. *Econometrica*, 46(1), 33. DOI: 10.2307/1913643.
 22. Kumar, N., Panchal, C.C., Chandrawanshi, S.K., and Thanki, J.D. 2017. Analysis of rainfall by using Mann-Kendall trend, Sen’s slope and variability at five districts of south Gujarat, India. *MAUSAM*, 68, 205-222.
 23. Mann, H.B. 1945. Nonparametric Tests Against Trend, *Econometric Journal of the Econometric Society*, 245-259.
 24. Mazvimavi, D. 2010. Investigating changes over time of annual rainfall in Zimbabwe. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 14 (12), 2671-2679.
 25. Mohsenipour, M., S. Shahid, Ziarh, G.F. and Yaseen, Z.M. 2020. Changes in monsoon rainfall distribution of Bangladesh using quantile regression model, *Theoretical and Applied Climatology*, 142(3), 1329-1342.
 26. Pandit, D.V. 2016. Seasonal Rainfall Trend Analysis. *Journal of Engineering Research and Application*, 6(7), 69-73.
 27. Roth, M., Buishand, T.A., and Jongbloed, G. 2015. Trends in Moderate Rainfall Extremes: A Regional Monotone Regression Approach. *Journal of Climate*, 28, 8760-8769.
 28. Shi, X., Xu, X., 2008, Interdecadal trend turning of global terrestrial temperature