

Evaluation of Changes in Rainfall Trends in Talar watershed of Mazandaran Province Using Mann-Kendall and Sen tests and Its Relationship With Climate Change Phenomenon.

Abbas Gholami^{1*}

*1. Assistant Professor ,Department of Engineering , Shomal University, Amol , IRAN

*Email Address: gholami@Shomal.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
<p>Article Type: Research Paper</p> <p>Article History:</p> <p>Received Date: 2025/02/20</p> <p>Revised Date: 2025/07/05</p> <p>Accepted Date: 2025/07/07</p> <p>Published Date: 2025/08/06</p> <p>Keywords: Rainfall trends, Non-Parametric statistics, Mann-Kendall's Method, Sen Slope, Talar Watershed.</p> <p>Cite this article: Abbas Gholami (2025). Evaluation of Changes in Rainfall Trends in Talar watershed of Mazandaran Province Using Mann-Kendall and Sen tests and Its Relationship With Climate Change Phenomenon., Journal of Environmental Sciences Studies, 10(2), Pages 10313 – 10333.</p>	<p>Precipitation fluctuations caused by the climate changes of the last century have caused a significant impact on the weather conditions of our country. In order to better manage water resources, knowing the process of these changes can be helpful. In this regard, in the present research, after examining the rainfall statistics of Talar Basin stations in Mazandaran province in terms of statistical duration, the uniformity of the statistics of different years and the absence of years without statistics, as well as the appropriate distribution at the sections of the basin, the number of 9 river stations for the study of rainfall trends, they were selected monthly, quarterly and annually. Precipitation trend of selected stations in four seasons of spring, summer, autumn and winter and in annual scale in total of 9 stations of Talar basin with the length of statistical periods available for each station was calculated and analyzed by non-parametric Mann-Kendall test. It should also be mentioned that the Sen test was used to determine the magnitude of this trend. In a general conclusion, the results obtained from this research show the fluctuations of the precipitation trend in the area. Considering that precipitation is the fundamental factor of agricultural and environmental activity, these fluctuations can affect the precipitation cycles of this area. Therefore, better management of water resources and planning to adapt to this change in rainfall conditions can guarantee the future of agriculture in the region. So that in times of high water, excess water can be stored with watershed management methods and used in times of drought.</p>

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Temporal and spatial changes of precipitation are very important as one of the most important components of climate in the water cycle of the basin. The first step in applying the correct management of water resources is to study the factors affecting these resources, including climatic changes. The amount of precipitation and its spatial pattern varies in each region. These fluctuations are normal in different cases or are repeated periodically. Various statistical methods are used to accurately check the changes in rainfall trends, because statistical tests determine whether the increase or decrease in rainfall in an area is normal or whether these changes are abnormal and statistically significant. Various parametric and non-parametric statistical methods have been developed in order to study the trend in time series, which have been widely used by various researchers, but it should be noted that non-parametric methods have often been used in hydrological studies. Perhaps the main reason for this issue is to pay attention to the fact that non-parametric tests are more suitable for data series whose statistical distribution is not normal or which have missing data. Unlike parametric methods, these tests do not show much sensitivity to data outside the range. Trends in meteorological time series can be caused by gradual natural changes or climate change. It should be noted that the significant trend in a precipitation time series does not in itself constitute clear evidence of the occurrence of climate change in a region, but only reinforces the hypothesis of its occurrence that this characteristic is related to multiple factors controlling the climate.

Materials and methods

Mann-Kendall Test was originally presented by a scientist named Mann (1945) and later developed by Kendall (1975). One of the advantages of this test is that it is suitable for time series whose statistical distribution is not defined. Apart from this, another useful feature of using this method is the very low effectiveness of this method for limit type values, which in some cases are found time series. Considering the usefulness and abilities of this test, which can help to detect time series changes of climate variables, it has been of great interest to climate change researchers. Using Kendall's non-parametric test, the null hypothesis of the absence of trends in time series can be investigated and the points of sudden change of trends can be determined. In order to achieve the goals of this research, the required climatic data was also prepared from the General Directorate of Meteorology of Mazandaran Province.

Results and discussion

According to the investigations, 9 important and suitable stations of the region were selected, which had longer statistics and no statistical defects. In this research, the trend of rainfall fluctuations of the above-mentioned selected stations in the four seasons of spring, summer, autumn and winter and in the annual scales in all 9 selected stations of the hall area with the length of the mentioned statistical periods was investigated with the non-parametric Mann-Kendall test. Age test was also used to determine the magnitude of this process. The weather pattern in the region indicates the impact of climate changes and changes in rainfall conditions on the studied area, and these climate fluctuations can cause more climate anomalies. So that in some cases it causes floods and in other cases it causes drought, which can affect the agricultural and environmental pattern of the region. The results obtained from this research in other mountain and plain stations investigated in this area show minor or major changes in the rainfall trend of this area.

Conclusion

In a general conclusion, the results obtained from this research show the fluctuations of the precipitation trend of the area. Considering that precipitation is the fundamental factor of agricultural and environmental activity, these fluctuations can affect the rainfall cycles of this area. Therefore, better management of water resources and planning to adapt to this change in rainfall conditions can guarantee the future of agriculture in the region. So that in times of high water, excess water can be stored with watershed management methods and used in times of drought. Due to the increase in population in recent years and the development of the tourism industry and the pressure on the river ecosystem, the issue of water resources planning seems more sensitive and important. Lack of detailed planning for the agricultural sector can disrupt the process of droughts due to the increase in the population on the banks of this river and more water consumption in agriculture. According to the correct cultivation pattern and as it was said, the use of new watershed management methods can be helpful.



ارزیابی تغییرات روند بارندگی حوزه آبخیز تالار استان مازندران با استفاده از آزمون من کندال و سن و ارتباط آن با پدیده تغییر اقلیم

عباس غلامی^{*۱}

*۱- استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شمال، آمل
* ایمیل نویسنده مسئول: gholami@shomal.ac.ir

چکیده	اطلاعات مقاله
نوسانات بارشی ناشی از تغییرات اقلیمی قرن اخیر موجب ایجاد تاثیر قابل ملاحظه ای بر شرایط آب و هوایی کشور ما شده است. به منظور مدیریت بهتر منابع آبی آگاهی از روند این تغییرات می تواند راهگشا باشد. در این راستا در پژوهش حاضر پس از بررسی آمارهای بارش ایستگاههای حوزه تالار استان مازندران از نظر طول مدت آماری، یکنواختی آمار سالهای مختلف و عدم وجود سالهای فاقد آمار و همچنین پراکندگی مناسب در سطح حوزه، تعداد ۹ ایستگاه رودخانه ای جهت بررسی مطالعات روند بارش ماهانه، فصلی و سالانه انتخاب شدند. روند بارش ایستگاههای منتخب در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان و در مقیاسهای سالانه در کلیه ۹ ایستگاه حوزه تالار با طول دوره های آماری موجود برای هر ایستگاه با آزمون ناپارامتری من-کندال مورد محاسبه و بررسی قرار گرفت. همچنین قابل ذکر است که جهت تعیین بزرگی این روند از آزمون سن استفاده شده است. در یک نتیجه گیری کلی، نتایج گرفته شده از این پژوهش نشان دهنده نوسانات روند بارش حوزه می باشد. با توجه به اینکه بارش عامل بنیادی فعالیت کشاورزی و زیست محیطی می باشد این نوسانات می توان چرخه های بارشی این حوزه را تحت تاثیر قرار دهد. از اینرو مدیریت بهتر منابع آب و برنامه ریزی برای سازگاری با این تغییر شرایط بارش می توان آینده کشاورزی منطقه را تضمین نماید. به طوری که در مواقع پرآبی بتوان آبهای اضافی را با روشهای آبخیزداری ذخیره سازی نمود و از آن در مواقع خشکسالی استفاده نمود.	<p>نوع مقاله: مقاله علمی پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۲</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۱۴</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۶</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۵/۱۵</p> <p>کلید واژه ها: روند بارندگی، آماره های ناپارامتری، روش من کندال، شیب سن، حوزه آبخیز تالار.</p>

تغییرات زمانی و مکانی بارش به عنوان یکی از مهمترین اجزاء اقلیم در چرخه آب حوضه حائز اهمیت فراوانی می باشد. اولین گام در اعمال مدیریت صحیح منابع آب، مطالعه عوامل اثر گذار بر این منابع از جمله تغییرات اقلیمی می باشد. میزان بارش و الگوی مکانی آن در هر منطقه متغیر می باشد این نوسانات در موارد مختلف طبیعی است یا به صورت دوره ای تکرار می شود. از روش های آماری مختلفی برای بررسی دقیق تغییرات روند بارش استفاده می شود، زیرا آزمایش های آماری تعیین می کنند که افزایش یا کاهش میزان بارندگی در یک منطقه طبیعی است و یا اینکه این تغییرات موضوعی غیرطبیعی بوده و از نظر آماری معنی دار می باشند. روش های گوناگون آماری پارامتری و ناپارامتری بمنظور مطالعه روند در سریهای زمانی بسط داده شده اند که به صورت وسیعی توسط پژوهشگران مختلفی مورد استفاده قرار گرفته اند ولی خاطر نشان باید نمود که در مطالعات هیدرولوژیکی اغلب از روش های ناپارامتری استفاده شده است. شاید دلیل اصلی این موضوع توجه به این مسئله است که آزمونهای ناپارامتری برای سری داده های که توزیع آماری آنها نرمال نیست و یا دارای داده های مفقود هستند، مناسب تر می باشند. این آزمونها برخلاف روش های پارامتری به داده های خارج از محدوده حساسیت زیادی نشان نمی دهند. روند در سریهای زمانی آب و هواشناسی می تواند ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و یا تغییر اقلیم باشد. لازم به ذکر است که روند قابل توجه در یک سری زمانی بارش به خودی خود شواهد روشنی از وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه را تشکیل نمی دهد، بلکه تنها فرضیه وقوع آن را تقویت می کند که این ویژگی به عوامل متعدد کنترل کننده اقلیم مرتبط است. در سالهای اخیر مطالعات متعددی درباره آثار احتمالی تغییر اقلیم بر جریان رودخانه ها انجام شده است که بیشتر آنها به بررسی تغییرات میانگین های بلندمدت اقلیمی و هیدرولوژیکی پرداخته اند. مطالعه روند یک ناحیه، علاوه بر مشخص نمودن تغییرات طولانی مدت فرایندهای هیدرولوژیکی، دوره تناوب و دیگر خصوصیات آنها را آشکار می نماید. به منظور تحلیل روند داده های هواشناسی و هیدرولوژی روشهای مختلفی وجود دارد که در کل به سه دسته روشهای گرافیکی، پارامتری و ناپارامتری قابل تفکیک است. همانگونه که گفته شد روشهای ناپارامتری از کاربرد و سبتری نسبت به روشهای پارامتری برخوردار می باشد. در این روشها فرض صفر (H_0) نبود روند و فرض یک (H_1) وجود روند در سری داده ها را آزمون می کند. آزمون من کندال (Mann Kendall test)، اسپیرمن (Spearman)، شیب سن (Sens slope) و آزمون پتیت (Pettitt test) از جمله روشهایی است که در تحلیل روند در مطالعات مختلف استفاده شده است. از میان این روشها، آزمون من کندال به طور گسترده ای در تحلیل روند داده های هیدرولوژیکی و هواشناسی به کار گرفته می شود. در مطالعه ای کارمشو (2012) روند تغییرات بارندگی و دمای سالانه در شمال غرب ایالات متحده را در دوره آماری 1900 تا 2011 با استفاده از آزمون من - کندال اصلاح شده و در سطح معنی دار بودن 5 درصد، را بررسی نمود. نتایج این مشخص نمود که دما در کلیه ایالتهای مطالعه شده (به غیر از ایالت های پنسیلوانیا و مین) روند افزایشی معنی داری داشته اند. همچنین ایالت های نیوهمپشایر و مین روند واضحی در بارندگی سالانه نشان ندادند، اما سایر ایالت ها شاهد افزایش آن بودند. چین و همکاران (۲۰۱۳) تغییرات درازمدت بارندگی و دما را در شمال غربی هند مطالعه کردند. این محققین از روش Mann-Kendall برای تعیین روند استفاده کردند و در مقیاسهای زمانی مختلف ماهانه، فصلی و سالانه طی دوره آماری 1871 تا ۲۰۰۸ روند قابل توجهی در بارندگی مشاهده نکردند، اما دما روند کلی صعودی را در سه مقیاس زمانی بررسی شده نشان داده است. در مطالعه دیگری، دوهان و پاندی (۲۰۱۳) تغییرات زمانی و مکانی بارندگی را در یک دوره 251 ساله در منطقه مادها پارادش هند بررسی کردند. این محققین از آزمون من - کندال و تخمین گر شیب سن بمنظور آشکار کردن روند یکنواخت بارش و از آزمون پتیت برای تشخیص نمودن نقاط شکست بهره بردند. نتایج این پژوهش نشان دهنده این موضوع می باشد که کلیه ایستگاههای بررسی شده و در مقیاس سالانه روند کاهش را تجربه کرده و سال ۱۹۷۸ بیشترین احتمال برای تاریخ تغییرات روند بوده است. بارش سالانه نیز در ایالت های نیوهمپشایر و مین دارای روند خاصی نبوده ولی در سایر ایالتها نوع روند، افزایشی بوده است. چین و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی، تغییرات بارش و دما در مقیاس بلند مدت را در شمال غرب کشور هند مورد بررسی قرار دادند. این محققین از روش من - کندال بمنظور مشخص نمودن روند استفاده نموده و در مقیاسهای مختلف زمانی ماهانه، فصلی و سالانه بارش، در دوره آماری ۱۸۷۱ تا ۲۰۰۸ هیچ گونه روند معنی داری را مشاهده نکردند ولی دما در هر سه مقیاس زمانی، روند افزایشی را نشان داده بود. در پژوهشی دیگر دوهان و پاندی (۲۰۱۳) تغییرات زمانی و مکانی بارش 251 ساله منطقه مادها پارادش هندوستان را مورد مطالعه قرار دادند. این پژوهشگران از آزمون من - کندال و تخمین گر شیب سن جهت مشخص نمودن روند یکنواخت بارش و از آزمون پتیت جهت تشخیص نقاط شکست بهره بردند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که کلیه ایستگاههای بررسی شده و در مقیاس سالانه روند کاهش را تجربه کرده و سال ۱۹۷۸ بیشترین احتمال برای تاریخ تغییرات روند بوده است. در مطالعه ای توسط چین و همکاران (2014)، روند تغییر بارش، دما و رواناب در حوضه رودخانه یانگ تسه، چین طی دوره آماری از

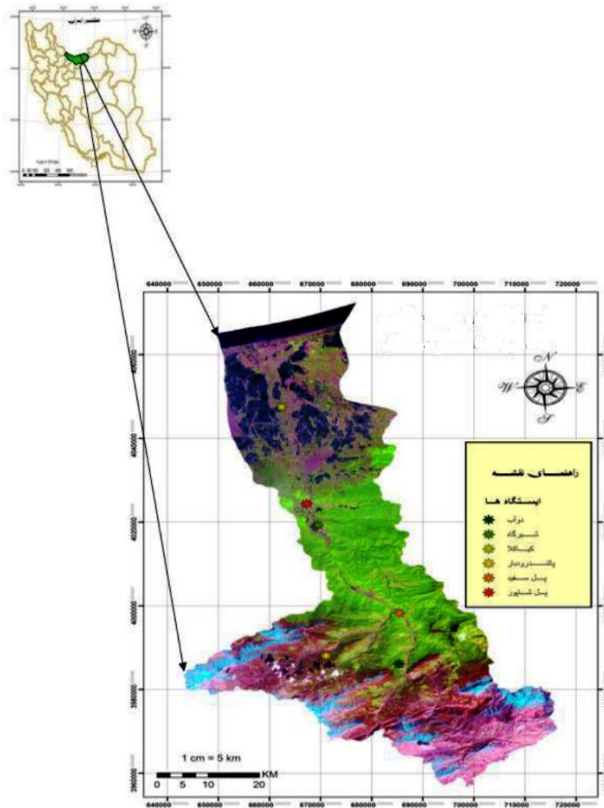
سال 1955 تا 2011 با استفاده از آزمون من-کندال مورد بررسی قرار گرفت. محققان به این نتیجه رسیدند که در حالی که میانگین دما در حال افزایش است، بارندگی تغییر قابل توجهی نداشته است و رواناب دارای روند افزایشی مشخصی بوده است. بروتنی و همکاران (2005) دو پارامتر دما و بارش را در قرن گذشته در کشور ایتالیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده توسط این پژوهشگران مشخص نمود که در طول این بازه زمانی، آب و هوای ایتالیا گرمتر و خشک تر شده است؛ آنها ابراز داشتند که تغییرات اقلیمی می تواند بر متغیرهای مختلف زیست محیطی تأثیری شگرفی داشته باشد. نتیجه نهایی این تحقیق نشان داد که در ناحیه مورد مطالعه روند، مسیری مثبت داشته است. نتایج مطالعه دیگری در مورد حداکثر دما و شاخص های بارش در حوضه کارپتین (1946-2001) که توسط بارتلی و بونگراز (2007) انجام شد، نشان می دهد که دمای جهانی و قاره ای در منطقه اروپای مرکزی و شرقی در اواسط دهه 1990 روند صعودی داشته است و تأثیر بیشتر و آشکارتر آن در نیمه دوم قرن بیستم مشخص می شود. البته لازم به ذکر است که حتی قبل از این دوره، دما و حداکثر بارندگی در منطقه بین سالهای 1976 تا 2001 افزایش یافته است. مطالعه تورکس (1996) بر اساس تغییرات میانگین دمای سالانه نشان داد که در منطقه آناتولی شرقی ترکیه روند افزایشی دما وجود دارد در حالی که در مناطق ساحلی این کشور روند دما کاهشی می باشد. از پژوهش های انجام شده در ایران نیز می توان به پژوهش نگین بینش و همکاران (1395) اشاره نمود. این پژوهشگران با مطالعه میزان بارش بر آبدهی رودخانه در که در تهران از سالهای 1386 تا 1391 و با استفاده از رگرسیون خطی و آزمون من-کندال به این نتیجه رسیدند که که به غیر از بعضی از دوره های زمانی، افزایش یا کاهش بارش و دبی در یک راستا نبوده است. لازم به ذکر است که آنها با استفاده از یکی از مدل های گردش عمومی جو با بررسی بارش در طی سه دوره 11 ساله آینده از کاهش آن خبر دادند. پژوهشی دیگر توسط مرادزاده و پورحسین (1403) با عنوان ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر خشک سالی در بخشی از حوضه کارون انجام شد. هدف از این پژوهش بررسی اثرات تغییر اقلیم بر دما، بارش، رواناب و در نهایت خشک سالی هیدرولوژیکی حوضه رود زرد در دوره آتی بوده است. این محققان به این نتیجه رسیدند که افزایش میانگین دمای سالانه در منطقه مورد مطالعه به مقدار 22,2 درجه سانتیگراد و همچنین میزان تغییرات مورد انتظار میانگین بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه 42,2 درصد و به میزان 91,93 میلیمتر می باشد. در پژوهشی که توسط عزیزی و روشنی (1386) با مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از آزمون رتبه ای من-کندال در طی دوره 40 ساله (1955 تا 1994) انجام شد میزان نوسانات ناگهانی داده ها و زمان آنها مشخص شد. آنها به این موضوع پی بردند که دامنه نوسانات دما در طول دوره کاهش یافته و در صد این تغییرات در زمستان و تابستان بیشتر از بهار و پاییز بوده است. مرادی نژاد و خسرو بیگی (1403) مطالعه ای با عنوان ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر پارامترهای دما و بارش منطقه اراک انجام دادند. نتایج مدل سازی در هر سه دوره مورد استفاده در این پژوهش نشان دهنده کاهش بارش بوده است. تغییرات درجه حرارت حداقل و حداکثر نیز نشان داد که در بیشتر مواقع افزایش دمای حداقل و حداکثر در آینده رخ خواهد داد. بررسی تغییرات میزان بارندگی نیز نشان داد که کمترین مقدار بارندگی دوره آتی در ماه ژوئن به میزان 0,7 میلی متر مشاهده می شود. در مطالعه ای دیگر که توسط یاراحمدی (1393) انجام شد، نوسانات هیدرواقلیمی سطح آب دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق از داده های مربوط به دوره 30 ساله 1981 تا 2010 استفاده شد و با بکارگیری روش ناپارامتری من-کندال و آزمون پارامتری ضریب پیرسون و تحلیل رگرسیون نتیجه گیری شد که 30 درصد از تغییرات سطح آب دریاچه به تغییرات دما و بارش مرتبط می باشد و 42 درصد آن از میزان دبی رودخانه های منتهی به دریاچه و سطح ایستابی آبهای زیرزمینی ناشی می شود و مقدار پارامتر دما تأثیر مشخص تری نسبت به بارش بر سطح آب دارد.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

حوزه آبخیز تالار در البرز مرکزی و در دو طرف جاده آسفالت تهران، قائم شهر واقع گردیده است. مساحت حوزه مورد مطالعه 210088/7 هکتار می باشد که در مختصات 35 22/2 الی 52 34/19 23 53 طول جغرافیایی شرقی و 35 44 23/06 الی 19 36 عرض جغرافیایی شمالی قرار دارد و بوسیله یک رودخانه اصلی بنام تالار که در امتداد جنوب به شمال زهکش می گردد و از انشعابات بالائی این رودخانه که دارای اهمیت زیادی می باشد می توان به رودخانه های سرخ آباد، شوراب، کبیر، بزلا، چرات و شش رودبار اشاره کرد. رودخانه اصلی این حوزه طول کل حدود 100 کیلومتر دارد و در قسمت انتهائی حوزه با رودخانه کسلیان مشترک می شود. در این حوزه بین حداقل و حداکثر ارتفاع در حدود 3695 متر اختلاف ارتفاع وجود دارد و دارای ارتفاعات مهمی همچون برف پاجون، ورزاک، چیلکا شمعدان، چهار، سامان سی، چهار تب، سفید لت، تروا، کند دره، سیاه کوه، بشم، سیاه دره، آسمان لو، شاه محمد قله، علم دار و ... می باشد. بلند ترین ارتفاع در قسمت انتهائی شمال غربی این حوزه، قله شلجمار زردین با ارتفاع 3910 متر و کم ترین ارتفاع در بخش انتهائی حوزه با

ارتفاع ۲۱۵ متر از سطح دریای آزاد قرار گرفته است. اراضی پست حدود ۲۲ درصد و اراضی متوسط حدود ۷۰/۲ درصد و اراضی مرتفع حدود ۷/۸ درصد از مساحت کل حوزه را به خود اختصاص داده اند. رژیم بارندگی منطقه مورد مطالعه کاملاً مدیترانه ای است. ضریب برف گیری سالانه این حوزه ۲۱/۹ در صد برآورد شده است. بالاترین دمائی که در حوزه ثبت شده است، ۴۶ درجه بوده و در تیرماه رخ داده است و حداقل درجه حرارت در حوزه مورد مطالعه برابر ۳۵/۶- درجه سانتی گراد می باشد که در بهمن ماه رخ داده است. برپایه اقلیم نمای آمبرژه و وضعیت اقلیمی این منطقه به ۵ ناحیه اقلیمی از نیمه خشک سرد تا مرطوب معتدل تقسیم بندی شده است. رودخانه تالار بعد از خروج از حوزه در حدود ۵۰ کیلومتر را در دشت قائم شهر- بابل طی می نماید و سپس وارد دریای خزر می شود. شکل ۱ موقعیت حوزه تالار و ایستگاههای آن در استان مازندران و کشور ایران را نشان می دهد.



شکل ۱: موقعیت حوزه تالار و ایستگاههای آن در استان مازندران و کشور ایران

• آزمون های من کندال و سن

آزمون من کندال در ابتدا توسط دانشمندی به نام من (۱۹۴۵) ارائه شد و در مرحله بعد توسط کندال (۱۹۷۵) توسعه داده شد. یکی از مزایای این آزمون این است که برای سری های زمانی که توزیع آماری آنها تعریف نشده است، مناسب است. جدای از این موضوع، یکی دیگر از ویژگی های مفید استفاده از این روش، اثرپذیری بسیار کم این روش برای مقادیر نوع حد است که در برخی موارد سری زمانی یافت می شود (حجام و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به سودمندی ها و توانایی های این آزمون که می تواند به تشخیص تغییرات سری زمانی متغیرهای اقلیمی کمک کند لذا بسیار مورد توجه پژوهشگران تغییر اقلیم بوده است. با استفاده از آزمون نا پارامتریک من کندال فرض صفر عدم وجود روند در سریهای زمانی را می توان مورد بررسی قرار داد و نقاط تغییر ناگهانی روند را هم مشخص نمود. روش من-کندال اساساً یک آزمون غیر پارامتری براساس رتبه بندی می باشد. در این روش برای هر نمونه شامل n متغیر فرض صفر (H_0) تعریف می شود و نمونه های آن مستقل هستند و همبستگی به صورت یکسان توزیع شده است. علاوه بر این فرض متناوب که یک آزمون دو طرفه است به این معنی می باشد که روند یکنواختی در سری زمانی وجود دارد. آزمون MK برپایه آماره S به صورت زیر محاسبه میشود:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} (\text{sign}(x_i - x_j)) \quad (1)$$

که در آن مقادیر x_j و x_i داده های متوالی می باشد. n طول سری زمانی است و تابع علامت نیز به ترتیب زیر محاسبه می شود:

میانگین $E(S)$ و واریانس $Var(S)$ آماره S بر اساس معادلات ذیل قابل محاسبه می باشد:

که tp تعداد دنباله ها برای p امین مقدار و p تعداد مقادیر دنباله ها می باشد. قسمت دوم در فرمول فوق یک تعدیل برای دنباله یا داده های حساس می باشد. آماره استاندارد شده آزمون ZMK از رابطه زیر بدست می آید:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{if } S = 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{if } S = 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$sign(x_i - x_j) = \begin{cases} 0 & \text{if } (x_i - x_j) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_i - x_j) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^n t_p(p)(p-1)(2p+5)}{18} \quad (4)$$

مقدار مثبت ZMK روند افزایشی و مقدار منفی ZMK روند کاهشی سری زمانی را آشکار می نماید. در اینجا قابل ذکر است که به منظور آزمون روند، افزایش یا کاهش یکنواخت در سطح معنی داری P اگر مقدار ZMK بزرگتر از $Z1-P/2$ باشد (که $Z1-P/2$ از جداول توزیع تجمعی نرمال استاندارد بدست می آید) فرض صفر رد می شود. بدین منظور، سطح معنی دار $P=0/01$ و $P=0/05$ بکار گرفته می شود.

۳- نتایج

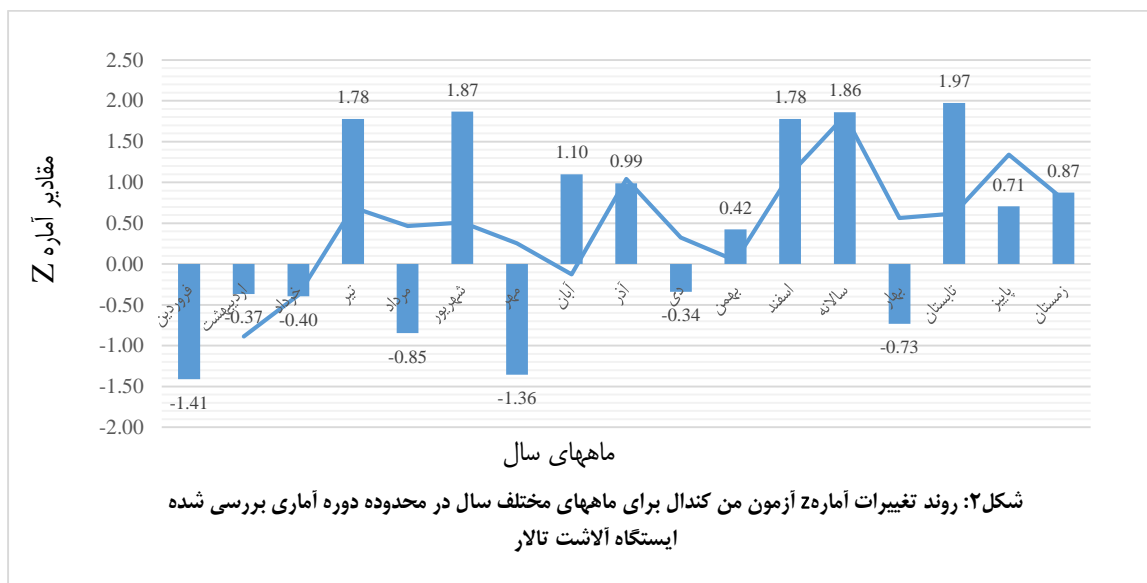
جهت دستیابی به اهداف این پژوهش داده های اقلیمی مورد نیاز نیز از اداره کل هواشناسی استان مازندران تهیه گردید. با توجه به بررسی های صورت گرفته تعداد ۹ ایستگاه مهم و مناسب منطقه که دارای آمار طولانی تر و فاقد نقص آماری بوده اند، انتخاب شدند. جدول ۱ مشخصات ایستگاههای انتخاب شده جهت انجام این تحقیق را نشان می دهد.

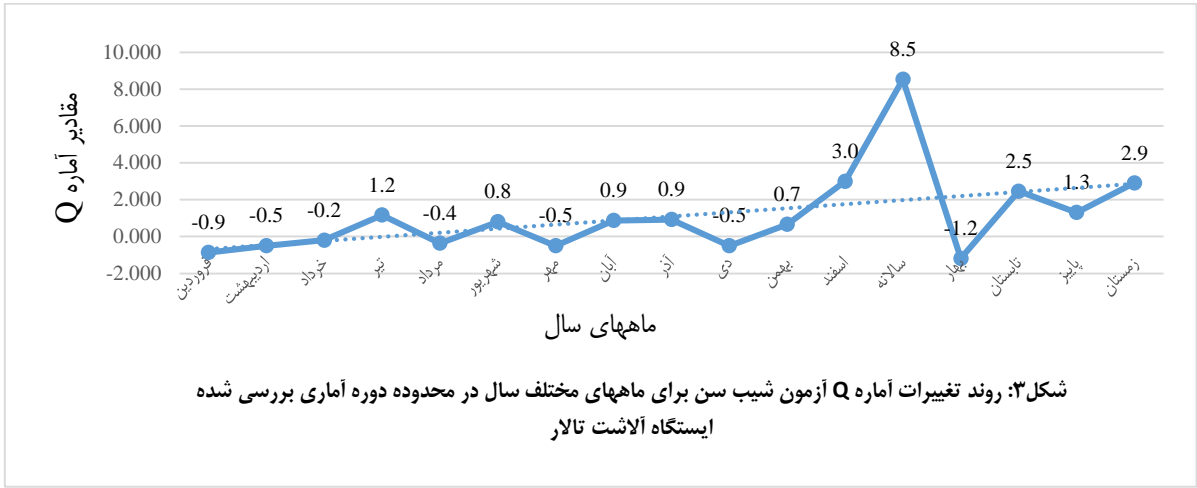
جدول ۱: مشخصات ایستگاههای انتخاب شده جهت انجام پژوهش

شماره	نام	نام رودخانه	نام حوزه آبریز اصلی	طول جغرافیائی	عرض جغرافیائی	ارتفاع	تعداد سالهای آماری مورد بررسی
۱	آلاشت	تالار	تالار	۲۱-۵۰-۵۲	۱۰-۰۴-۳۶	۱۶۸۰	۲۲ سال

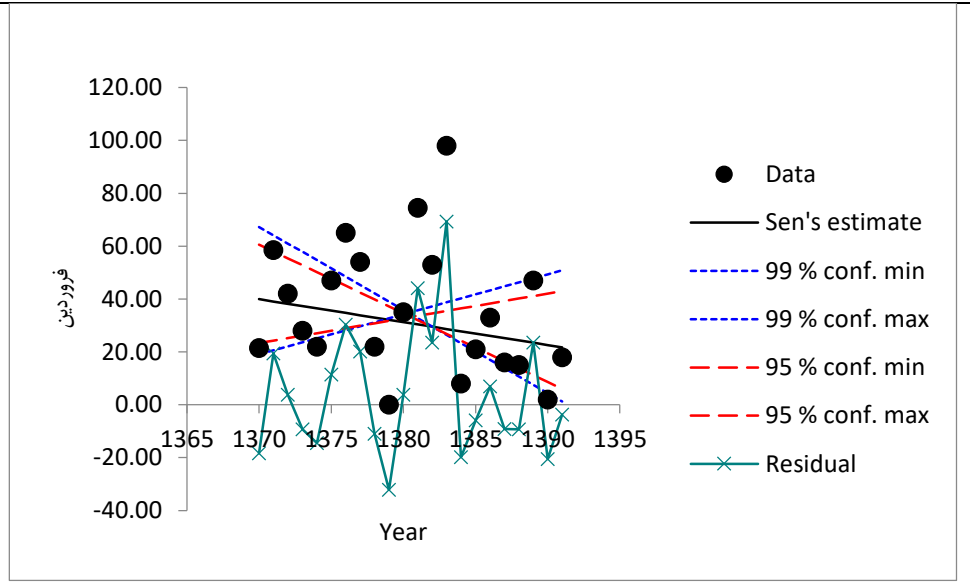
۲	سنگده	کسیلیان	تالار	۴۲-۱۳-۵۳	۳۶-۰۶-۳۶	۱۳۳۷	سال ۴۱
۳	درزیکلا	کسیلیان	تالار	۱۴-۱۲-۵۳	۰۸-۰۴-۳۶	۱۳۰۰	سال ۴۱
۴	شیرگاه	تالار	تالار	۱۰-۵۳-۵۲	۵۷-۱۷-۳۶	۲۲۰	سال ۵۳
۵	عرب خیل	تالار	تالار	۲۴-۴۴-۵۲	۴۱-۴۱-۳۶	-۲۰	سال ۴۶
۶	کله	کسیلیان	تالار	۴۵-۰۹-۵۳	۱۱-۰۴-۳۶	۱۵۵۷	سال ۴۱
۷	ولیک چال	کسیلیان	تالار	۰۰-۱۳-۵۳	۵۵-۰۵-۳۶	۱۵۰۰	سال ۴۱
۸	سودکلا	کسیلیان	تالار	۲۶-۱۱-۵۳	۴۵-۰۵-۳۶	۱۲۵۰	سال ۴۱
۹	لاریم	سیاهرود	سیاهرود	۵۸-۵۵-۵۲	۴۳-۳۶-۱۲	-۲۴	سال ۴۶

در این پژوهش، روند نوسانات بارشی ایستگاههای منتخب فوق الذکر در چهار فصل بهار، تابستان، پائیز و زمستان و در مقیاسهای سالانه در کلیه ۹ ایستگاه انتخاب شده حوزه تالار با طول دوره های آماری ذکر شده با آزمون ناپارامتری من-کندال مورد بررسی قرار گرفت. همچنین جهت تعیین بزرگی این روند نیز از آزمون سن استفاده شد. نتایج این پژوهش از ایستگاههای منتخب محدوده مطالعاتی به شرح ذیل بوده است: با توجه به شروط معنی داری آماره Z در آزمون من-کندال، ایستگاه رودخانه ای آلاشت تالار که در بخش مرتفع حوزه قرار دارد، فاقد روند مشخص فصلی در فصول بهار، پائیز و زمستان بوده است و تنها در فصل تابستان دارای روند صعودی در حدود اطمینان ۹۵ درصد و همچنین دارای روند صعودی در مقیاس سالانه بوده است (اشکال ۲ و ۳). با توجه به اینکه در این ایستگاه برای کلیه ماهها و فصل های سال و همچنین در مقیاس سالانه این محاسبات انجام شده است که نتایج آن برای هر ایستگاه به صورت ۱۷ سری زمانی و در مجموع برای ۹ ایستگاه، منتخب بررسی شده ۱۵۳ سری زمانی بارشی محاسبه شده است که با توجه به زیاد بودن این نمودارها تنها به صورت نمونه از هر ایستگاه یک نمودار سری زمانی که مربوط به فروردین ماه می باشد آورده شده است. به عنوان نمونه شکل ۴ شیب تغییرات روند با استفاده از آزمون شیب سن برای ماه فروردین در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه آلاشت تالار برای حدود اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد سن به همراه جدول سطوح معنی داری آماره ها را نشان می دهد که نشان دهنده نداشتن روندمشخص این ماه در طی سالهای مطالعاتی این ایستگاه رودخانه ای می باشد. در مقیاس ماهانه نیز از مطالعه جدول ۲ مشخص می شود که در ماههای شهریور و اسفند مربوط به آمار بارشی این ایستگاه شاهد روند افزایش بارش در سطح اطمینان ۹۵ درصد بوده ایم و در سایر مواقع سال روند مشخصی وجود نداشته است.





TsNumber	1
Name	فروردین
Years	1370 - 1391
n	22
Test S	
Test Z	-1.41
Signific.	
Q	-8.67E-01
Qmin99	-3.14E+00
Qmax99	1.51E+00
Qmin95	-2.60E+00
Qmax95	9.36E-01
B	3.99E+01
Bmin99	6.73E+01
Bmax99	1.90E+01
Bmin95	6.06E+01
Bmax95	2.33E+01



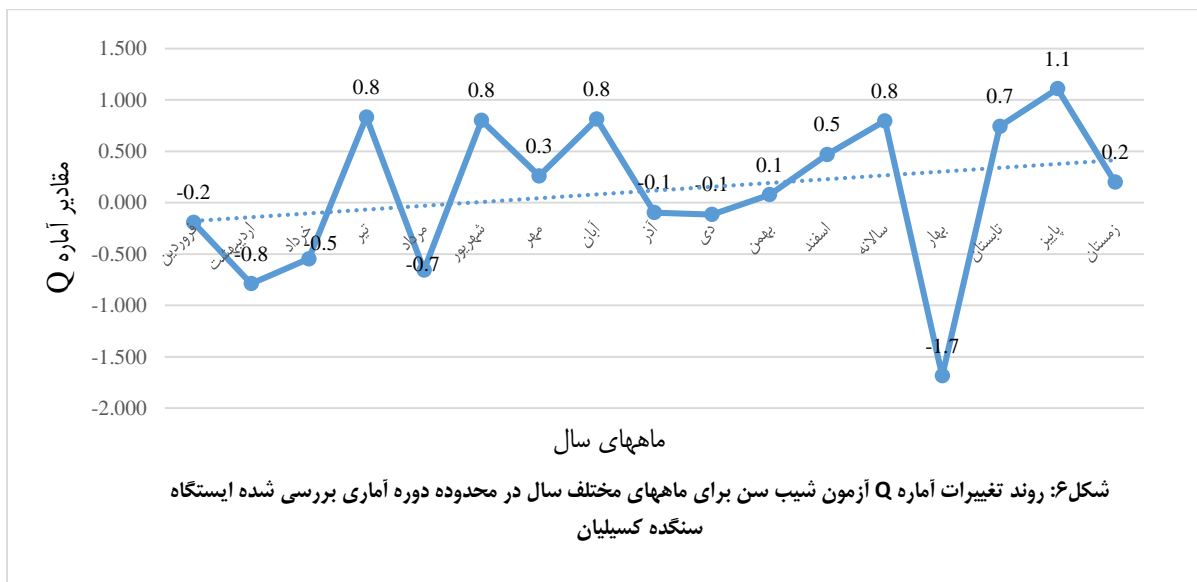
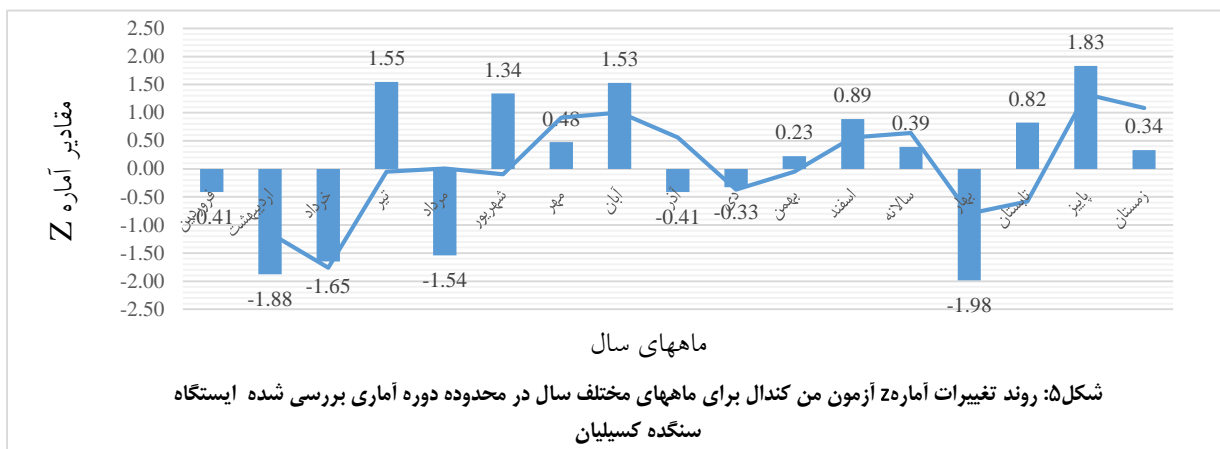
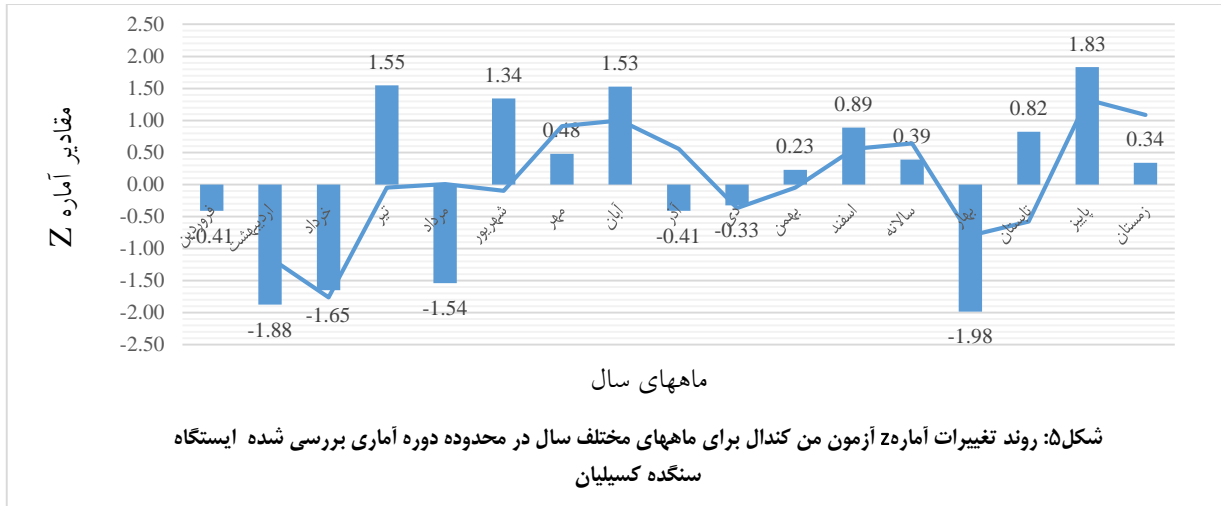
شکل ۴: شیب تغییرات روند بارش با استفاده از آزمون سن به همراه جدول سطوح معنی داری آماره ها برای ماه فروردین در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه آلاشت تالار

جدول 2: نتایج تغییرات روند بارشی ماه‌های مختلف سال در ایستگاه‌های مورد پژوهش حوزه آبخیز تالار

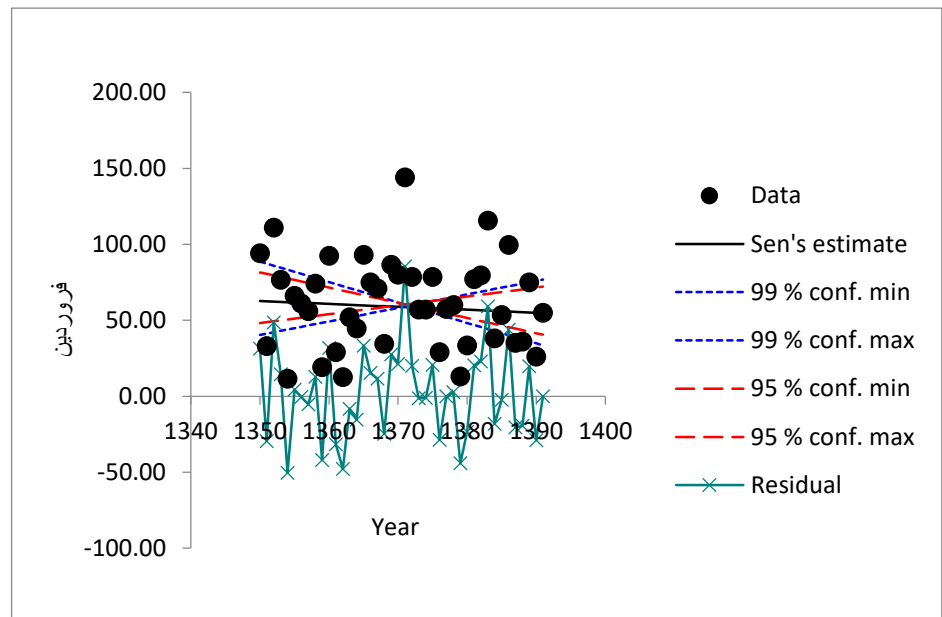
نام ایستگاه رودخانه ای	آلاشت تالار	سنگده کسلیان	درزیکلا کسلیان	شیرگاه تالار	عرب خیل تالار	کله کسلیان	ولیک چال کسلیان	سودکلا کسلیان	لاریم سیاهرود
فروردین	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	روند نزولی
اردیبهشت	فاقد روند	روند نزولی در سطح اطمینان ۹۵ درصد	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند
خرداد	فاقد روند	روند نزولی در سطح اطمینان ۹۵ درصد	روند نزولی در سطح اطمینان ۹۵ درصد	فاقد روند	فاقد روند	روند نزولی در سطح اطمینان ۹۹ درصد	روند نزولی	روند نزولی در سطح	فاقد روند

	اطمینان درصد ۹۹						اطمینان ۹۵ درصد		
روند صعودی	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	روند صعودی در سطح اطمینان ۹۹ درصد	فاقد روند	روند صعودی در سطح اطمینان ۹۵ درصد	فاقد روند	فاقد روند	تیر
فاقد روند	روند نزولی	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	روند نزولی در سطح اطمینان درصد ۹۵	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	مرداد
روند نزولی	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	روند صعودی	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	روند صعودی در سطح اطمینان درصد ۹۵	شهریور
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	مهر
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	آبان
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	آذر
فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	دی
روند نزولی در سطح اطمینان درصد ۹۹	روند نزولی	فاقد روند	فاقد روند	روند نزولی	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	بهمن
فاقد روند	فاقد روند	روند صعودی	روند صعودی	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	فاقد روند	روند صعودی در سطح اطمینان درصد ۹۵	اسفند

در ایستگاه سنگده کسلیان که در ارتفاع ۱۳۳۷ متری منطقه قرار دارد نتایج تغییرات روند بارش فصلی و سالانه به صورت نتایج ذیل بوده است: در این ایستگاه روند مشخص فصلی در فصول بهار و پاییز وجود داشته است ولی در فصل تابستان و زمستان این ایستگاه در طی سالهای مورد بررسی که ۴۱ سال بوده است و با توجه به حدود معنی داری آماره Q آزمون سن، جهت این روند در فصل بهار، نزولی و در سطح اطمینان ۹۵ درصد و در فصل پاییز این ایستگاه نیز دارای روند مشخص صعودی بوده است (اشکال ۵ و ۶). در مورد تغییرات روند بارشی ماهانه نیز تفاوت‌های زیادی بین ماههای مختلف سال وجود داشته است. به عنوان نمونه شکل ۷ شیب تغییرات روند بارش ماهانه با استفاده از آزمون سن برای ماه فروردین در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه سنگده کسلیان برای حدود اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد به همراه جدول سطوح معنی داری آماره ها را نشان می دهد که نشان دهنده عدم وجود روند مشخص این ماه در طی سالهای مطالعاتی این ایستگاه رودخانه ای می باشد. در سایر ماههای سال این ایستگاه نیز با توجه به نتایج روند بارشی از جدول ۲ مشخص می شود که ماههای اردیبهشت و خرداد مربوط به فصل بهار دارای روند بارشی نزولی در سطح اطمینان ۹۵ درصد می باشند و در سایر ماههای سال روند مشخصی وجود نداشته است.

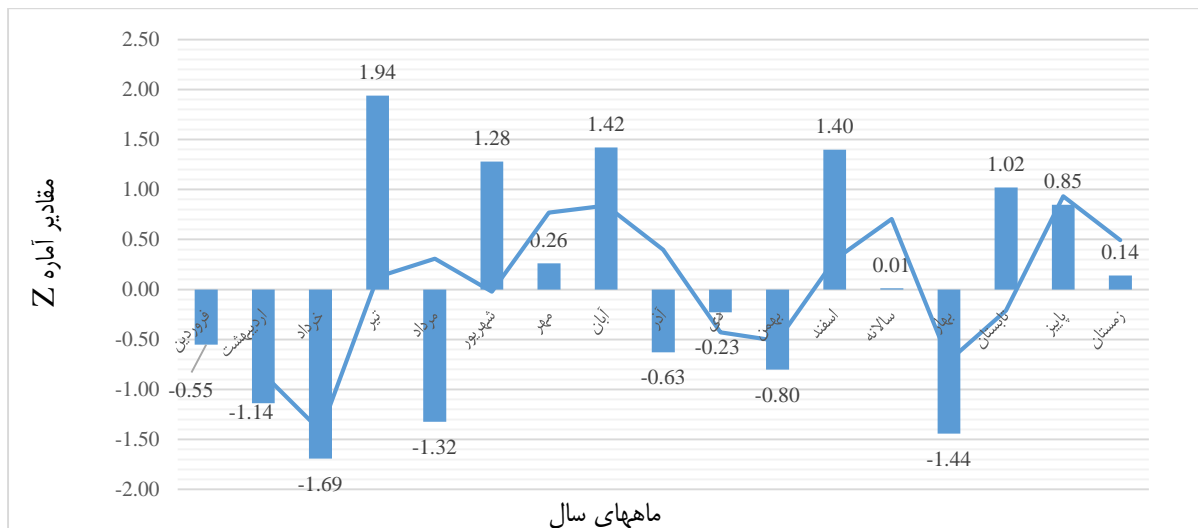


TsNumber	1
Name	فروردین
Years	1350 - 1391
n	41
Test S	
Test Z	-0.41
Signific.	
Q	-1.93E-01
Qmin99	-1.35E+00
Qmax99	8.90E-01
Qmin95	-1.00E+00
Qmax95	5.83E-01
B	6.27E+01
Bmin99	8.86E+01
Bmax99	4.04E+01
Bmin95	8.15E+01

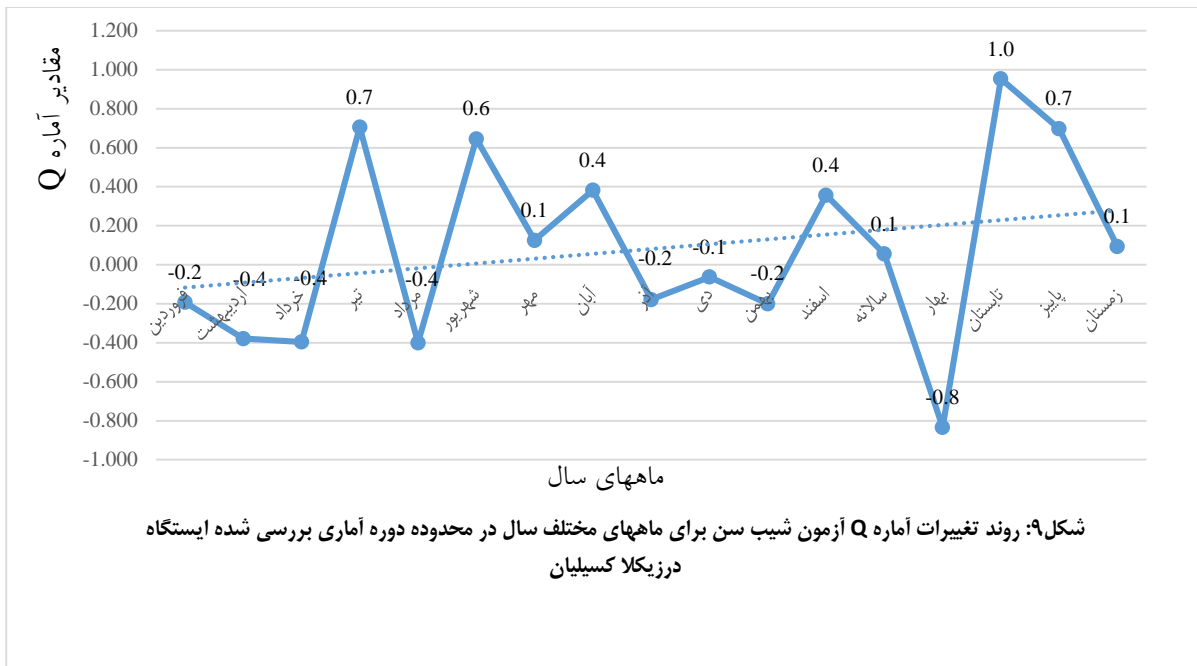


شکل ۷: شیب تغییرات روند بارش با استفاده از آزمون سن به همراه جدول سطوح معنی داری آماره ها برای ماه فروردین در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه سنگده کسلیان

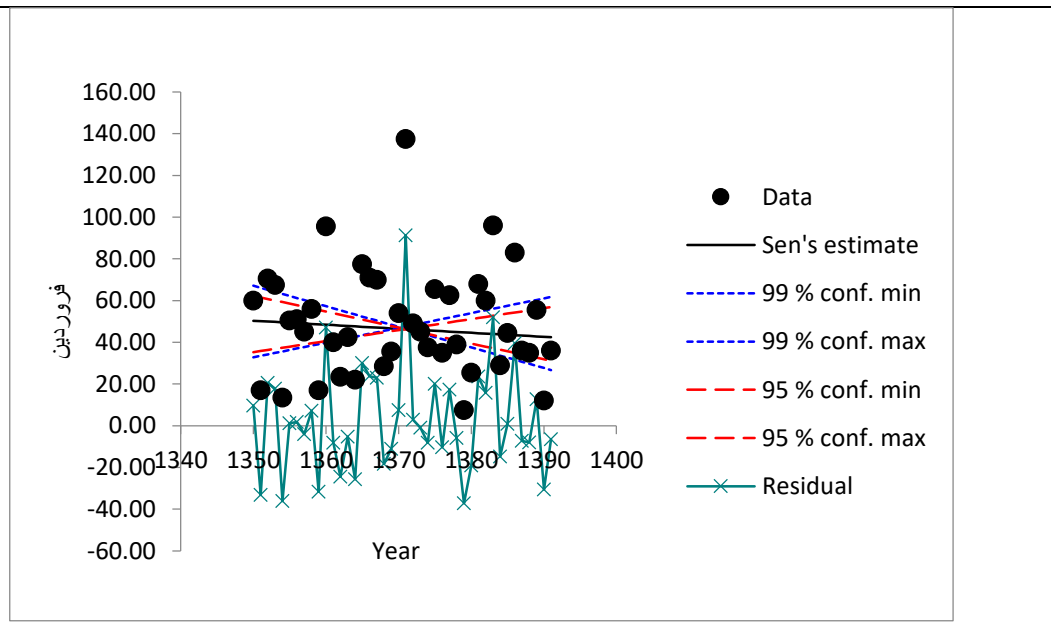
یکی دیگر از ایستگاههای مورد بررسی بر روی رودخانه کسلیان ، ایستگاه درزیکلا کسلیان بوده است . بررسی های صورت گرفته بر روی روند بارشی فصول مختلف سال و همچنین در مقیاس سالانه نشان دهنده عدم وجود روند مشخصی در تغییرات بارشی این ایستگاه رودخانه ای در طول مدت ۴۱ سال آماری مورد بررسی بوده است .(اشکال ۸ و ۹) با توجه به اینکه تغییرات روند بارشی ماههای مختلف سال این ایستگاه نیز محاسبه شده است که به عنوان نمونه شکل ۱۰ وضعیت تغییرات روند ماه فروردین را در طی سالهای مطالعاتی نشان می دهد و همانگونه که مشخص است عدم وجود روند مشخص این ماه نیز آشکار می شود. از بررسی جدول ۲ در سایر ماههای سال این ایستگاه نیز مشخص می شود که ماه خرداد دارای روند نزولی در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ماه تیر دارای روند صعودی در سطح اطمینان ۹۵ درصد بوده است.



شکل ۸: روند تغییرات آماره Z آزمون من کندال برای ماههای مختلف سال در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه درزیکلا کسلیان

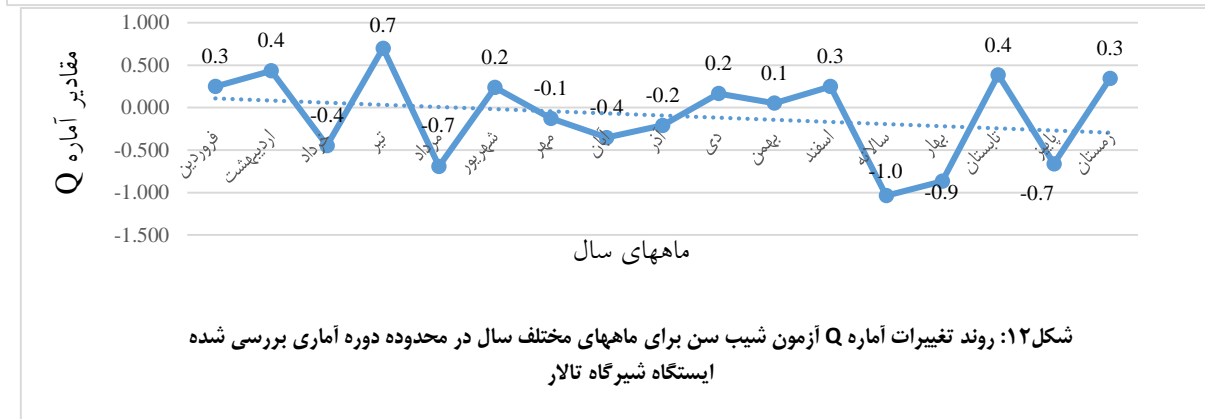
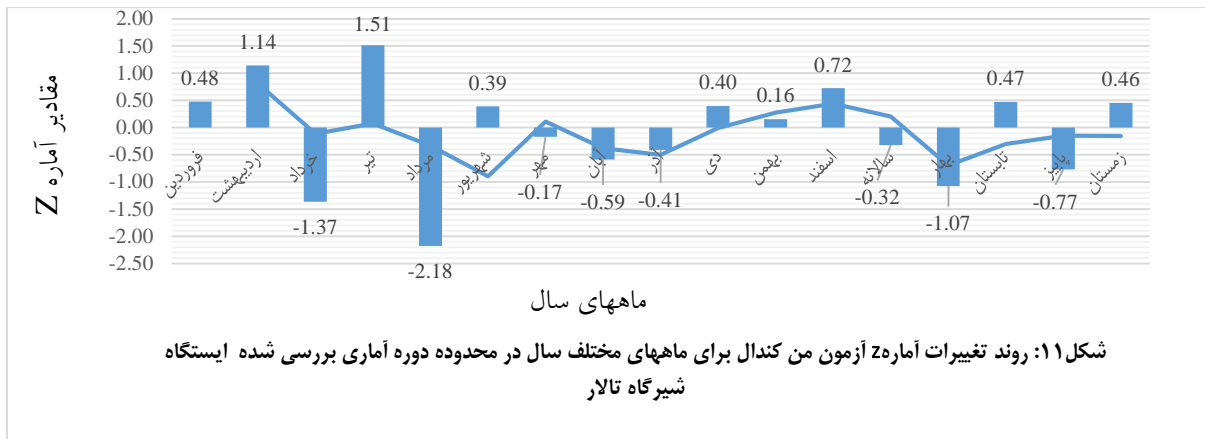


TsNumber	1
Name	فروردین
Years	1350 - 1391
n	41
Test S	
Test Z	-0.55
Signific.	
Q	-1.92E-01
Qmin99	-9.86E-01
Qmax99	7.06E-01
Qmin95	-7.62E-01
Qmax95	5.27E-01
B	5.03E+01
Bmin99	6.71E+01
Bmax99	3.28E+01
Bmin95	6.23E+01
Bmax95	3.53E+01

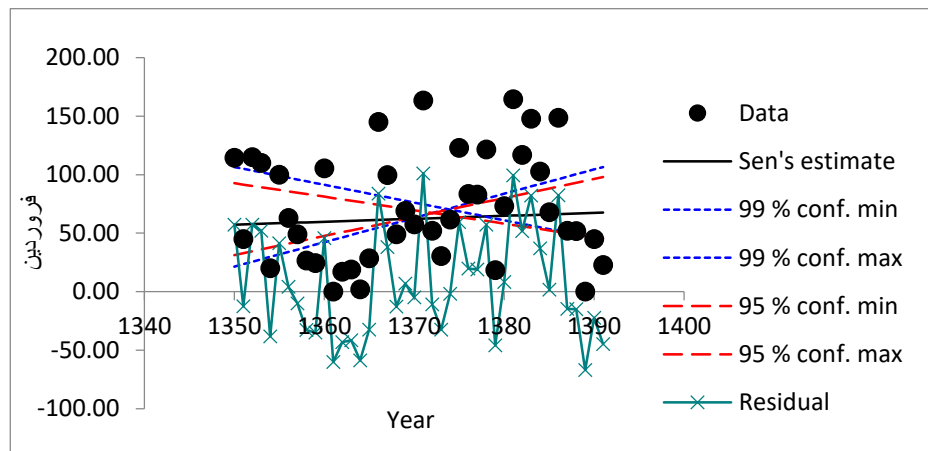


شکل ۱۰: شیب تغییرات روند بارش با استفاده از آزمون سن به همراه جدول سطوح معنی داری آماره ها برای ماه فروردین در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه درزیکلا کسپلیان

یکی از ایستگاه‌های مهم این حوزه آبخیز از لحاظ تعداد سال‌های آماری ایستگاه شیرگاه تالار بوده است که در میان ایستگاه‌های مورد بررسی دارای بیشترین آمار به مدت ۵۳ سال بوده است. نتایج آماره Z آزمون من- کندال و آماره Q شیب سن نشان می دهد که در مقیاس‌های فصلی و سالانه روند مشخصی در تغییرات بارشی این ایستگاه در طی سال‌های مطالعاتی وجود نداشته است. (اشکال ۱۱ و ۱۲). در مورد تغییرات روند ماهانه این ایستگاه به عنوان نمونه از مطالعه شکل ۱۳ مربوط به ماه فروردین مشخص می شود که در این ماه روند مشخص بارشی وجود نداشته است و در سایر ماه‌های سال نیز از مطالعه داده های جدول ۲ مشخص می شود که تنها در مردادماه دارای روند نزولی بارشی در سطح اطمینان ۹۵ درصد بوده ایم.

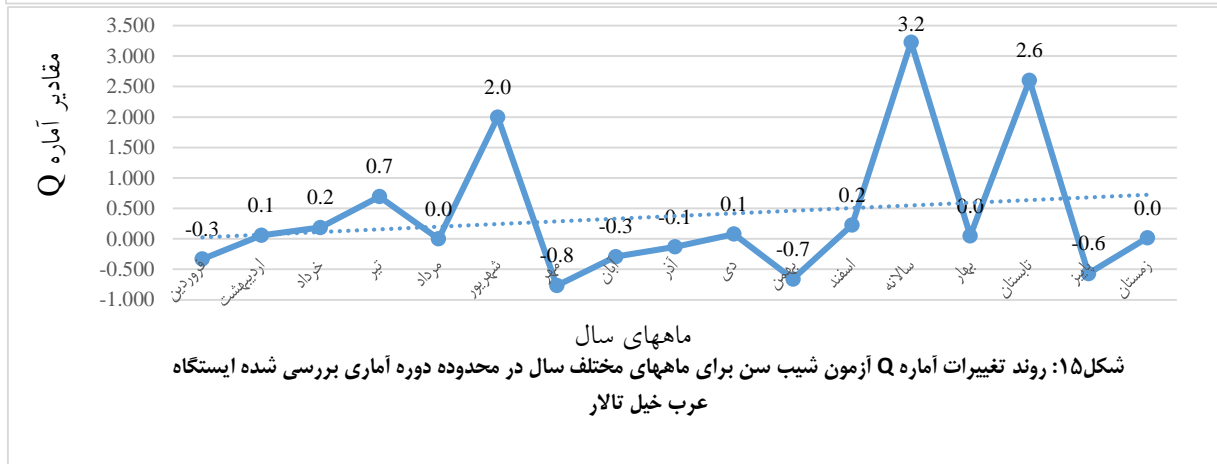
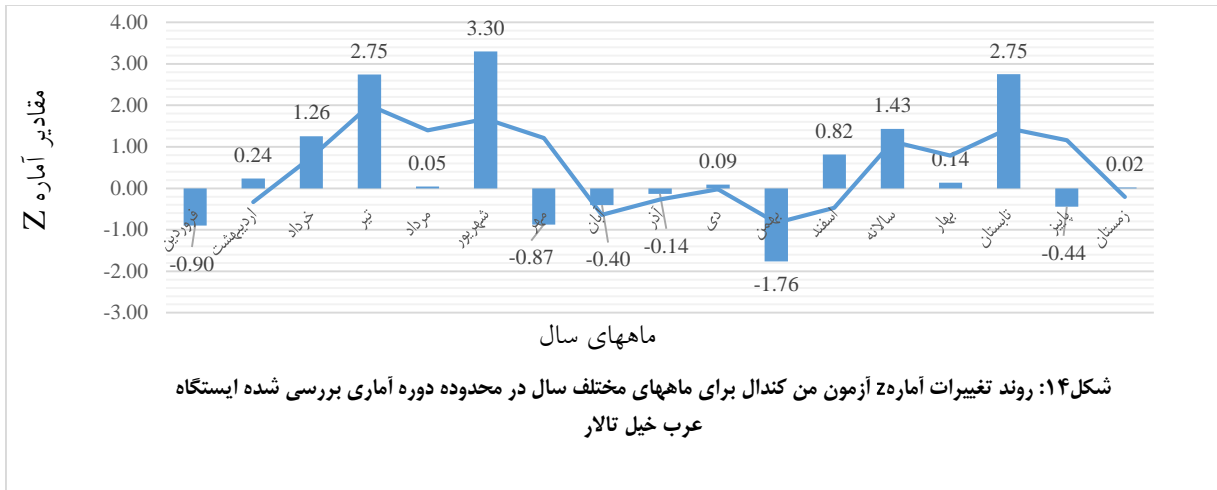


TsNumber	1
Name	فروردین
Years	1350 - 1391
n	53
Test S	
Test Z	0.48
Signific.	
Q	2.50E-01
Qmin99	-1.52E+00
Qmax99	2.08E+00
Qmin95	-1.15E+00
Qmax95	1.62E+00
B	5.43E+01
Bmin99	1.25E+02
Bmax99	-3.44E+00
Bmin95	1.07E+02
Bmax95	1.18E+01

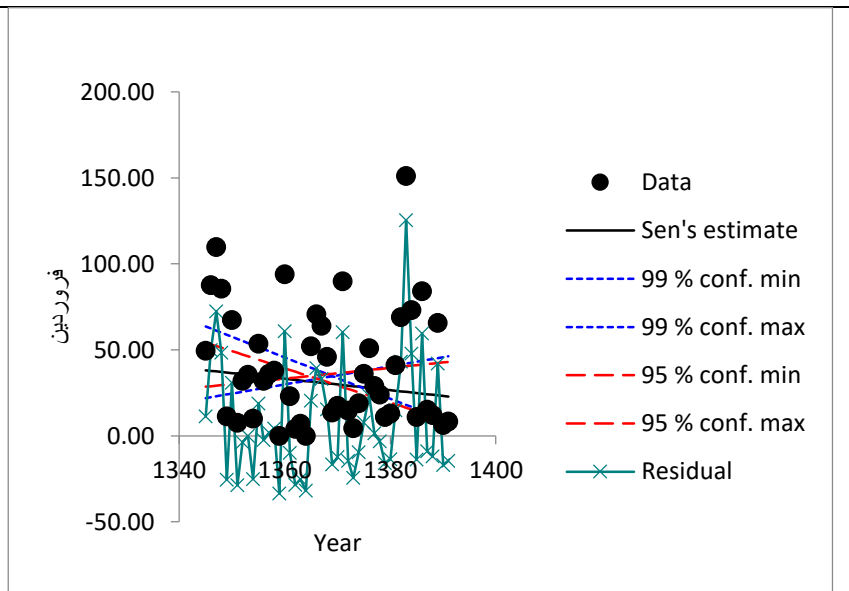


شکل ۱۳: شیب تغییرات روند بارش با استفاده از آزمون سن به همراه جدول سطوح معنی داری آماره ها برای ماه فروردین در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه شیرگاه تالار

بررسی های بعمل آمده در مورد تغییرات روند بارشی ایستگاه عرب خیل تالاردر منتهی الیه بخش جلگه ای این حوزه و در ارتفاع ۲۰ متر پائین تر از سطح دریای آزاد و نزدیک به دریای خزر در مقیاس فصلی نشان دهنده آن می باشد که تنها در فصل تابستان دارای روند صعودی مشخصی می باشیم و در سایر فصول و همچنین در مقیاس سالانه، آمار بارشی این ایستگاه فاقد روند بوده است (اشکال ۱۴ و ۱۵). در مورد روند بارشی ماهانه نیز ماههای تیر و شهریور دارای روند صعودی می باشند که این روند در مورد ماه تیر مشهودتر است (با ضریب اطمینان ۹۹ درصد) و در ماه بهمن، داده های بارشی این ایستگاه نیز دارای روند نزولی بوده است. (جدول ۲). شکل ۱۶ نیز به عنوان نمونه محاسبات روند بارشی ماه فروردین این ایستگاه را نشان می دهد که حاکی از عدم وجود روند مشخص این ماه در طی دوره مطالعاتی می باشد.

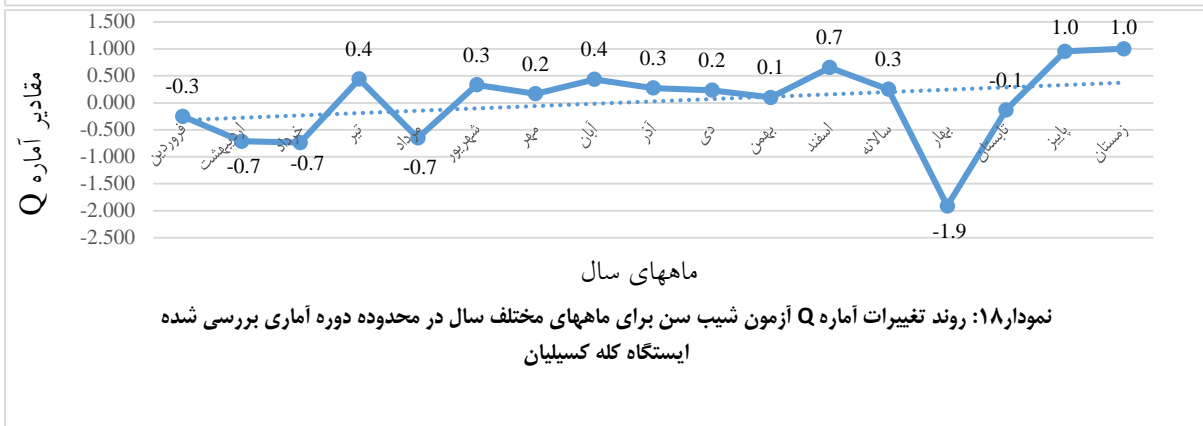


TsNumber	1
Name	فروردین
Years	1345 - 1391
n	46
Test S	
Test Z	-0.90
Signific.	
Q	-3.32E-01
Qmin99	-1.20E+00
Qmax99	5.29E-01
Qmin95	-9.96E-01
Qmax95	3.15E-01
B	3.82E+01
Bmin99	6.36E+01
Bmax99	2.19E+01
Bmin95	5.42E+01
Bmax95	2.85E+01

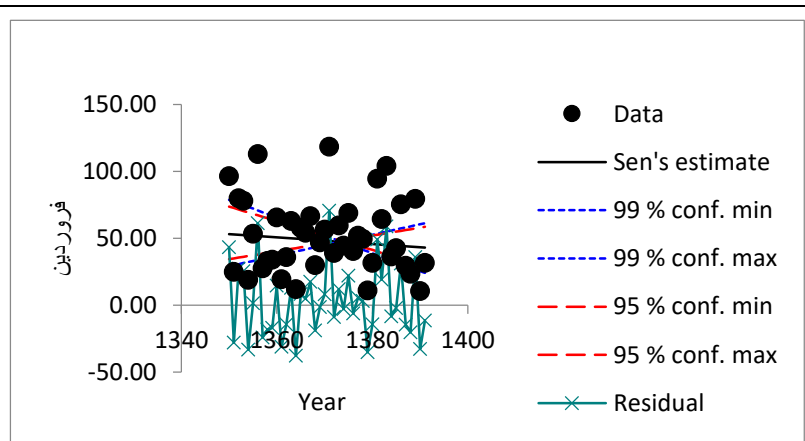


شکل ۱۶: شیب تغییرات روند بارش با استفاده از آزمون سن به همراه جدول سطوح معنی داری آماره ها برای ماه فروردین در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه عرب خیل تالار

روند تغییرات بارشی فصلی و سالانه ایستگاه کله بر روی رودخانه کسلیان که از سرشاخه های رودخانه تالار می باشد نشان دهنده روند بارشی نزولی مشخصی در فصل بهار و همچنین روند صعودی آشکاری در فصول پاییز و زمستان در این ایستگاه بوده است و در فصل تابستان و همچنین مقیاس سالانه نیز روند مشخصی در داده های بارشی این ایستگاه در طی دوره مطالعاتی وجود نداشته است. (اشکال ۱۷ و ۱۸). در مقیاس ماهانه نیز ایستگاه کله دارای روند نزولی مشخصی در ماه خرداد و روند صعودی در ماه اسفند بوده است. (جدول ۲). به عنوان نمونه شکل ۱۹ نیز حاکی از عدم وجود روند مشخص ماه فروردین این ایستگاه می باشد.

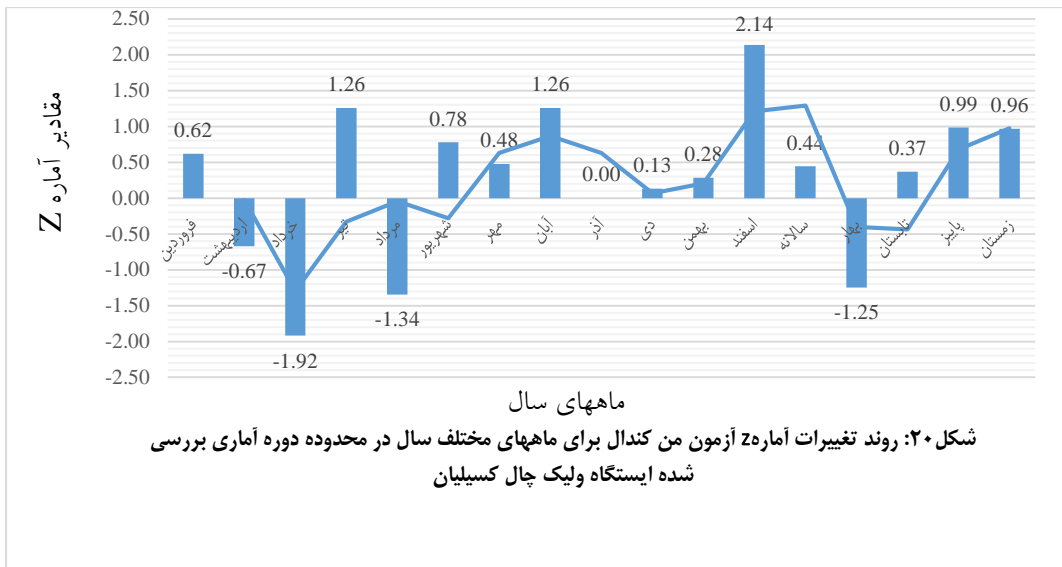


TsNumber	1
Name	فروردین
Years	1350 - 1391
n	41
Test S	
Test Z	-0.55
Signific.	
Q	-2.50E-01
Qmin99	-1.33E+00
Qmax99	7.86E-01
Qmin95	-1.08E+00
Qmax95	5.89E-01
B	5.33E+01
Bmin99	7.88E+01
Bmax99	2.91E+01
Bmin95	7.37E+01
Bmax95	3.44E+01

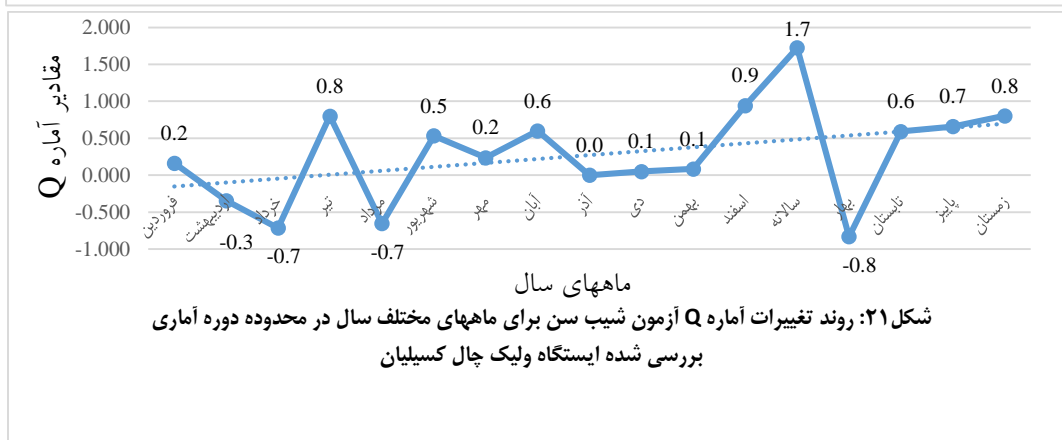


شکل ۱۹: شیب تغییرات روند بارش با استفاده از آزمون سن به همراه جدول سطوح معنی داری آماره ها برای ماه فروردین در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه کله کسلیان

یکی دیگر از ایستگاه‌های مورد بررسی رودخانه کسلیان، ایستگاه ولیک چال کسلیان بوده است. بررسی های صورت گرفته نشان می دهد که در مقیاسهای فصلی و سالانه روند بارشی این ایستگاه دارای روند مشخصی نبوده است (شکل ۲۰ و ۲۱) و در مقیاس ماهانه نیز تنها در ماه اسفند دارای روند صعودی بارشی بوده است (جدول ۲). شکل ۲۲ نیز عدم وجود روند بارشی ماه فروردین این ایستگاه در طی دوره مطالعاتی را نشان می دهد.

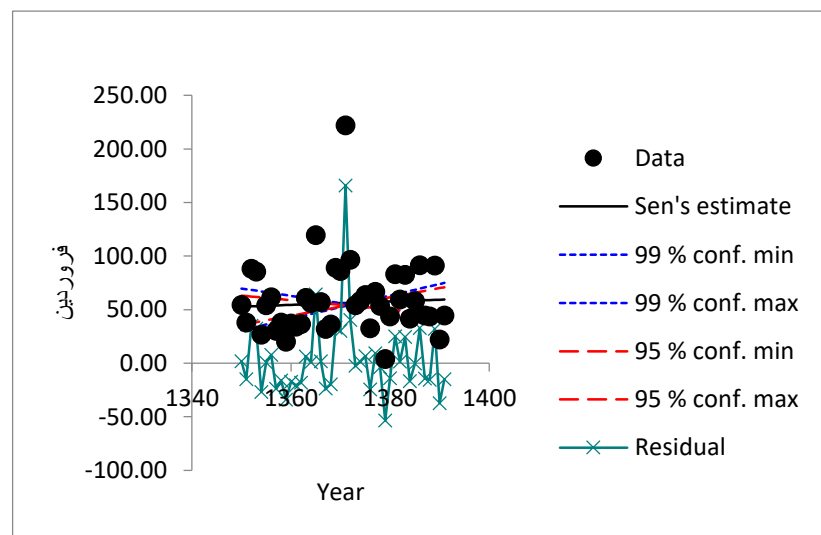


شکل ۲۰: روند تغییرات آماره Z آزمون من کندال برای ماههای مختلف سال در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه ولیک چال کسبلیان



شکل ۲۱: روند تغییرات آماره Q آزمون شیب سن برای ماههای مختلف سال در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه ولیک چال کسبلیان

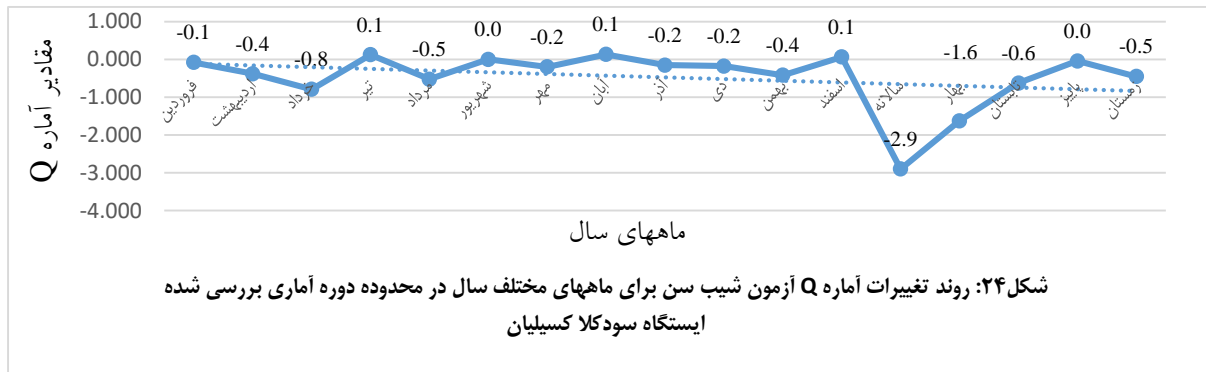
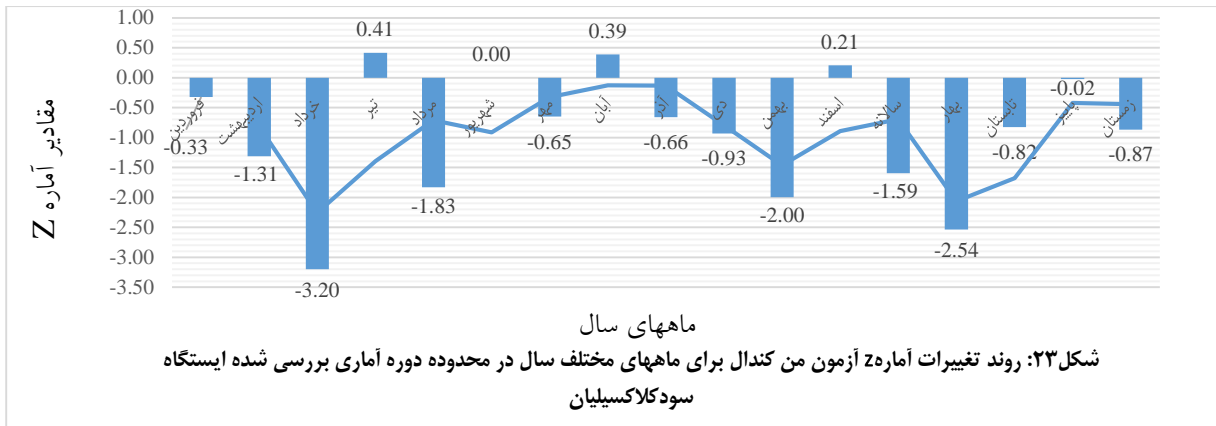
TsNumber	1
Name	فروردین
Years	1350 - 1391
n	41
Test S	
Test Z	0.62
Signific.	
Q	1.63E-01
Qmin99	-6.88E-01
Qmax99	1.08E+00
Qmin95	-4.34E-01
Qmax95	8.59E-01
B	5.28E+01
Bmin99	6.97E+01
Bmax99	3.07E+01
Bmin95	6.31E+01
Bmax95	3.57E+01



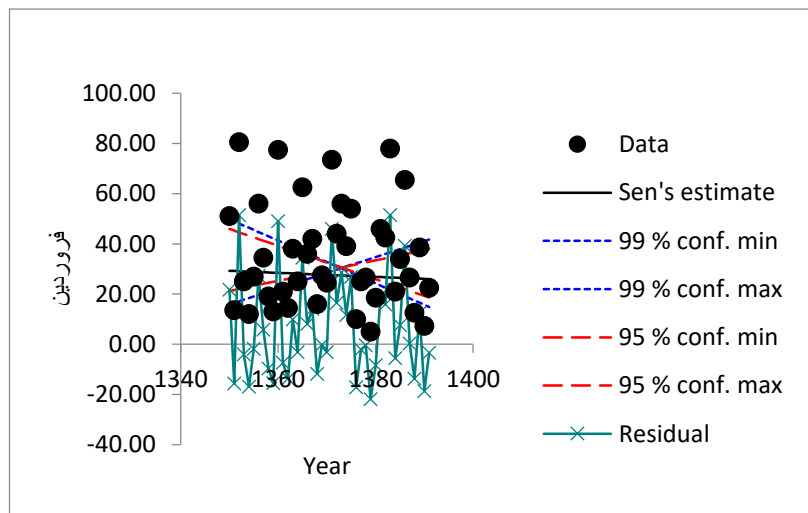
شکل ۲۲: شیب تغییرات روند بارش با استفاده از آزمون سن به همراه جدول سطوح معنی داری آماره ها برای ماه فروردین در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه ولیک چال کسبلیان

آخرین ایستگاه مورد بررسی بر روی رودخانه کسبلیان، ایستگاه سودکلا بوده است. نتایج آزمون من-کندال و شیب سن این ایستگاه نشان دهنده روند نزولی در سطح اطمینان ۹۵ درصد در فصل بهار این ایستگاه بوده است و در سایر فصول سال و همچنین در مقیاس سالانه روند مشخص بارشی در داده ای این ایستگاه مشاهده نشده است (شکال ۲۳ و ۲۴). در مورد تغییرات روند بارشی ماهانه نیز ماههای خرداد از

فصل بهار، مرداد از فصل تابستان و بهمن از فصل زمستان دارای روند نزولی بوده اند که این روند تغییرات در ماه خرداد مشخص تر است(جدول ۲). به عنوان نمونه محاسبات تغییرات بارشی ماه فروردین این ایستگاه آورده شده است(شکل ۲۵)

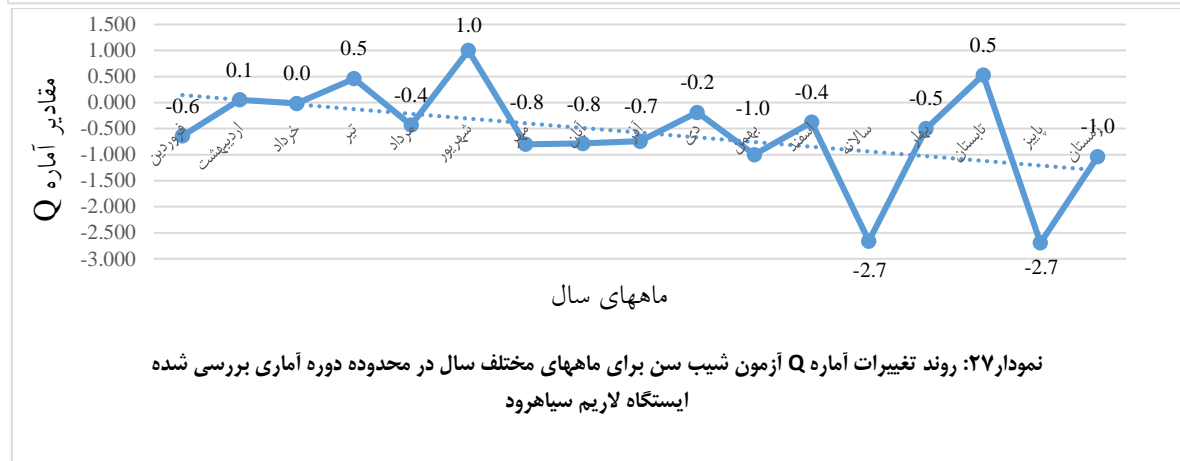
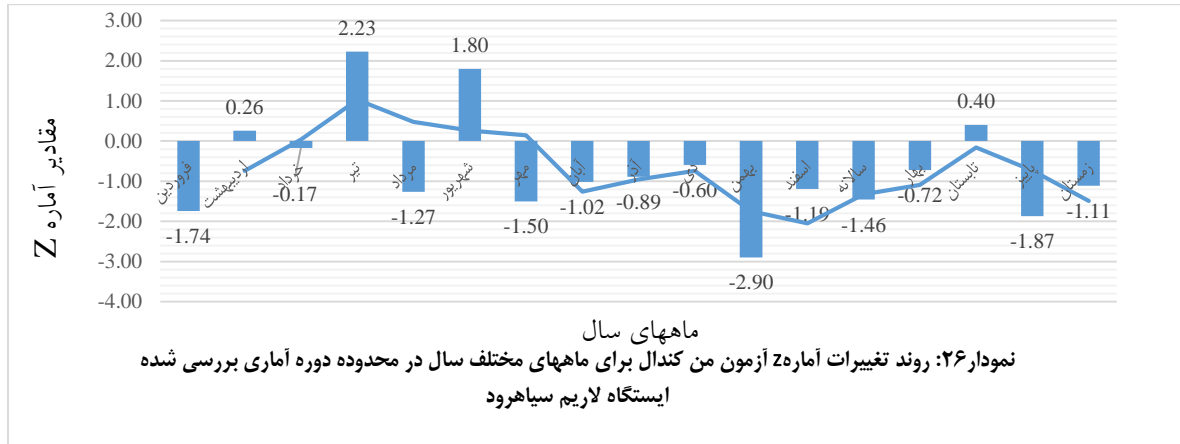


TsNumber	1
Name	فروردین
Years	1350 - 1391
n	41
Test S	
Test Z	-0.33
Signific.	
Q	-8.06E-02
Qmin99	-8.53E-01
Qmax99	6.30E-01
Qmin95	-6.66E-01
Qmax95	4.06E-01
B	2.93E+01
Bmin99	4.98E+01
Bmax99	1.59E+01
Bmin95	4.59E+01
Bmax95	2.12E+01

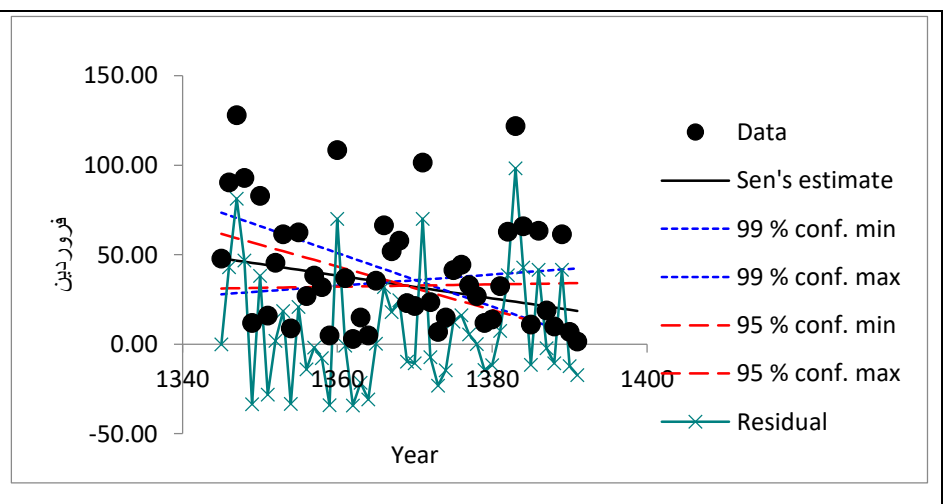


شکل ۲۵: شیب تغییرات روند بارش با استفاده از آزمون سن به همراه جدول سطوح معنی داری آماره ها برای ماه فروردین در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه ولیک چال کسیلیان

و در نهایت نتایج روند بارشی آخرین ایستگاه مورد بررسی که در بخش جلگه ای این حوزه نزدیک دریای خزر و در ارتفاع ۲۴ متری پائین تر از سطح دریای آزاد وجود دارد نشان دهنده این موضوع می باشد که تنها در فصل پائیز دارای روند بارشی نزولی در سطح اطمینان ۹۵ درصد بوده است و در سایر فصول سال و همچنین در مقیاس سالانه روند مشخصی در داده های بارش این ایستگاه طی دوره مطالعاتی مشاهده نشده است (اشکال ۲۶ و ۲۷). در مورد روند ماهانه این ایستگاه نیز با بررسی های صورت گرفته مشخص شده است که ماه فروردین از فصل بهار، ماه شهریور از فصل تابستان و ماه بهمن از فصل زمستان دارای روند نزولی بوده اند که این نتیجه در ماه بهمن مشهودتر است (با سطح اطمینان ۹۹ درصد) و تنها در ماه تیر این ایستگاه دارای روند صعودی بوده است (جدول ۲) و (شکل ۲۸).



TsNumber	1
Name	فروردین
Years	1345 - 1391
n	46
Test S	
Test Z	-1.74
Signific.	+
Q	-6.39E-01
Qmin99	-1.50E+00
Qmax99	3.15E-01
Qmin95	-1.22E+00
Qmax95	6.45E-02
B	4.80E+01
Bmin99	7.35E+01
Bmax99	2.79E+01
Bmin95	6.17E+01
Bmax95	3.12E+01



شکل ۲۸: شیب تغییرات روند بارش با استفاده از آزمون سن به همراه جدول سطوح معنی داری آماره ها برای ماه فروردین در محدوده دوره آماری بررسی شده ایستگاه لاریم سیاهرود

۴- نتیجه گیری

با توجه به نتایج گرفته شده از این پژوهش، تغییرات روند بارشی در ایستگاههای مورد بررسی حوزه مورد مطالعه در طی سالهای مطالعاتی آشکارتر می شود. در ایستگاه آلاشت تالار روند نوسانات بارشی در فصل تابستان و همچنین در مقیاس سالانه دارای روند صعودی بوده است و در سایر فصول سال روند مشخصی وجود نداشته است. با توجه به کوهستانی بودن این ایستگاه که در ارتفاع ۱۶۸۰ متری از سطح دریای آزاد قرار دارد و چرخه های بارشی و نوسانات اقلیمی که بر این منطقه نیز تاثیر گذار بوده است می توان به الگوی واضح تری از شرایط آب و هوایی موجود در منطقه دست یافت. این ناهنجاری اقلیمی را از بررسی تغییرات ماهانه این ایستگاه نیز می توان دست یافت به طوری که تنها ماههای شهریور و اسفند این ایستگاه دارای روند بارش صعودی در سطح اطمینان ۹۵ درصد بوده و در سایر ماههای سال روند مشخصی وجود نداشته است. در ایستگاه کسلیان که در ارتفاع ۱۳۳۷ متری از سطح دریای آزاد قرار دارد از بررسی های صورت گرفته بر روی ۴۱ سال آمار موجود بارش ماهانه این ایستگاه مشخص می شود که در مقیاس فصلی، نوسانات بارش فصل بهار این ایستگاه دارای روند نزولی، فصل پائیز دارای روند صعودی و در فصول تابستان و زمستان و همچنین در مقیاس سالانه فاقد روند مشخصی بوده است که این موضوع از مطالعه تغییرات روند ماهانه این ایستگاه نیز آشکارتر می شود به طوری که ماههای اردیبهشت و خرداد این ایستگاه دارای روند نزولی بارشی بوده اند. الگوی آب و هوایی موجود در منطقه حاکی از تاثیر تغییرات اقلیمی و تغییرات شرایط بارشی بر حوزه مورد مطالعه می باشد و این نوسانات اقلیمی می تواند باعث ناهنجاریهای اقلیمی بیشتری گردد. به طوری که در بعضی مواقع باعث ایجاد سیلاب و در مواقع دیگر موجب خشکسالی گردد که می تواند بر الگوی کشاورزی و زیست محیطی منطقه تاثیر گذارد. نتایج گرفته شده از این پژوهش در سایر ایستگاههای کوهستانی و جلگه ای بررسی شده این حوزه نشان دهنده تغییرات جزئی و یا عمده در وضعیت روند بارشی این حوزه می باشد به عنوان نمونه در ایستگاه درزیکلا کسلیان در ارتفاع ۱۳۰۰ متری این حوزه با ۴۱ سال بررسی آماری، روند نوسانات بارشی فصلی و سالانه مشخصی وجود نداشته است ولی همین ایستگاه در مقیاس ماهانه و در ماههای خرداد و تیر شاهد روند نزولی اندکی بوده ایم. یکی دیگر از ایستگاههای بررسی شده و مهم این حوزه ایستگاه شیرگاه تالار در ارتفاع ۲۲۰ متری منطقه و با ۵۳ سال آمار مورد بررسی بوده است. با توجه به محل قرار گیری این ایستگاه که تقریباً خروجی منطقه مرتفع کوهستانی به جلگه های شمال کشور می باشد قابل توجه و مطالعه می باشد. در این ایستگاه روند مشخص فصلی و سالانه مشخصی مشاهده نشد و تنها در ماه مرداد دارای روند نزولی اندکی بوده است که نشان دهنده شرایط افزایشی خشکی تابستانه در این ناحیه می باشد که می تواند بر وضعیت کشاورزی و زیست محیطی منطقه تاثیر گذارد. در ایستگاههای مستقر در منطقه جلگه ای نیز نوسانات بارشی در بعضی از فصول و همچنین در مقیاس ماهانه مشاهده شده است. در ایستگاه عرب خیل تالار که در منطقه پائینی حوزه و در ارتفاع ۲۰- متری و نزدیکتر به دریای خزر مستقر می باشد از مطالعه ۴۶ سال آمار موجود این ایستگاه مشخص می شود که در مقیاس فصلی تنها فصل تابستان دارای روند صعودی مشخصی بوده و در سایر فصول سال و همچنین در مقیاس سالانه روند مشخص بارشی مشاهده نشده است. مطالعه تغییرات روند ماهانه این حوزه نیز نشان دهنده روند صعودی ماههای تیر و شهریور و روند نزولی بهمن ماه این حوزه در طی دوره مطالعاتی بوده است و تأیید کننده نتایج تغییرات روند بارش این حوزه می باشد. از نتایج سایر ایستگاههای مورد مطالعه در مناطق کوهستانی و جلگه ای حوزه نیز می توان به یک جمع بندی کلی از تغییرات روند بارشی این حوزه دست یافت. در ایستگاه کله کسلیان در منطقه کوهستانی حوزه و در ارتفاع ۱۵۵۷ متری حوزه تالار و در مقیاس فصلی و سالانه، فصل بهار دارای روند نزولی مشخص و فصول پائیز و زمستان دارای روند صعودی و فصل تابستان و همچنین در مقیاس سالانه فاقد روند مشخص بوده است که این تغییرات روند بارش در مقیاس ماهانه به صورت روند نزولی مشخص خرداد ماه و روند صعودی اسفند ماه آشکار می شود. این تغییرات روند بارشی نیز تأیید کننده تاثیر تغییرات اقلیمی بر شرایط بارشی این منطقه می باشد. یکی دیگر از دو ایستگاه دیگر کوهستانی منطقه مورد بررسی ایستگاه ولیک چال کسلیان در ارتفاع ۱۵۰۰ متری منطقه و با داشتن ۴۱ سال آمار موجود مورد بررسی بوده است. مطالعه نتایج این پژوهش نشان دهنده عدم وجود روند مشخص فصلی و سالانه و روند نزولی ماه خرداد و روند صعودی ماه اسفند این حوزه بوده است و در ایستگاه کوهستانی دیگر منطقه که ایستگاه سود کلا کسلیان در ارتفاع ۱۲۵۰ متری حوزه و با ۴۱ سال آمار بوده است، بررسی تغییرات شرایط روند بارش حوزه نشان دهنده روند منفی بهار و عدم وجود روند سایر مواقع سال و همچنین در مقیاس سالانه حوزه بوده است و در مقیاس ماهانه نیز روند نزولی مشخص خرداد ماه این ایستگاه و روند نزولی مرداد و بهمن ماه این حوزه نشان دهنده تغییرات روند بارش مشخص در انتهای فصل بهار این حوزه و تغییر شرایط بارش اواسط تابستان و اواسط زمستان حوزه می باشد. آخرین ایستگاه مورد بررسی که در قسمت تقریباً انتهائی حوزه و در بخش جلگه ای نزدیک به دریا با ارتفاع ۲۴- متری پائین تر از سطح دریای آزاد قرار دارد، مطالعه تغییرات روند بارشی حاکی از روند منفی پائیزه این ایستگاه و عدم وجود روند مشخص در سایر فصول سال و همچنین در مقیاس سالانه منطقه بوده است. روند نوسانات ماهانه این ایستگاه نیز حاکی از روند صعودی تیرماه، روند نزولی شهریور ماه و بهمن ماه این ایستگاه بوده است. با توجه به قرار گیری این ایستگاه در منطقه جلگه ای، بدست آوردن این نتایج می تواند حاکی از تغییر شرایط بارش این ایستگاه و تاثیر تغییرات اقلیمی بر شرایط هیدروکلیماتیک منطقه باشد. در یک نتیجه گیری کلی، نتایج گرفته شده از این پژوهش نشان دهنده نوسانات روند بارش حوزه می باشد. با توجه به اینکه بارش عامل بنیادی فعالیت کشاورزی و زیست محیطی می باشد این نوسانات می

توان چرخه های بارشی این حوزه را تحت تاثیر قرار دهد. از اینرو مدیریت بهتر منابع آب و برنامه ریزی برای سازگاری با این تغییر شرایط بارش می توان آینده کشاورزی منطقه را تضمین نماید. به طوری که در مواقع پرباری بتوان آبهای اضافی را با روشهای آبخیزداری ذخیره سازی نمود و از آن در مواقع خشکسالی استفاده نمود. با توجه به افزایش جمعیت سالیان اخیر و توسعه صنعت توریسم و فشار بر اکوسیستم رودخانه ای مساله برنامه ریزی منابع آبی حساس تر و مهم تر جلوه می نماید. عدم برنامه ریزی دقیق برای بخش کشاورزی می تواند روند خشکسالی ها را با توجه به افزایش جمعیت حواشی این رودخانه و مصرف بیشتر آب در کشاورزی دچار اختلال نماید در این زمینه استفاده بهینه از منابع آبی، عدم هدر رفت آب به صورت تبخیر و تعرق با توجه به الگوی صحیح کشت و همانگونه که گفته شد استفاده از روشهای نوین آبخیزداری می تواند راهگشا باشد.

منابع

- Bartholy, J. & R. Pongrácz, (2007). Regional Analysis of Extreme Temperature and Precipitation Indices for the Carpathian Basin From 1946 to 2001, Global and Planetary Change, No. 57, Pp. 83-95.
- Brunetti, M., M. Maugeri, F. Montib & T. Nanni, (2005). Temperature and Precipitation Variability in Italy in the Last Two Centuries from Homogenized Instrumental Time Series.
- Chen, j. Wub, X. Finlayson, B. Webber, M. Wei, T. Li, M. (2014). Variability and trend in the hydrology of the Yangtze River, China: Annual precipitation and runoff. Journal of Hydrology, 513: 403-412
- Duhan, D. and Pandya, A. (2013). Statistical analysis of long term spatial and temporal trends of precipitation during 1901–2002 at Madhya Pradesh, India. Atmospheric Research, 122: 136-149.
- Hamed, K. H., & Rao, A. R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for auto correlated data. Journal of hydrology, 204(1-4), 182-196.
- Jain, S.K. Kumar, V. and Saharia, M. (2013). Analysis of rainfall and temperature trends in northeast India. International Journal of Climatology, 33: 968-978.
- Karmeshu, N. (2012). Trend Detection in Annual Temperature & Precipitation using the Mann Kendall Test– A Case Study to Assess Climate Change on Select States in the Northeastern United States.
- Kendall, M. G., (1975). Rank correlation methods. Charles Griffin, London.
- Mann, H. B., 1945. Nonparametric tests against trend. Econometrica 13, pp 245-259.
- Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, 24(1-2), 85-90.
- Sang, Y. F., Wang, Z., & Liu, C. (2014). Comparison of the MK test and EMD method for trend identification in hydrological time series. Journal of Hydrology, 510: 293-298.
- Serrano, A., Mateos, V. L., & Garcia, J. A. (1999). Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921–1995. Physics and Chemistry of the Earth,
- Turkes, M., (1996). Observed Change Temperature in Turkey, International Journal of Climatology Vol. 16. PP 463-477.
- بینش، ن.، نیک سخن، م. ح. و. سارنگ، ا. 1395. مطالعه اثر تغییرات بارش بر آبهی رودخانه درکه طی سالهای ۱۳۶۸–۱۳۹۱ اکوهیدرولوژی. جلد ۳، شماره ۳.
- عزیز، ق. و. روشنی، م. 1387. مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال. پژوهش های جغرافیایی.
- مرادزاده، م. پورحسین، ه. ۱۴۰۳. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر خشکسالی (مطالعه موردی: بخشی از حوضه کارون). مطالعات علوم محیط زیست، دوره نهم، شماره 4.
- مرادی نژاد، ا. خسروبیگی، س. ۱۴۰۳. ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر پارامترهای دما و بارش منطقه اراک. مطالعات علوم محیط زیست، دوره نهم، شماره 4.
- یاراحمدی، د. 1393. تحلیل هیدرو کليما تولوژیکی نوسانهای سطح آب دریاچه، ارومیه. پژوهشهای جغرافیای طبیعی. جلد ۴۶ شماره ۱.