

Analysis of the trend of time-series changes in the maximum daily and annual rainfall of Karkheh and Dez catchment

Ziba Hasanvand¹, Dariush Yarahmadi^{2*}, Hamid Mirhashemi³

1. PhD Student of Climatology, Lorestan University, Iran
2. *Corresponding Author*, Associate Professor of Climatology, Lorestan University, Iran
3. Assistant Professor of Climatology, Lorestan University, Iran

Article Info	ABSTRACT
<p>Article type: Research Article</p> <p>Article history: Received: 14 April 2021 Revised: 07 January 2022 Accepted: 13 February 2022</p> <p>Keywords: Precipitation, ITA method, Man – Kendal test, Karkheh and Dez.</p>	<p>Precipitation is the most important climatic characteristic of any region. This climatic characteristic is one of the most fluctuating climatic variables that seriously affect the water resources of the region. This issue is important in Iran, where the average rainfall is over 250 mm. The purpose of this study is to analyze and explain the heavy rainfall Karkheh and Dez using statistical methods. For this purpose, precipitation data from 14 synoptic stations and a rain gauge period of 60 years (1959-2019) were used. To achieve the objectives of the research used the probabilistic distribution function the final limit type 1 Gumble, and the heavy rain threshold of each station were determined. Then to identify the uniform and non-uniform discharges in the time series maximum daily precipitation and total annual precipitation the ITA method and Man – Kendall non-parametric test were used. The results were obtained from heavy rainfall thresholds, The average rainfall of more than 40/7 mm in Karkheh and the average rainfall of more than 47 mm in Daz are considered heavy rainfall. The average rainfall in Karkheh is 118 days and the dose is 81 days. The flood threshold of Karkheh is less than the Dez catchment. Therefore Karkheh rains occur more suddenly and irregularly while Dez has a more normal time series. As a result, Karkheh is more vulnerable to floods than Dez in terms of increased heavy rainfall. The results of using the Man – Kendal, and ITA test showed that Man – the Kendal test can only detect uniform trends in time series as the advantage ITA method is that in addition to uniform trends. It can detect hidden trends and internal in identify time series. For example, although the man – Kendal test did not show a specific trend for maximum rainfall at Khorramabad station, The ITA test detected hidden and non-uniform trends for this station.</p>

Cite this article: Hasanvand, Z., Yarahmadi, D., Mirhashemi, H. (2022). Analysis of the trend of time series changes in the maximum daily and annual rainfall of Karkheh and Dez catchment. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 11(32), 149-168. DOI: 10.22111/jneh.2022.38193.1788



© Dariush Yarahmadi

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

DOI: 10.22111/jneh.2022.38193.1788

* Corresponding Author Email: Yarahmadi.d@lu.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۱، شماره ۲۲، تابستان ۱۴۰۱

تحلیل روند تغییرات سری زمانی بیشینه بارش روزانه و سالانه حوضه آبریز کرخه و

دز

زیبا حسنوندا^۱، داریوش یاراحمدی^{۲*}، حمید میرهاشمی^۳

۱. دانشجوی دکترا آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان

۲. دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان (نویسنده مسئول)

۳. استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	بارش به‌عنوان مهم‌ترین مشخصه اقلیمی هر منطقه است. این مشخصه اقلیمی جز نوسانی‌ترین متغیرهای اقلیمی است که بر منابع آب منطقه به‌طور جدی تأثیرگذار است. این مسئله به‌ویژه در ایران با بارش متوسط بیش از ۲۵۰ میلی‌متر، اهمیت دارد. هدف این مطالعه تحلیل بارش‌های سنگین حوضه کرخه و دز با استفاده از روش‌های آماری است. بدین منظور از داده‌های بارشی ۱۴ ایستگاه سینوپتیکی و باران‌سنجی بازه زمانی ۶۰ ساله (۲۰۱۹ - ۱۹۵۹) استفاده شد. جهت نیل به اهداف پژوهش، ابتدا با استفاده از تابع توزیع احتمالاتی حد نهایی تیپ ۱ (گامبل)، آستانه بارش سنگین هر ایستگاه مشخص شد. آنگاه برای شناسایی روندهای یکنواخت و نایکنواخت موجود در سری زمانی بیشینه بارش‌های روزانه و مجموع بارش سالانه از روش گرافیکی ITA و آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده از آستانه‌های بارش سنگین مشخص شد. به‌طور متوسط بارش بیش از ۴۰/۷ میلی‌متر در حوضه کرخه و متوسط بارش بیش از ۴۷ میلی‌متر در حوضه دز به‌عنوان بارش سنگین محسوب می‌شوند. تعداد روزهای بارش سنگین حوضه کرخه متوسط ۱۱۸ روز و حوضه دز ۸۱ روز است. آستانه سیلاب‌خیزی حوضه کرخه کمتر از حوضه دز است. بنابراین بارش‌های کرخه ناگهانی‌تر و نامنظم‌تر رخ می‌دهد، درحالی بارش‌های حوضه دز از سری‌های زمانی به‌هنگام‌تری برخوردار است. در نتیجه حوضه کرخه از نظر افزایش بارش‌های سنگین منجر به سیلاب آسیب‌پذیرتر از حوضه دز است. نتایج حاصل از کاربرد آزمون من-کندال و ITA نشان داد آزمون من-کندال تنها قادر به شناسایی روندهای یکنواخت در سری‌های زمانی هستند، چنان‌که مزیت روش ITA این است علاوه بر روندهای یکنواخت، قادر است روندهای پنهان و داخلی را در سری‌های زمانی شناسایی کند. برای نمونه اگرچه آزمون من-کندال روند مشخصی برای بارش‌های بیشینه ایستگاه خرم‌آباد نشان نداد، ولی آزمون ITA روندهای پنهان و نایکنواخت این ایستگاه کشف و شناسایی کرد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۵	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۷	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۴	
واژه‌های کلیدی: بارش، روش ITA، آزمون من-کندال، کرخه و دز.	

استناد: حسنوندا، زیبا، یاراحمدی، داریوش، میرهاشمی، حمید. (۱۴۰۱). تحلیل روند تغییرات سری زمانی بیشینه بارش روزانه و سالانه حوضه آبریز

کرخه و دز. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۱(۳۲)، ۱۶۸-۱۴۹. DOI: 10.22111/jneh.2022.38193.1788



© زیبا حسنوندا، داریوش یاراحمدی*، حمید میرهاشمی.

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

مقدمه

دمای سطح جهان، باعث تغییر در پارامترهای اقلیمی مانند: بارش، تبخیر - تعرق شده است که این مهم به نوبه‌ی خود رژیم جریان رودخانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تغییرات اقلیمی در قرن بیست‌ویکم مهم‌ترین چالش پیش‌روی جوامع بشری است. براساس گزارش چهارم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، متوسط دمای جهانی در قرن بیستم در حدود ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است و این افزایش را برای قرن بیست‌ویکم در حدود ۱/۱ تا ۶/۴ درجه پیش‌بینی شد (هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم^۱، ۲۰۰۷).

از سویی، نمی‌توان پیش‌بینی‌های آینده را از نظر آماری غیرقابل تشخیص از گذشته دانست. اثرات اقلیمی فعلی به‌طور قابل توجهی بر متغیرهای هواشناسی مانند: دما، رطوبت، تبخیر و بارش تأثیرگذار است. به‌همین ترتیب، رویدادهای هیدرولوژیکی مانند خشکسالی، سیل و تخلیه جریان نیز تحت تأثیرات اقلیمی هستند.

روش‌های آماری مختلفی برای بررسی روند در سری‌های زمانی بارش وجود دارد که به دو دسته آمار پارامتری و غیرپارامتری تقسیم می‌شوند. ظهرابی و همکاران (۱۳۹۵)، به شناسایی روند تغییرات دما و بارش سالانه در حوضه کرخه با استفاده از آزمون‌های آماری من - کندال، اسپیرمن و تخمین‌گر سن پرداختند. نتایج آزمون‌های آماری برای سری‌های زمانی دما و بارش سالانه به‌ترتیب روند افزایشی و کاهش‌ی را با سطوح معنی‌داری بالا ۱ و ۵ درصد برای اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان دادند. باقرپور و همکاران (۱۳۹۶)، در بررسی کارایی آزمون من - کندال در شناسایی روند سری‌های زمانی دارای خود همبستگی به این نتیجه رسیدند، در برخی از ماه‌ها روند دبی معنی‌دار و کاهش‌ی و روند بارش افزایشی است. بررسی‌ها نشان داد روند نزولی دبی در نتیجه فعالیت‌های انسانی از جمله تغییر کاربری و تغییر پوشش گیاهی است. قصاب فیض و همکاران (۱۳۹۶)، به ارزیابی تغییرات بارش با روش من - کندال و رگرسیون خطی در استان خوزستان پرداختند. نتایج نشان داد باتوجه به اینکه همه ایستگاه‌ها دارای روند منفی یا مثبت هستند، فقط سه ایستگاه سوسن، سپید دشت سزار و ملاتانی روند معنی‌دار در سطح اطمینان ۵ درصد دارند. رضایی و همکاران (۱۳۹۷)، در تحلیل روند تغییرات بارش در شرق گیلان با استفاده از آزمون من - کندال پرداختند. نتایج حاصل از این روش نشان می‌دهد، نوسان‌های بارشی در این ایستگاه‌ها از روند ثابتی تبعیت نمی‌کند. به این صورت که در اکثر ماه‌ها تغییر مشاهده‌شده در جهت افزایش و روند مثبت بوده است. اما در فصل پاییز و زمستان هیچ‌گونه تغییر مهمی مشاهده نشده است. همچنین بالاترین روند تغییرات سالانه در جهت مثبت و در ایستگاه لاهیجان و سپس پارودبار به‌دست آمده است. بارانی و همکاران (۱۳۹۸)، به تحلیل روند سالانه پارامترهای اقلیمی دما و بارش در نواحی ده‌گانه زراعی - اکولوژیکی ایران از روش آماری ناپارامتریک من - کندال بهره گرفته شد. نتایج نشان داد برای کلیه ایستگاه‌های مورد بررسی، افزایش معنی‌دار میانگین متوسط دمای سالانه را نشان می‌دهد. با این حال روند خاصی برای وضعیت بارندگی مشاهده نشده است. افزایش در درجه حرارت به افزایش قابل توجه در میزان تبخیر - تعرق منجر خواهد شد. حسینی و همکاران (۱۳۹۹)، در بررسی نوسانات منطقه‌ای دما و بارش در جنوب-غرب آسیا با استفاده از آزمون ناپارامتری من - کندال، تخمین‌گر شیب سن و همچنین شیب خط رگرسیون به این نتیجه رسیدند به‌طورکلی در منطقه مورد مطالعه دما روند افزایش و بارش دارای روند کاهش‌ی است که در برخی ایستگاه‌ها و برخی سری‌ها این روند کاهش‌ی و افزایش معنی‌دار شده است. همچنین روند تغییرات بارش نیز شدیدتر

و مشخص تر از تغییرات دمایی است. رضایی و همکاران (۲۰۰۵)، روند تغییرات بارندگی در مناطق خشک و نیمه-خشک ایران با استفاده از آزمون من - کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از این است که بارندگی ایستگاه-های واقع در مناطق شمال غربی و شرق ایران اغلب از روند افزایشی و ایستگاه‌های واقع در مناطق جنوب شرقی و شمال شرقی روند کاهشی را داشته‌اند.

تجزیه و تحلیل روند ITA برای اولین بار توسط سن^۱ (۲۰۱۲) ارائه شده است. پژوهش‌هایی در این زمینه انجام شد از جمله مورات^۲ و همکاران (۲۰۱۵)، به بررسی بارش ماهانه ترکیه با استفاده از روند من - کندال و روند ITA پرداختند. نتایج نشان داد سامسون و ترابزون روند افزایشی قابل توجهی دارند. به علاوه استان‌های آنکارا، یوزگات و آدانا روند وجود ندارد. در حالی آنتالیا در ماه فوریه روند کاهشی قابل توجهی داشته است. الیوسی^۳ و همکاران (۲۰۱۶)، در این زمینه به تحلیل بارندگی در الجزایر و پیامدهای آن بر روی حوضه آبخیز مکتا با استفاده از روش ITA پرداخت. مشاهده شد که در منطقه شمالی ساحل مدیترانه در حوضه مکتا روند کاهشی است، در حالی که در جنوب روندها روبه افزایشی است. کالورو^۴ و همکاران (۲۰۱۸)، به تجزیه و تحلیل روند ناهنجاری‌های بارش در جنوب ایتالیا با استفاده از ITA پرداختند. نتایج حاکی از این است در مقیاس فصلی روند منفی به ویژه در زمستان و پاییز در کل منطقه مشاهده شده است. کالورو و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی روند بارشی فصلی و سالانه در کالابریا (جنوب ایتالیا) با استفاده از روش ITA پرداختند. این تجزیه و تحلیل بر روی پنج منطقه بارشی (RZS) انجام شده است. در نتیجه هر دو روش من - کندال و ITA روند منفی بارندگی سالانه در کل منطقه مورد مطالعه را اثبات می‌کند. در مقیاس فصلی گرایش منفی در پاییز و زمستان تأیید شده است. میرمردی (۱۳۹۹)، به تحلیل بارش‌های سنگین استان لرستان با استفاده از روش‌های آماری - سینوپتیکی پرداخت. از روند گرافیکی ITA و آزمون من - کندال برای تغییرات بیشینه بارش‌های روزانه و مجموع سالانه هر ایستگاه استفاده کرد. به این نتیجه رسید ایستگاه‌های استان روندهای متفاوتی (صعودی، نزولی، بدون روند) را نشان می‌دهد. به علت تغییرپذیری زیاد مکانی و زمانی بارش در مناطق مختلف آب و هوایی، تعیین جهت این تغییرات در بخش‌های مختلف می‌تواند در آینده در تصمیم‌گیری برای مدیریت آب و تخصیص آن به جنبه‌های مختلف کاربری نقش مهمی داشته باشد. در بیشتر پژوهش‌های انجام شده در مورد بارش سنگین برای تعیین آستانه بارش‌ها از آستانه صدک‌ها، آستانه گامبل و روش‌های آماری پارامتریک چون رگرسیون خطی به کار گرفته شده است. در این پژوهش از تابع توزیع احتمالاتی حد نهایی تیپ ۱ (گامبل) و برای بررسی روندها از آزمون روند گرافیکی ITA و من - کندال استفاده شد که علاوه بر اینکه روندهای آشکار را شناسایی می‌کند، قادر است روندهای پنهان سری زمانی را نیز مشخص کند. حوضه‌های کرخه و دز از حوضه‌های پر سیلاب کشور هستند و تعداد زیادی رخداد سیلاب در این حوضه‌ها مشاهده و ثبت شده است. باتوجه به خسارت‌های اقتصادی و همچنین در موارد متعدد تلفات جانی همراه با این مخاطره در مناطق این حوضه‌ها، انگیزه لازم برای انجام این پژوهش ایجاد شد.

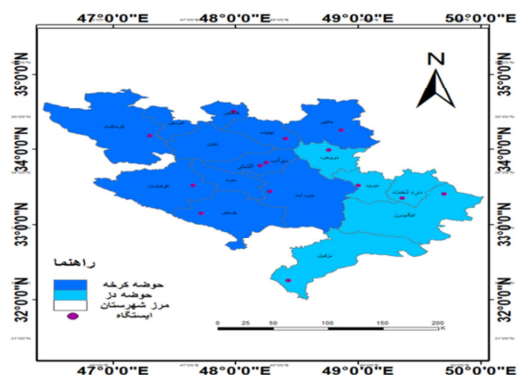
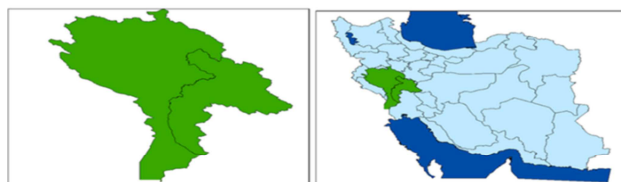
1. Sen
2. murat
3. Elouissi
4. Caloiero

داده و روش

ویژگی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه کرخه در غرب کشور و در مناطق میانی و جنوب غربی رشته کوه‌های زاگرس قرار دارد. این حوضه از شمال به حوضه رودخانه‌های سیروان، سفیدرود و قره چای، از غرب به حوضه‌های رودخانه‌های مرزی ایران و عراق، از مشرق به حوضه رودخانه دز و از جنوب به قسمتی از مرز غربی کشور محدود می‌شود. این حوضه آبریز از نظر مختصات جغرافیایی بین ۴۶ درجه و ۶ دقیقه تا ۴۹ درجه تا ۱۰ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی قرار گرفت. مساحت این حوضه برابر ۵۱۶۴۳ کیلومتر مربع است که حدود ۵۵/۵ درصد آن در مناطق کوهستانی و حدود ۴۴/۵ درصد آن را دشت‌ها و کوهپایه‌ها تشکیل می‌دهد. مناطق کوهستانی این حوضه در بخش‌های شرقی و میانی متمرکز هستند و دشت‌ها که عموماً در بخش‌های شمالی و جنوبی قرار دارند حدود ۴۷ درصد از وسعت کل حوضه را می‌پوشانند. از شهرهای مهم داخل این حوضه می‌توان ملایر، نهاوند، تویسرکان، کنگاور، کامیاران، کرمانشاه، خرم‌آباد و سوسنگرد را نام برد (سالنامه آماری آب کشور، ۱۳۹۱).

حوضه آبریز دز واقع در جنوب غربی کشور از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. رودخانه دز یکی از اصلی‌ترین شاخه‌های رودخانه کارون بزرگ است و آب‌های مناطقی از استان لرستان (شهرستان‌های الیگودرز، بروجرد، خرم‌آباد)، شهرستان فریدون‌شهر اصفهان و دزفول استان خوزستان را تا محل الحاق به رودخانه کارون دربرمی‌گیرد. رودخانه اصلی این ناحیه از دو شاخه عمده و چند شاخه کوچک دیگر تشکیل می‌شود. آب بختیاری یا آب زالکی و رود سزار، شاخه‌های بزرگ رود دز را به‌وجود آورده‌اند. این رودخانه شعبات فرعی زیادی را در دو حوضه آبریز تیره و ماربره دارد. بیشترین مساحت آن در استان لرستان و سپس در استان خوزستان واقع شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه حوضه آبریز کرخه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی بر حسب درجه	عرض جغرافیایی بر حسب درجه	نام حوضه	ارتفاع (متر)
نهادند	۴۸/۴۱	۳۴/۱۴	کرخه	۱۶۷۷/۸
ملایر	۴۸/۸۶	۳۴/۲۵	کرخه	۱۷۷۶/۵
کوهدشت	۴۷/۶۵	۳۳/۵۲	کرخه	۱۱۹۷/۸
کنگاور	۴۷/۹۸	۳۴/۵	کرخه	۱۴۶۸
کرمانشاه	۴۷/۱۵	۳۴/۳۵	کرخه	۱۳۱۸/۵
دو آب (الشتر)	۴۸/۱۲	۳۳/۴۶	کرخه	۱۵۳۰
الشتر	۴۸/۲۵	۳۳/۸۲	کرخه	۱۵۶۷/۱
خرم‌آباد	۴۸/۲۸	۳۳/۴۴	کرخه	۱۱۴۷/۸
پلدختر	۷۲	۳۳/۱۵	کرخه	۷۱۳/۵

جدول ۲: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه حوضه آبریز دز

نام ایستگاه	طول جغرافیایی بر حسب درجه	عرض جغرافیایی بر حسب درجه	نام حوضه	ارتفاع (متر)
دره تخت	۴۹/۲۲	۳۳/۱۲	دز	۱۸۹۰
صفی‌آباد (دزفول)	۴۸/۴۳	۳۲/۲۵	دز	۸۲/۹
الیگودرز	۴۹/۷	۳۳/۴۱	دز	۲۰۲۲/۱
دورود	۴۹	۳۳/۵۲	دز	۱۵۲۲/۳
بروجرد	۴۸/۷۶	۳۳/۹۹	دز	۱۶۲۹

روش پژوهش

برای انجام این پژوهش، نخست ضرورت دارد تا آستانه بارش سنگین بر پایه خصوصیت‌های بارشی منطقه مورد مطالعه مشخص شود. تاکنون روش‌های زیادی برای تعیین آستانه بارش سنگین ارائه شده که شاخص پایه صدک به‌عنوان یکی از پرکاربردترین و سودمندترین این شگردها محسوب می‌شود که از منظر آماری نیز از پشتوانه مناسبی برخوردار است. به این ترتیب با اجتناب از یک آستانه کلی و ضمن توجه به سری زمانی بارش هر ایستگاه، آستانه بارش سنگین به‌صورت محلی برای هر ایستگاه محاسبه شد که این آستانه تا حد زیادی مبتنی بر خصوصیت‌های اقلیم‌شناختی منطقه مورد مطالعه است.

گفتنی است که برای تعریف بارش سنگین باید هم به فرکانس و هم به شدت آن توجه کرد، چراکه برحسب تعریف هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، با در نظرگیری فرکانس و شدت بارش می‌توان به‌طور مناسبی سختی بارش را بیان کرد. بنابراین بارش‌های سنگین با فرکانس بسیار پایین و یا بارش‌های با شدت کم، هیچ‌کدام دقیقاً نمی‌توانند بازتاب‌دهنده سختی بارش سنگین براساس یک‌سری زمانی بلندمدت باشند.

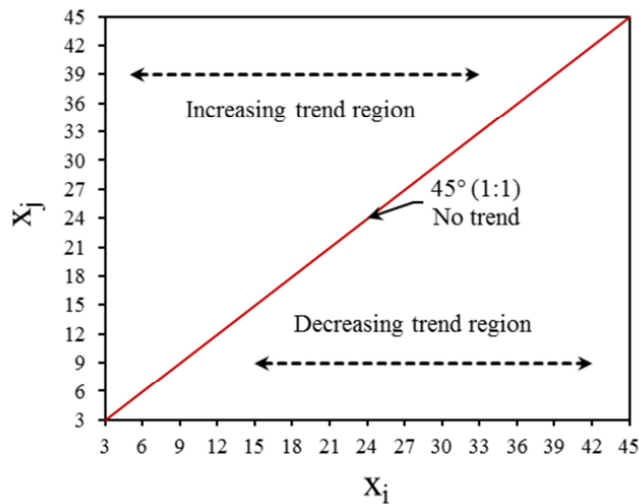
بنابراین، در این مطالعه با استفاده از روش تیپ نهایی حد ۱ (گامبل)، آستانه بارش سنگین با در نظرگیری فرکانس و شدت بارش تعریف عملیاتی شد. سپس با کاربرد آزمون روند گرافیکی ITA و من - کندال، روند تغییرات بیشینه بارش‌های روزانه و مجموع سالانه هر ایستگاه محاسبه خواهد شد.

در خصوص تحلیل روند، روش‌های پارامتریک شامل رگرسیون خطی و روش‌های ناپارامتریک همچون آزمون من - کندال، تخمین‌گر شیب سن و آزمون رو اسپیرمن وجود دارند که در پژوهش‌های متعددی برای پیگیری روند تغییرات سری‌های زمانی استفاده شده‌اند. با این وجود، استفاده از روش‌های یادشده همراه محدودیت است. چنان‌که کاربرد روش‌های پارامتریک مستلزم این است که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار بوده و فاقد همبستگی سریالی باشند. همچنین روش‌های ناپارامتریک همچون من - کندال، علاوه بر محدودیت نسبت به تصادفی‌بودن سری زمانی، تنها قادر به شناسایی روندهای یکنواخت در سری‌های زمانی هستند. در صورتی که برای درک بهتر روند تغییرات سری‌های زمانی و مدیریت بهینه مبتنی بر آن، ضرورت دارد تا افزون بر شناسایی روندهای نایکنواخت در سری‌های زمانی تجلی پیدا می‌کنند نیز شناسایی شوند. در این خصوص، به‌تازگی روش ITA توسط سن ارائه شده که برای سری‌های زمانی گوناگون به‌طور موفقیت‌آمیزی به‌کار رفته است. این روش به رغم سادگی، نیاز به هیچ‌گونه پیش-فرضی نداشته و از قابلیت بیشتری نسبت به روش‌های یادشده برخوردار است. چنان‌که این روش قادر است علاوه بر روندهای یکنواخت، روندهای پنهان و روندهای داخلی را در سری‌های زمانی شناسایی کند. بنابراین، در این مطالعه برای شناسایی روندهای یکنواخت و نایکنواخت موجود در بیشینه بارش‌های روزانه و مجموع سالانه حوضه‌های آبریز کرخه و دز از روش ITA استفاده شد. اجرای این روش به‌ترتیب ذیل انجام شد.

نخست سری زمانی داده‌های سالانه و ماهانه (n)، به دو زیر سری برابر شامل X_i و x_j تقسیم شد (رابطه ۱)، آنگاه این دو سری زمانی به‌صورت صعودی مرتب شدند.

$$X_i : i = (1, 2, \dots, \frac{n}{2}) \quad x_j : j = (\frac{n}{2} + 1, \frac{n}{2} + 2, \dots, n) \quad (1)$$

در گام بعدی، این دو زیر سری در یک دستگاه مختصات کارتزین به‌صورت X_i بر محور x و x_j بر محور y نگاشته شدند. اگر این دو زیر سری برابر باشند، آنگاه پراکندگی نقاط در امتداد یک خط 45° تجمع پیدا می‌کنند که این عدم روند را در سری زمانی نشان می‌دهد. اگر نقاط در بالای (زیر) خط 45° متمرکز شوند، نشان از روند افزایشی (کاهشی) سری زمانی دارد. در صورتی که نقاط هم در بالا و هم در زیر خط 45° واقع شوند، آنگاه مشخص می‌شود که روند تغییر سری زمانی یکنواخت نیست و ترکیبی از روندهای مختلف در سری زمانی وجود دارد (سن، ۲۰۱۲). در این صورت، داده‌های سری زمانی در چندین گروه مختلف توزیع شده‌اند. انتخاب کمی مرزهای این گروه‌ها، تجسم بهینه‌ای در مورد نوع روندها فراهم می‌کند.



شکل ۲: تشریح گرافیکی روش ITA منبع: میرمریدی، ۱۳۹۹

بحث و نتایج

در مقیاس جهانی، بارش سنگین به‌عنوان مهم‌ترین عامل پیدایش سیلاب‌ها به‌شمار می‌رود. در این مطالعه جهت نیل به اهداف پژوهش با استفاده از پایه صدک‌های ۹۹ و ۹۵ ام و روش‌های مبتنی به توزیع احتمالاتی حد نهایی تیپ ۱ (گامبل) به شرح زیر برای تعیین آستانه بارش سنگین ایستگاه‌های حوضه کرخه و دز به کار رفته است.

جدول ۳: فراوانی و رخداد بارش‌های حوضه آبریز کرخه براساس آستانه صدکی

ایستگاه	صدک ۹۵	تعداد روزهای بالای صدک	صدک ۹۹	تعداد روزهای بالای صدک	تعداد روزهای بالای ۳۰ (mm)	تعداد روزهای بالاتر از میانگین و انحراف معیار
خرم‌آباد	۲۹	۱۶۱	۴۶	۳۲	۱۴۹	۴۳۲
کرمانشاه	۲۳	۶۲	۳۹	۱۱	۳۳	۱۵۴
نهادند	۲۳	۵۹	۴۰	۱۳	۲۹	۱۲۰
کوه‌دشت	۲۶	۴۵	۴۲	۸	۳۳	۱۱۹
پلدختر	۳۳	۴۰	۶۶	۸	۵۳	۹۴
دو آب	۳۲	۱۱۲	۵۲	۲۱	۱۴۹	۲۸۴
الشر	۳۱	۳۹	۴۷	۷	۴۱	۹۳
کنگاور	۲۰	۵۸	۳۵	۱۱	۲۴	۱۳۹
ملایر	۱۹	۵۲	۳۴	۱۰	۱۶	۱۰۹

جدول ۴: فراوانی و رخداد بارش‌های حوضه آبریز دز براساس آستانه صدکی

ایستگاه	صدک ۹۵	تعداد روزهای بالای صدک	صدک ۹۹	تعداد روزهای بالای صدک	تعداد روزهای بالایی ۳۰ (mm)	تعداد روزهای بالاتر از میانگین و انحراف معیار
بروجرد	۳۱	۷۲	۴۸	۱۴	۷۴	۱۷۴
دورود	۳۹	۵۱	۷۱	۱۰	۱۰۰	۱۳۱
دره تخت	۴۲	۱۲۷	۶۹	۲۵	۲۷۷	۳۱۱
الیگودرز	۲۹	۷۶	۴۶	۱۴	۶۹	۱۹۵
دزفول	۳۱	۳۴	۴۹	۸	۳۷	۸۱

شاخص گامبل

در ادامه با استخراج بیشینه بارش روزانه هر سال، تابع توزیع احتمالاتی $F(X)$ ، متغیر کوچک‌شده (U) ، پارامتر مکان (a) و پارامتر زمان (b) تابع توزیع گامبل بارش روزانه ۱۴ ایستگاه حوضه کرخه و دز محاسبه شد جدول (۸)، (۹). سپس مقادیر بیشینه بارش روزانه طی دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ محاسبه شد جدول (۵)، (۶)، (۷).

جدول ۵: شاخص بیشینه بارش برای دوره‌های بازگشت ۲ تا ۱۰۰ ساله

دوره بازگشت (T)	۲ ساله	۵ ساله	۱۰ ساله	۱۵ ساله	۲۰ ساله	۲۵ ساله	۵۰ ساله	۱۰۰ ساله
فراوانی تابع تجربی $F(X)$	۰/۵	۰/۸	۰/۹	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۹
متغیر کوچک‌شده (U)	۰/۳۶	۱/۵	۲/۲۵	۲/۶۷	۲/۹۸	۳/۱	۳/۹	۴/۶

جدول ۶: شاخص بیشینه بارش روزانه برای دوره‌های بازگشت ۲ تا ۱۰۰ ساله حوضه آبریز کرخه

دوره بازگشت (T)	۲ ساله	۵ ساله	۱۰ ساله	۱۵ ساله	۲۰ ساله	۲۵ ساله	۵۰ ساله	۱۰۰ ساله
خرم‌آباد	۴۲/۷	۵۷/۴۳	۶۷/۱۷	۷۲/۶۷	۷۶/۵۲	۷۹/۴۸	۸۸/۶۱	۹۷/۶۷
کرمانشاه	۳۴/۰۸	۴۳/۶۷	۵۰/۰۳	۵۳/۶۲	۵۶/۱۳	۵۸/۰۶	۶۴/۰۱	۶۹/۹۳
نهایند	۳۴/۲۷	۵۸/۷۷	۷۴/۹۹	۸۴/۱۴	۹۰/۵۵	۹۵/۴۸	۱۱۰/۶	۱۲۵/۷
کوه‌دشت	۶۳/۴۳	۴۵/۸۳	۵۲/۰۵	۵۵/۵۶	۵۸/۰۲	۵۹/۵۹۱	۶۵/۷۵	۷۱/۵۴
پلدختر	۵۰/۳۶	۸۱/۲۶	۱۰۱/۷۲	۱۱۳/۲۶	۱۲۱/۳۴	۱۲۷/۵۶	۱۴۶/۷۴	۱۶۵/۷۷
دو آب	۴۴/۴۹	۵۷/۱۰	۶۵/۴۵	۷۰/۱۶	۷۳/۵۴	۷۵/۹۹	۸۳/۸۲	۹۱/۵۸
الشتر	۴۵/۹	۶۶/۶۶	۸۰/۳۸	۸۸/۱۲	۹۳/۵۳	۹۷/۷۱	۱۱۰/۵	۱۲۳/۳
کنگاور	۲۹/۸	۴۴/۱۸	۵۳/۷	۵۹/۰۷	۶۲/۸۳	۶۵/۷۳	۷۴/۶۵	۸۳/۵۱
ملایر	۲۷/۵	۴۰/۲	۴۸/۶	۵۳/۴	۵۶/۷	۵۹/۳	۶۷/۲	۷۵

جدول ۷: شاخص بیشینه بارش روزانه برای دوره‌های بازگشت ۲ تا ۱۰۰ ساله حوضه آبریز دز

دوره بازگشت (T)	۲ ساله	۵ ساله	۱۰ ساله	۱۵ ساله	۲۰ ساله	۲۵ ساله	۵۰ ساله	۱۰۰ ساله
بروجرد	۳۴/۳۳	۴۸/۰۱	۵۸/۰۸	۶۲/۱۹	۶۵/۷۷	۶۸/۵۲	۷۷/۰۲	۸۵/۴۵
دورود	۶۰/۴۸	۸۰/۰۱	۹۲/۹۴	۱۰۰/۲	۱۰۵/۳	۱۰۹/۲	۱۲۱/۴	۱۳۳/۴
دره تخت	۵۸/۳۰	۷۵/۹۰	۸۷/۵۵	۹۴/۱۳	۹۸/۷۳	۱۰۲/۲۸	۱۱۳/۳۰	۱۲۴/۰۴
الیگودرز	۳۹/۲۹	۴۹/۹۵	۷۵/۰۲	۶۱	۶۳/۷۹	۶۵/۹۴	۷۲/۵۶	۷۹/۱۳
دزفول	۳۵/۴	۵۰/۶۸	۶۰/۷۶	۶۶/۴۸	۷۰/۴۷	۷۳/۵۴	۸۳/۰۱	۹۲/۴۱

جدول ۸: شاخص‌های بارش سنگین و تعداد رخداد آن‌ها در ایستگاه‌های حوضه آبریز کرخه

ایستگاه	شاخص بارش سنگین	تعداد روزهای بارش سنگین
خرم‌آباد	۴۵	۲۵
کرمانشاه	۳۵	۱۲
نهادند	۳۸	۱۰
کوه‌دشت	۳۸	۱۱
پلدختر	۵۵	۹
دوآب (سراب صیدعلی)	۴۶	۲۵
الشتر	۴۹	۵
کنگاور	۳۲	۱۱
ملایر	۲۹	۱۰
متوسط حوضه کرخه	۴۰/۷	۱۱۸

جدول ۹: شاخص‌های بارش سنگین و تعداد رخداد آن‌ها در ایستگاه‌های حوضه آبریز دز

ایستگاه	شاخص بارش سنگین	تعداد روزهای بارش سنگین
بروجرد	۳۶	۲۳
دورود	۶۳	۷
دره تخت	۶۱	۲۴
الیگودرز	۴۱	۱۶
دزفول	۳۸	۱۱
متوسط حوضه دز	۴۷/۸	۸۱

تحلیل روند

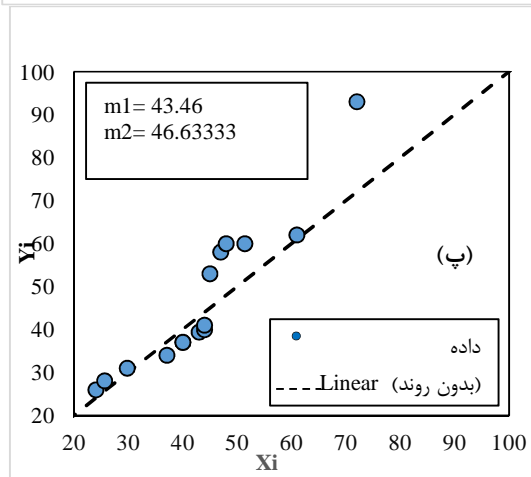
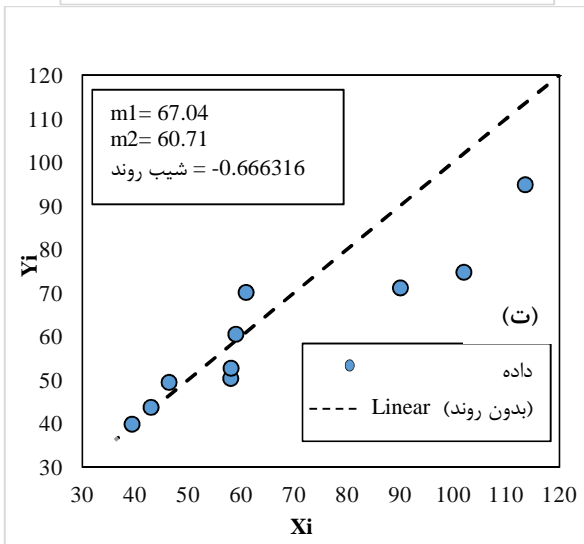
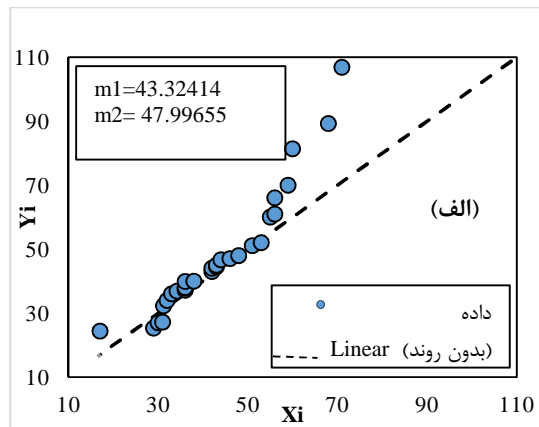
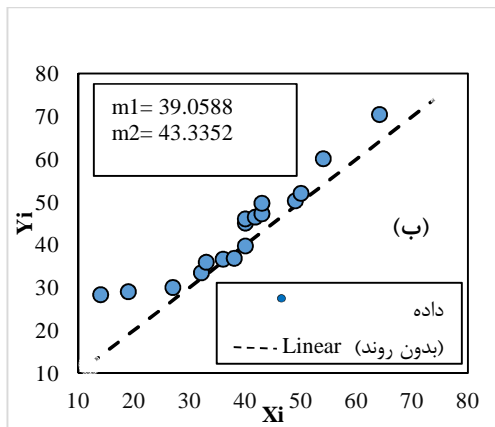
به منظور شناسایی روند تغییرات در سری زمانی دو حوضه کرخه و دز از روش ITA و آزمون ناپارامتریک من-کندال استفاده شد. نتایج حاصل از تغییرات بارشی در دو مقیاس زمانی بیشینه بارش‌های روزانه و مجموع بارش‌های سالانه به شرح زیر است:

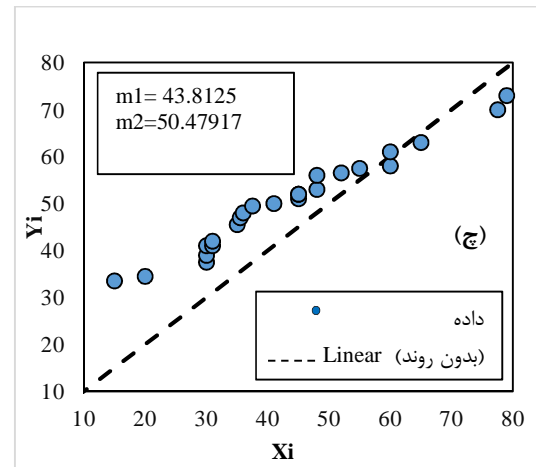
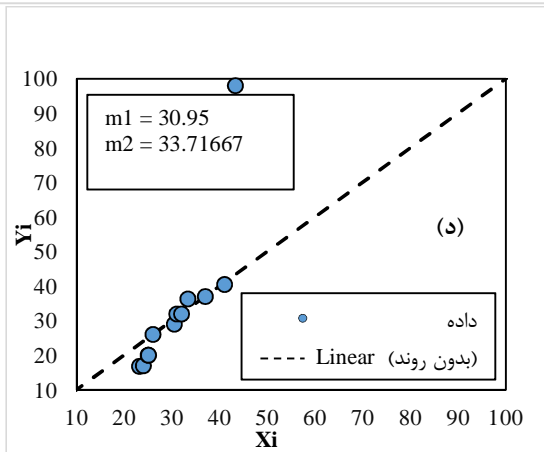
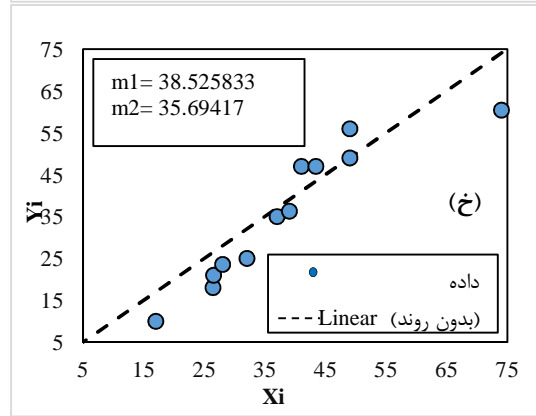
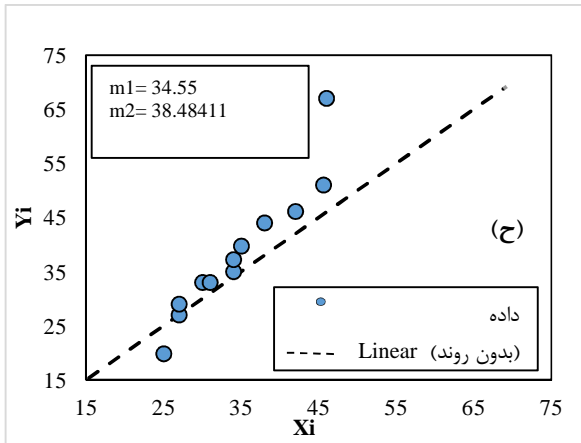
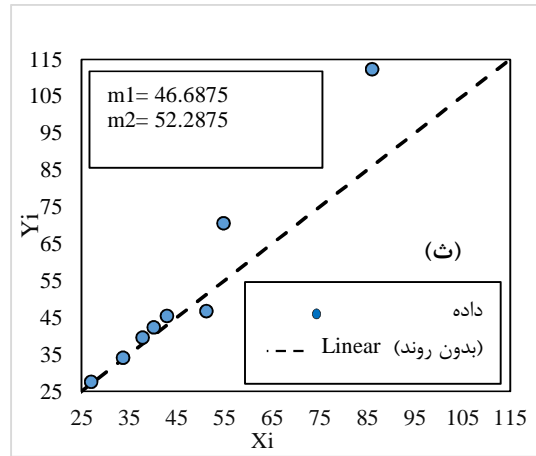
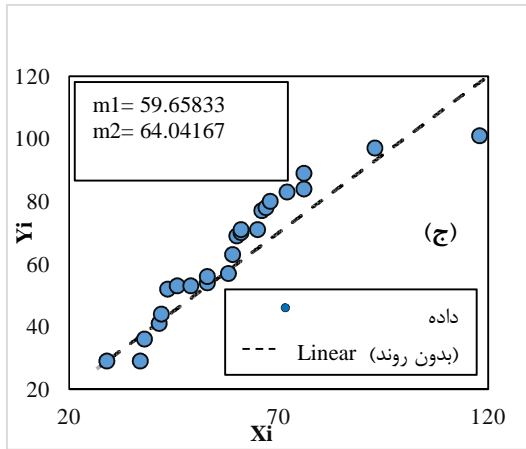
الف) بررسی روند بیشینه بارش‌های روزانه ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از ITA

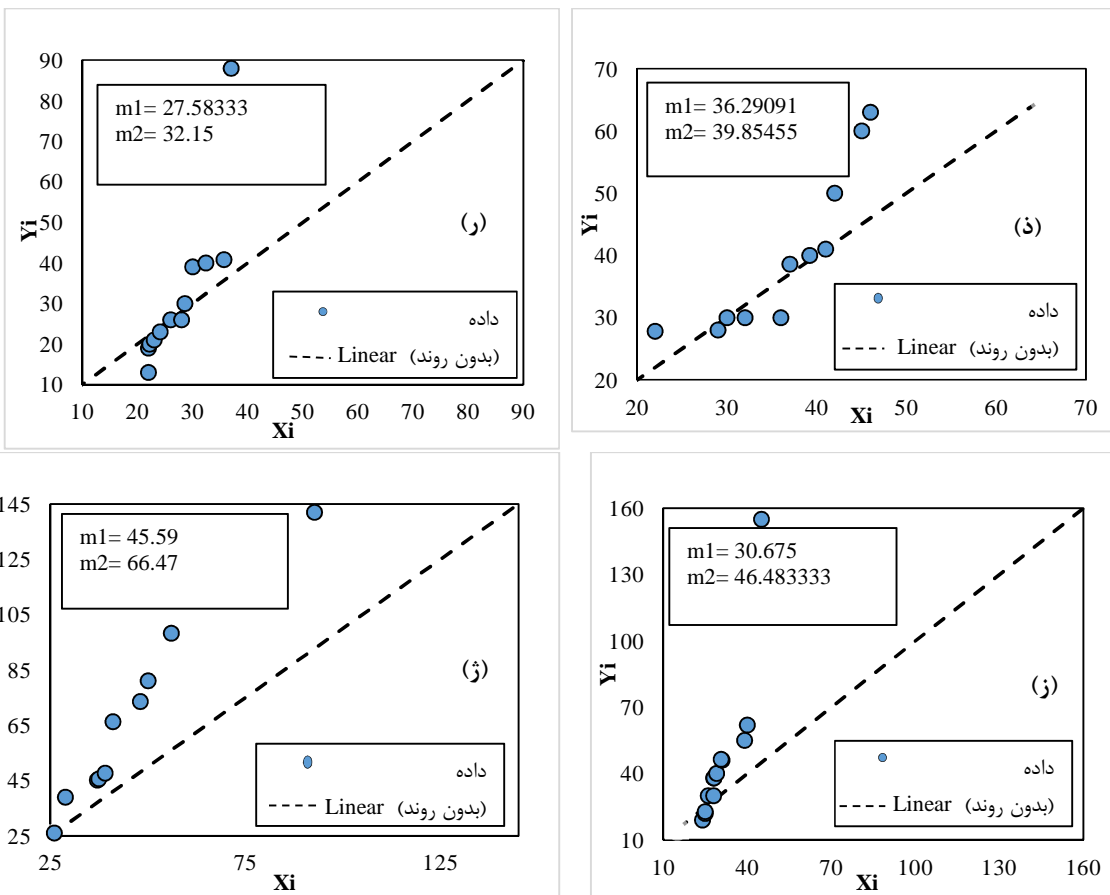
براساس بررسی‌های صورت گرفته، روند تغییرات بیشینه بارش روزانه ایستگاه خرم‌آباد بارش‌های بین ۵۵ - ۱۰ میلی-متر بدون روند است. اما از ۷۵ - ۵۵ میلی‌متر روند افزایشی را دنبال می‌کند. این بدین معنی است که روند بارشی این ایستگاه نایکنواخت است. از طرفی آستانه بارشی خرم‌آباد براساس شاخص گامبل $45/3$ میلی‌متر است، این مقدار بر روی نمودار بدون روند است. مقدار شیب روند $0/158$ است. چنین خصوصیت‌هایی حاکی از وجود روندهای داخلی و یا به عبارتی روند نایکنواخت در سری زمانی بیشینه بارش روزانه ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد است. بارش‌ها با دوره بازگشت ۲ ساله بدون روند است؛ اما برای دوره بازگشت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ سال روند افزایش پیدا می‌کند شکل (۳-الف). بررسی‌های صورت گرفته برای ایستگاه الیگودرز نشان می‌دهد بیشینه بارشی از ۳۰ - ۱۰ میلی-متر روند افزایشی جزئی را نشان می‌دهد. از ۵۵ - ۳۰ میلی‌متر بدون روند است. از ۷۰ - ۵۵ میلی‌متر روند افزایشی

است. مقدار شیب در این ایستگاه ۰/۲۵۱۵ محاسبه شده است. آستانه بارشی براساس شاخص گامبل ۴۱/۱ میلی‌متر است این مقدار بدون روند است شکل (۳-ب). در بررسی روند ایستگاه بروجرد مشاهده شد بیشینه بارشی این ایستگاه ۳۵ - ۲۰ میلی‌متر بدون روند، ۴۷ - ۳۵ میلی‌متر روند کاهشی و بارش ۵۹ - ۴۷ میلی‌متر روند افزایشی دارد. آستانه بارشی این ایستگاه ۳۶/۷۶ میلی‌متر است که این مقدار روند کاهشی دارد. مقدار شیب در این ایستگاه ۰/۲۱۸۸ درصد است. برای دوره بازگشت ۲ ساله بدون روند و برای دوره بازگشت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله روند افزایشی است شکل (۳-پ). تغییرات بیشینه بارشی ایستگاه دورود نشان می‌دهد. بارش بین ۴۰ - ۳۰ میلی‌متر روند خاصی در این ایستگاه مشاهده نشده، بارش‌های ۶۱ - ۵۷ میلی‌متر روند کاهشی را طی می‌کند. بارش‌های ۶۵ - ۶۱ میلی‌متر روند افزایشی و بارش‌های ۱۱۵ - ۶۱ میلی‌متر روند آن کاهشی است. می‌توان نتیجه گرفت بارش‌های با مقادیر بالا روند کاهشی را دارند. مقدار شیب این ایستگاه ۰/۶۶۶ درصد محاسبه شده است. دوره بازگشت ۲، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ ساله روند کاهشی را نشان می‌دهند شکل (۳-ت). در بررسی تغییرات بیشینه بارشی ایستگاه الشتر، بارش‌های ۴۷ - ۲۵ میلی‌متر بدون روند، بارش‌های ۵۴ - ۴۷ میلی‌متر روند کاهشی، بارش‌های بیش از ۵۵ میلی‌متر روند افزایشی را نشان می‌دهد. آستانه بارش سنگین در این ایستگاه بدون روند است. مقدار شیب آن برابر ۰/۶۵۸ درصد بررسی شد. به جز دوره بازگشت ۲ ساله بدون روند است، بقیه دوره‌ها روند افزایشی را طی می‌کنند شکل (۳-ث). در بررسی تغییرات بیشینه بارش ایستگاه دره تخت حاکی از آن است بارش بین ۳۰ - ۲۰ میلی‌متر بدون روند، بارش‌های ۴۰ - ۳۰ میلی‌متر روند کاهشی، بارش‌های ۶۰ - ۴۰ میلی‌متر بدون روند و بارش‌های ۶۰ میلی‌متر به بالا روند افزایشی را دارند. شیب روند ۰/۱۷۵ درصد است. آستانه بارش سنگین و دوره بازگشت ۲ ساله بدون روند است شکل (۳-ج). بررسی‌های به‌دست‌آمده از ایستگاه دوآب (سراب صیدعلی) نشان داد، بارش‌های ۵۵ - ۱۰ میلی‌متر روند افزایشی، بارش‌های ۷۰ - ۵۵ میلی‌متر بدون روند، بارش بیش از ۸۰ میلی‌متر روند آن کاهشی است. مقدار شیب آن ۰/۲۶۶ درصد محاسبه شد. آستانه بارش سنگین و دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۱۵ ساله روند افزایشی است. دوره‌های بازگشت ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله روند کاهشی را نشان می‌دهد شکل (۳-چ). براساس بررسی‌های صورت‌گرفته ایستگاه دزفول، مشاهده شد بارش ۳۴ - ۱۵ میلی‌متر روند آن کاهشی، ۴۰ - ۳۵ بدون روند و ۵۰ - ۴۰ میلی‌متر روند افزایشی است. مقدار آستانه بارش سنگین ایستگاه نیز بدون روند را طی می‌کند. مقدار شیب این ایستگاه ۰/۲۱۷۸ درصد محاسبه شده است. به جز دوره بازگشت ۲ ساله، بقیه دوره‌های بازگشت روند افزایشی را نشان می‌دهند شکل (۳-خ). نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل نمودار گرافیکی ITA تغییرات بارش روزانه ایستگاه کرمانشاه حاکی از این است که بارش ۲۵ میلی‌متر روند کاهشی و بارش بیش از این مقدار روند افزایشی دارد. مقدار شیب به‌دست‌آمده این ایستگاه ۰/۳۱۴۷ درصد است. همه دوره‌های بازگشت روند افزایشی دارند شکل (۳-ح). بررسی‌ها نشان داد ایستگاه کنگاور بارش‌های ۲۵ - ۲۰ میلی‌متر روند کاهشی، ۴۵ - ۲۵ میلی‌متر بدون روند، بارش ۴۷ میلی‌متر به بالا روند افزایشی است. شیب این ایستگاه ۰/۲۲۱۳ است. آستانه بارش سنگین و دوره‌های بازگشت ۲ و ۵ ساله بدون روند است. ولی دوره‌های بازگشت ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله روند افزایشی دارد شکل (۳-د). آنچه از بررسی تغییرات بیشینه بارشی ایستگاه کوه‌دشت نشان می‌دهد، روندهای متفاوتی برای این ایستگاه وجود دارد. مقدار بارش ۲۲ - ۲۰ میلی‌متر روند افزایشی، ۳۴ - ۲۹ میلی‌متر بدون روند، ۴۰ - ۳۷ میلی‌متر روند کاهشی، ۴۴ - ۳۷ نیز بدون روند و از ۴۷ میلی‌متر روند افزایشی دارد. میزان شیب این ایستگاه ۰/۳۳۹۳

درصد را نشان می‌دهد. آستانه بارش سنگین این ایستگاه بدون روند است شکل (۳-د). نتایج حاصل از بررسی بیشینه بارش ایستگاه ملایر نشان داد، در ابتدا بارش‌های بین ۲۰ - ۳۵ میلی‌متر روند خاصی ندارند، سپس روند افزایشی می‌شود. شیب این ایستگاه ۰/۳۶۵۳ را مشخص می‌کند. آستانه بارش سنگین و دوره بازگشت ۲ ساله بدون روند است شکل (۳-ر). در تحلیل روند ایستگاه نهاوند مشخص شد، ابتدا این ایستگاه بدون روند و سپس روند افزایشی را طی می‌کند. آستانه بارش سنگین این ایستگاه نیز روند افزایشی و مثبت را نشان می‌دهد شکل (۳-ز). در بررسی تغییرات بیشینه روزانه ایستگاه پلدختر نشان داد بارش‌های این ایستگاه، آستانه بارش سنگین و دوره‌های بازگشت روند افزایشی دارند. مقدار شیب آن هم ۱/۹۸ درصد بیشترین مقدار شیب در میان سایر ایستگاه را دارد شکل (۳-ژ).





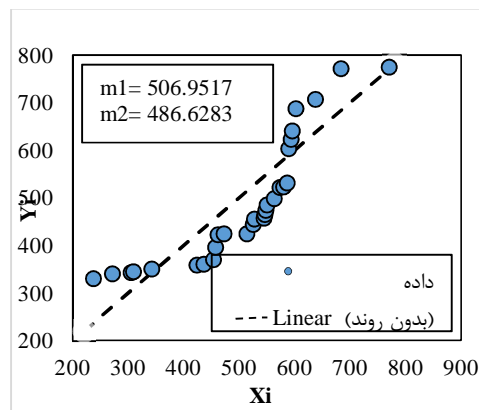
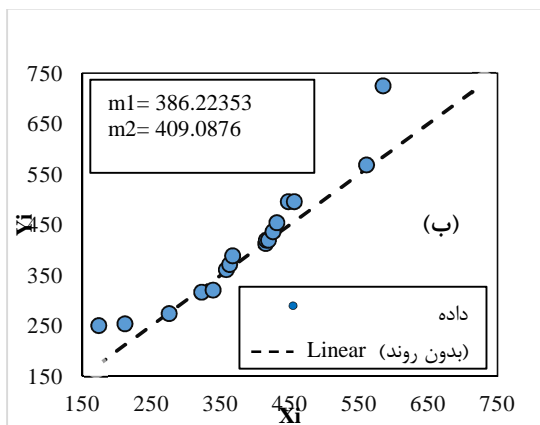


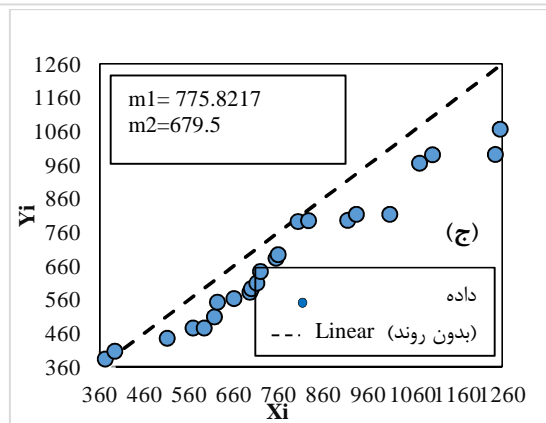
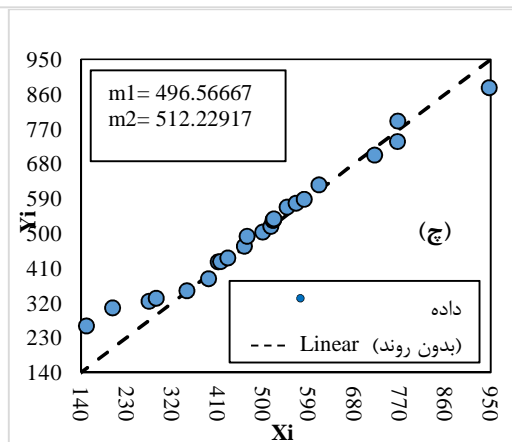
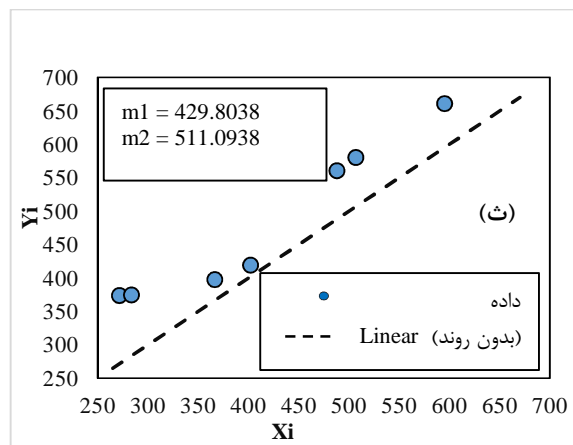
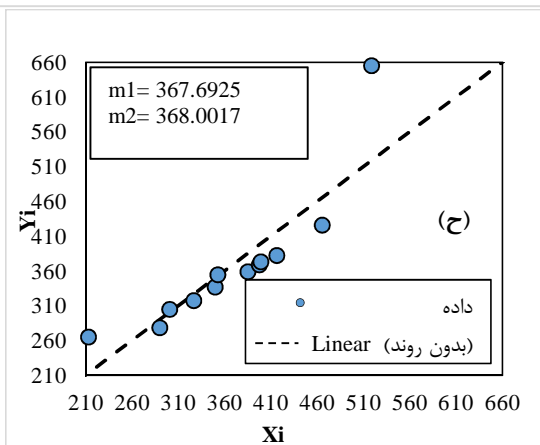
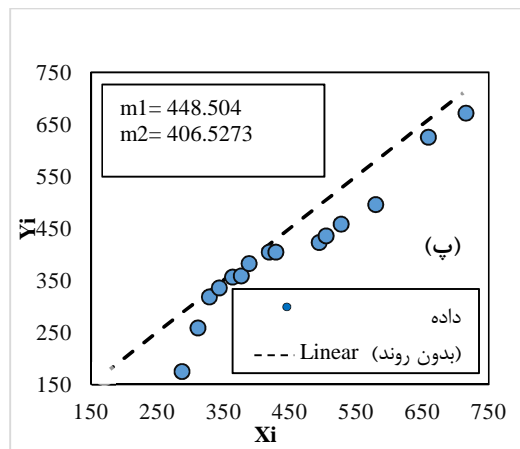
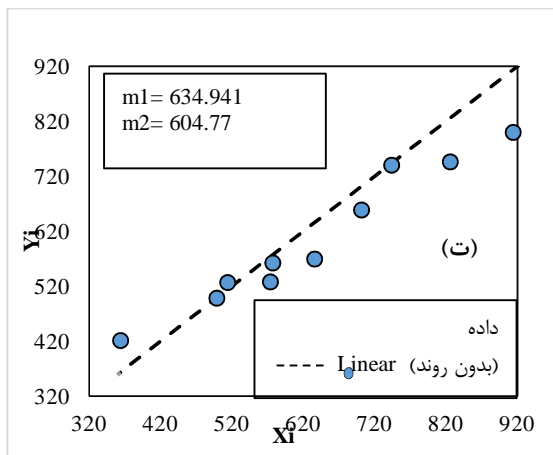
شکل ۳: روند ITA بیشینه بارش روزانه الف) ایستگاه خرم‌آباد ب) ایستگاه الیگودرز پ) ایستگاه بروجرد ت) ایستگاه دورود ث) ایستگاه الشتر ج) ایستگاه دره تخت چ) ایستگاه دوآب خ) ایستگاه دزفول ح) ایستگاه کرمانشاه د) ایستگاه کنگاور ذ) ایستگاه کوه‌دشت ر) ایستگاه ملایر ز) ایستگاه نهاوند ژ) ایستگاه پلدختر

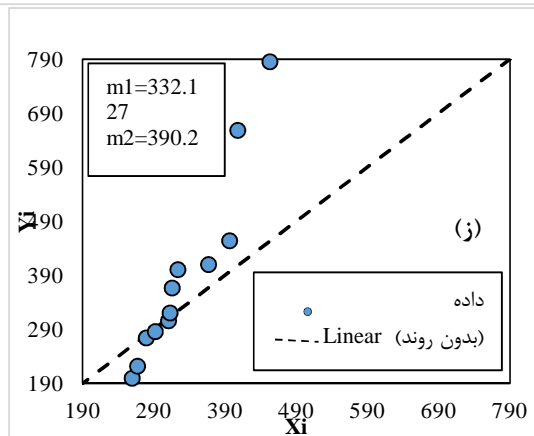
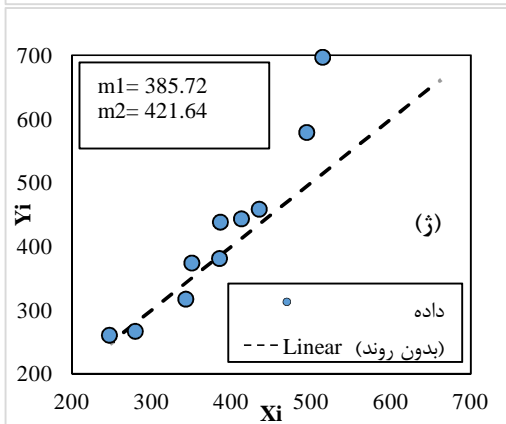
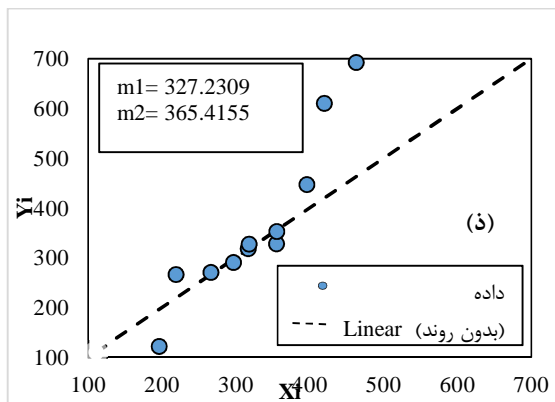
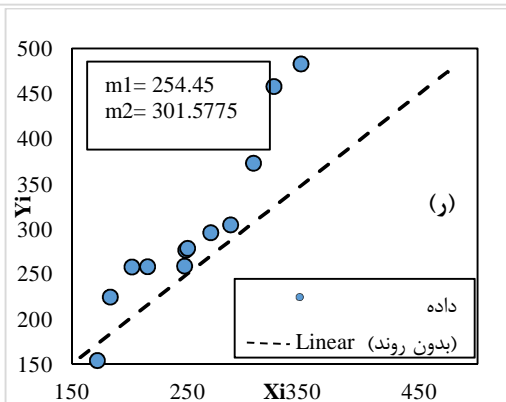
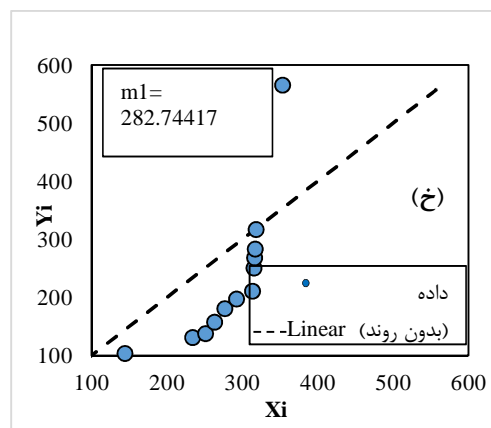
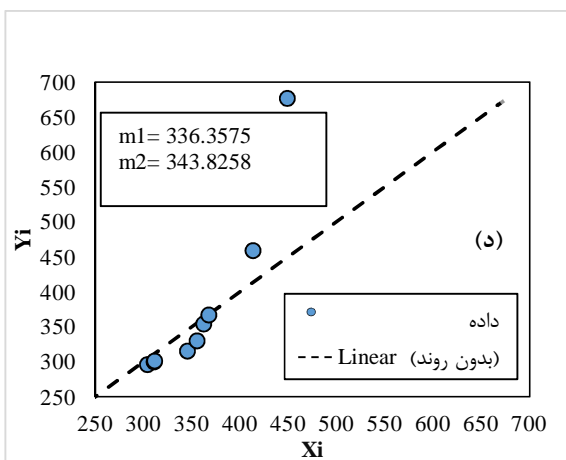
ب) بررسی روند مجموع سالانه بارش‌های ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از ITA

در بررسی روند مجموع بارش ایستگاه خرم‌آباد آشکار شد، روند به شکل S مانند است. روند در ابتدا افزایشی است، بعد کاهشی و مجدد افزایشی می‌شود. این بدین معناست روند در این ایستگاه نایک‌نواخت است. بارش‌های بین ۳۵۰ - ۲۰۰ میلی‌متر روند افزایشی، ۶۰۰ - ۴۰۰ میلی‌متر روند کاهشی و ۷۵۰ - ۶۰۰ میلی‌متر روند افزایشی را نشان می‌دهد. مقدار شیب ۰/۶۸۸۹ درصد محاسبه شد شکل (۴ - الف). نتایج حاصل از بررسی نمودار مجموع بارش سالانه ایستگاه الیگودرز مشخص شد. بارش‌های بین ۲۵۰ - ۱۵۰ میلی‌متر روند افزایشی، بارش‌های بین ۵۵۰ - ۲۵۰ روند خاصی را نشان نمی‌دهند. مقدار شیب این ایستگاه ۱/۳۴۴۹ درصد به دست آمده است شکل (۴ - ب). به‌طور کلی در بررسی مجموع بارشی سالانه ایستگاه بروجرد روند چشمگیری ملاحظه نمی‌شود، بارش‌های بین ۳۰۰ - ۲۷۰ میلی - متر روند کاهشی دارند، از ۴۷۰ - ۳۰۰ میلی‌متر بدون روند و از ۴۷۰ میلی‌متر به بالا روند کاهشی را طی می‌کند.

شیب روند موجود در این ایستگاه ۲/۸۹۴۹ درصد است شکل (۴-پ). در بررسی ایستگاه دورود باتوجه به گرافیک-های ترسیم‌شده، مقدار بارش بین ۷۲۰ - ۵۲۰ میلی‌متر روند خاصی را طی نمی‌کنند. مقدار شیب این ایستگاه ۳/۱۷۸۵ درصد حساب شده است شکل (۴-ت). نتایج حاصل از بررسی ایستگاه الشتر نشان داد، تغییرات بارشی مجموع سالانه این ایستگاه روند کاهشی دارد. شیب این ایستگاه ۹/۵۶۳۵ درصد است شکل (۴-ث). آنچه از محاسبه ایستگاه دره‌تخت به‌دست آمد تغییرات مجموع بارشی سالانه این ایستگاه روند کاهشی دارد. مقدار شیب این ایستگاه ۳/۸۵۲۸ درصد است شکل (۴-ج). ارزیابی‌های صورت‌گرفته ایستگاه دوآب نشان داد، بارش‌های بین ۳۲۰ - ۱۲۰ میلی‌متر روند افزایشی، بارش‌های بین ۷۷۰ - ۳۲۰ میلی‌متر بدون روند است شکل (۴-چ). در محاسبات صورت-گرفته ایستگاه دزفول روشن شد، بارش از ۱۰۰ میلی‌متر به بالا روند کاهشی دارد. مقدار شیب این ایستگاه با کمیت ۳/۹۵۸۴ درصد محاسبه شد شکل (۴-خ). در تحلیل نمودار گرافیکی ترسیم‌شده ایستگاه کرمانشاه مشخص شد، مجموع بارشی سالانه بیش از ۲۱۰ میلی‌متر به بالا روند خاص و چشمگیری را طی نمی‌کنند. مقدار شیب این ایستگاه ۰/۰۲۴۷ درصد به‌دست آمده است شکل (۴-ح). در بررسی ایستگاه کنگاور روشن شد، تغییرات بارشی مجموع سالانه این ایستگاه روند کاهشی دارند. مقدار شیب آن هم ۰/۵۷۷۴ درصد حساب شد شکل (۴-د). نتایج حاصل از بررسی ایستگاه کوه‌دشت نشان داد، بارش‌های بین ۳۷۰ - ۲۱۰ میلی‌متر بدون روند و بارش‌های ۴۵۰ - ۴۰۰ میلی‌متر روند افزایشی را دارند. مقدار شیب بررسی‌شده این ایستگاه برابر ۳/۶۳۶۶ درصد است شکل (۴-د). در تحلیل ایستگاه ملایر نتایج زیر به‌دست آمد، مجموع بارش‌های سالانه بیش از ۱۷۰ میلی‌متر روند افزایشی دارند. مقدار شیب این ایستگاه ۰/۷۷۰۲ درصد محاسبه شده است شکل (۴-ر). بر اساس بررسی‌های صورت‌گرفته ایستگاه نهاوند نشان داد، بارش‌های ۳۲۰ - ۲۹۰ میلی‌متر بدون روند و بارش‌های ۴۷۰ - ۲۹۰ میلی‌متر روند افزایشی را طی می‌کند. شیب این ایستگاه برابر ۴/۶۵۱ درصد است شکل (۴-ز). نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل نمودار گرافیکی ITA تغییرات مجموع بارش سالانه ایستگاه پلدختر مشاهده شد، بارش‌های ۴۵۰ - ۲۰۰ میلی‌متر بدون روند و بارش‌های ۴۵۰ - ۵۰۰ میلی‌متر روند افزایشی دارد. مقدار شیب ایستگاه با کمیت ۳/۵۱۶۱ درصد محاسبه شد شکل (۴-ژ).







شکل ۴: روند ITA مجموع بارش سالانه الف) ایستگاه خرم‌آباد ب) ایستگاه الیگودرز پ) ایستگاه بروجرد ت) ایستگاه دورود ث) ایستگاه الشتر ج) ایستگاه دره تخت چ) ایستگاه دوآب خ) ایستگاه دزفول ح) ایستگاه کرمانشاه د) ایستگاه کنگاور ذ) ایستگاه کوه‌دشت ر) ایستگاه ملایر ز) ایستگاه نهاوند ز) ایستگاه پلدختر

ج) بررسی روند بیشینه روزانه و مجموع سالانه بارش با استفاده از آزمون من - کندال

براساس نتایج به دست آمده از بررسی بیشینه بارش گامبل با استفاده از آزمون من - کندال به جز ایستگاه پلدختر روند معنادار است، بقیه ایستگاه‌ها روندها معنادار نیست. در بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که در ایستگاه‌ها روندهای یکنواخت وجود ندارد، ولی روندهای نایکنواخت وجود دارد جدول (۱۰)، (۱۱). این در صورتی است که روش ITA با قابلیت‌هایی که دارد چنین روندهایی را شناسایی کرد.

جدول ۱۰: روند بیشینه بارش‌های گامبل براساس آزمون روند من - کندال حوضه آبریز کرخه

نام ایستگاه	Z	نوع روند
نهادند	۱,۵۳	افزایشی
ملایر	۰,۴۴	افزایشی
کوهدشت	۰,۷۶	افزایشی
کنگاور	۰,۹۶	افزایشی
کرمانشاه	۱,۷۷	افزایشی
دو آب (الشتر)	۰,۹۹	افزایشی
الشتر	۱,۲۱	افزایشی
خرم‌آباد	۰,۶۲	افزایشی
پلدختر	۲,۰۸	افزایشی

جدول ۱۱: روند بیشینه بارش‌های گامبل براساس آزمون روند من - کندال حوضه آبریز دز

نام ایستگاه	Z	نوع روند
دره تخت	۰,۸۳	افزایشی
صفی‌آباد (دزفول)	۰,۲۸	افزایشی
الیگودرز	۰,۲۳	افزایشی
دورود	-۰,۲۲	کاهشی
بروجرد	-۰,۳۵	کاهشی

در بررسی روند مجموع بارش سالانه حوضه‌های کرخه و دز براساس آزمون من - کندال تمام ایستگاه‌ها روند افزایشی معناداری در سطح احتمال ۹۵٪ را نشان می‌دهد جدول (۱۲)، (۱۳). این در حالی است در بررسی مجموع بارش سالانه با استفاده از روش ITA به جز ایستگاه الشتر روند یکنواخت است بقیه ایستگاه‌ها روندهای نایکنواخت را نشان می‌دهد.

جدول ۱۲: روند مجموع بارش‌های سالانه ایستگاه‌های حوضه آبریز کرخه براساس آزمون من - کندال

نام ایستگاه	Z	نوع روند
نهادند	۳,۱	افزایشی
ملایر	۳,۳	افزایشی
کوهدشت	۱,۹	افزایشی
کنگاور	۲,۷	افزایشی
کرمانشاه	۱,۵	افزایشی
دو آب (الشتر)	۵,۱	افزایشی
الشتر	۱,۸۴	افزایشی
خرم‌آباد	۴,۵	افزایشی
پلدختر	۳,۲	افزایشی

جدول ۱۳: روند مجموع بارش‌های سالانه ایستگاه‌های حوضه آبریز دز براساس آزمون من - کندال

نام ایستگاه	Z	نوع روند
دره تخت	۰,۹	افزایشی
صفی‌آباد (دزفول)	۱,۸	افزایشی
الیگودرز	۴,۲	افزایشی
دورود	۱,۶	افزایشی
بروجرد	۳,۱	افزایشی

نتیجه‌گیری

بارش به‌عنوان مهم‌ترین عنصر دستگاه اقلیم از بیشترین نوسان روزانه و سالانه برخوردار است و جز بی‌ثبات‌ترین متغیر اقلیمی است. به منظور کشف و شناسایی روندهای یکنواخت و نایکنواخت بارش‌های سنگین دو حوضه کرخه و دز از روش‌های توزیع احتمالاتی حد نهایی تیپ یک، روش گرافیکی ITA و آزمون ناپارامتریک من - کندال استفاده شد. نتایج روشن کرد آستانه سیل‌خیزی حوضه آبریز کرخه کمتر از حوضه آبریز دز است. بنابراین بارش‌های کرخه ناگهانی‌تر و نامنظم‌تر رخ می‌دهد. درحالی‌که بارش‌های حوضه آبریز دز از سری زمانی به‌هجاری‌تری برخوردار است. با این شرایط حوضه آبریز کرخه از نظر سیل‌خیزی آسیب‌پذیرتر از حوضه آبریز دز است. در شناسایی روندهای یکنواخت و نایکنواخت بیشینه بارش‌های روزانه و مجموع سالانه نتیجه گرفته می‌شود که تغییرات رفتار سری‌های بارشی یکنواخت نبوده و گویای وجود الگوهای متفاوتی در حوضه‌های مورد مطالعه است. چنان‌که به‌دست‌آمده از کاربرد دو آزمون، حاکی از تطابق عملکرد دو آزمون در پژوهش روند بیشینه بارش روزانه و مجموع سالانه بوده است و تنها در مواردی سطح معنی‌داری دو آزمون متفاوت بوده است. از دیدگاه آماری بررسی بارش به‌ویژه از دهه ۱۹۸۰ به بعد به‌طور چشمگیری مورد توجه قرار گرفته است. برای مثال، پژوهشگرانی چون Buffoni و همکاران (۱۹۹۹)، Brunetti و همکاران (۲۰۰۴)، Hartmann و همکاران (۲۰۰۸)، Arafat Rahman و همکاران (۲۰۱۳)، Leong Tan و همکاران (۲۰۱۷) نیز در مطالعات خود، تغییرات روند سری‌های زمانی بارش را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری مورد بررسی قرار داده‌اند، در این مطالعات روند تغییرات بارش در فصول سال باتوجه به عوامل مختلف به‌صورت کاهشی و یا افزایشی مشاهده شده است. همچنین ظهاری و همکاران (۱۳۹۴)، در شناسایی روند تغییرات دما و بارش سالانه حوضه آبریز کرخه با استفاده از روش آماری من - کندال، اسپیرمن و تخمین‌گر سن به این نتیجه دست پیدا کرد که سری‌های زمانی دما و بارش سالانه به‌ترتیب روند افزایشی و کاهشی را برای اکثر ایستگاه‌ها مورد مطالعه دارند. نتیجه این پژوهش در مقایسه با پژوهش مطرح شده نشان داد روند مجموع بارش سالانه حوضه‌های کرخه و دز براساس آزمون من - کندال تمام ایستگاه‌ها روند افزایشی معناداری در سطح احتمال ۹۵٪ را نشان می‌دهد که این امر می‌تواند ناشی از وضعیت توپوگرافی متعارض و ناهمگون در بخش‌های مختلف منطقه باشد. همچنین آزمون من - کندال در مجموع قابلیت این را دارد که روندهای یکنواخت افزایشی و کاهشی را نشان دهد. از سویی آزمون ITA افزون بر شناسایی روندهای یکنواخت، روندهای جداگانه مقادیر کم، متوسط و بیشینه داده‌ها که به‌صورت روندهای نایکنواخت در سری‌های زمانی تجلی می‌کنند را نیز شناسایی می‌کند. نتایج این پژوهش روشن کرد که روش ITA از قدرت و قابلیت بسیار بهتری نسبت به روش من - کندال برخوردار است. چون خصوصیت‌های پنهان داده‌ها و نوسان-

های که در سری زمانی وجود دارد را کشف و شناسایی می‌کند و نیاز به هیچ پیش‌فرضی ندارد. درحالی‌آزمون‌های دیگری همچون من - کندال و رگرسیون خطی به پیش‌فرض نیاز دارند. از سویی قادر نیستند روندهای نایک‌نواخت را در سری‌های زمانی شناسایی کنند. برای نمونه اگرچه آزمون من - کندال روند مشخصی را برای بارش‌های بیشینه ایستگاه خرم‌آباد نشان نداد؛ ولی آزمون ITA به سبب توانایی که در کشف روندهای پنهان و نایک‌نواخت دارد، مشخص کرد که روند در این ایستگاه نایک‌نواخت است.

منابع

- بارانی، نادر؛ کرمی، آیت‌اله. (۱۳۹۸). تحلیل روند سالانه پارامترهای اقلیمی دما و بارش در نواحی ده‌گانه زراعی - اکولوژیکی ایران. فصلنامه علوم محیطی، دوره هفدهم، شماره ۴، ۷۵-۹۰. https://envs.sbu.ac.ir/article_98116.html
- باقرپور، مهسا؛ سیدیان، سید مرتضی؛ فتح‌الهی، ابوالحسن؛ محمدی، امین. (۱۳۹۶). بررسی کارایی آزمون من - کندال در شناسایی روند سری‌های دارای خودهمبستگی. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، شماره ۳۶، ۲۱-۱۱. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=465705>
- حسینی، سید اسعد؛ مجیدی، لیلا؛ بالی، عارف؛ شیرواند، هنگامه. (۱۳۹۹). بررسی نوسانات منطقه‌ای دما و بارش در جنوب‌غرب آسیا. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال یازدهم، شماره ۴۲، ۱۶۷-۱۵۵. http://clima.irimo.ir/article_125201.html
- رضایی، پرویز؛ قربان‌پور، آتیه. (۱۳۹۷). تحلیل روند تغییرات بارش در شرق گیلان. فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال یازدهم، شماره ۴۰، ۱۲۰-۱۰۵. <https://www.sid.ir/FileServer/JF/20413974007.pdf>
- ظهاری، نرگس؛ مساح بوانی؛ علیرضا، گودرزی، الهه؛ حیدرنژاد، محمد. (۱۳۹۵). شناسایی روند تغییرات دما و بارش سالانه در حوضه آبریز کرخه. فصلنامه علمی - پژوهشی اکوبیولوژی تالاب - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، شماره ۲۸، ۲۲ - ۵. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=276416>
- قصاب فیض، مصطفی؛ اسلامی، حسین. (۱۳۹۶). ارزیابی تغییرات بارندگی با روش من - کندال و رگرسیون خطی در استان خوزستان. فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب، شماره ۲، ۱۲۱-۱۱۳. http://jwe.iau-shoushtar.ac.ir/article_536703.html
- میرمیدی، عاطفه. (۱۳۹۹). تحلیل سینوپتیکی بارش‌های سنگین استان لرستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه لرستان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا.
- مؤلف: دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبغای وزارت نیرو. (۱۳۹۴). سالنامه آماری آب کشور ۱۳۹۱-۱۳۹۰، ۱۳. <https://waterplan.moe.gov.ir>

Arafat Rahman, M., Begum, M. (2013). Application of non - parametric test for trend detection of rainfall in the largest island of Bangladesh, Journal Earth Sciences, 2, 40-44. <https://www.researchgate.net>

Brunetti, M., Buffoni, L., Mangiantic, F., Maugeri, M., Nanni, T. (2004). Temperature Precipitation and Extreme event during the last century in Italy, Global and Planetary Change, 40, 141-149. [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(03\)00104-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(03)00104-8)

Buffoni, L., Maugeri, M., Nanni, T. (1999). Precipitation in Italy from 1833 to 1996, Theoretical Applied Climatology, 63, 33-40. <https://doi.org/10.1007/s007040050089>

Caloiero, T., Coscarelli, R.,Ferrari,E. (2020). Assessment of seasonal and annual rainfall trends in Calabria (Southern Italy) with the ITA method. Journal of Hydroinformatics, 22(4), 738-748. <https://doi.org/10.2166/hydro.2019.138>

Caloiero, T., Coscarelli, R.,Ferrari,E. (2018). Application of the Innovative Trend Analysis Method for the Trend Analysis of Rainfall Anomalies in Southern Italy. Water Resources Management, 32, 4971-4983. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2117-z>

Elouissi, A., Sen, Z., Habi, M. (2016). Algerian rainfall innovative trend analysis and its implications to Macta Watershed. Arabian Journal of Geosciences, 9, 303. <http://doi.org/10.1007/s12517-016-2325-x>

Hartmann, H., Becker, S.,King, L. (2008). Quasi-Periodicities in Chinese Precipitation time series, Applied Climatology, 92, 155-163. <http://doi.org/10.1007/s00704-007-0317-1>

IPCC Semenor, M. A. (2007). Developing of High - resolution UKCUP 02- based climate change Scenarios in the UK. Agricultural Forest meteorology, 144, 127-138. <https://links/5bec8e38a6fdcc3a8dd5924d/Development-of-high-resolution-UKCIP02-based-climate-change-scenarios-in-the-UK.pdf>

- Leong Tan, M., LatifIbrahim, A., Yusop, Z., Chua, V., Wengchan, N. (2017). Climate change impacts under CMIP5 RCP scenarios on water resources of the Kelantan River Basin, Malaysia. *Atmospheric Research*, 189, 1-10. <http://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.01.008>
- Murat, A., Ozgur, K. (2015). Investigation of trend analysis of monthly total precipitation by an innovative method. *Theoretical and Applied Climatology*, 120, 617-629. <http://doi.org/10.1007/s00704-014-1198-8>
- Raziei, T., Daneskar Arasteh, P., Saghfian, B. (2005). Annual rainfall trend in arid and semi-arid regions of Iran, ICID 21st European Regional Conference. May, 15-19. <https://links/5736a6bc08ae9ace840afbc9/Annual-Rainfall-Trend-in-Arid-and-Semi-arid-Regions-of-Iran.pdf>.

References

References (in Persian)

- Bagherpour, M., Seydian, S., Fath Elahi, A., Mohammadi, A. (2019). Evaluation of the efficiency of the Man – the Kendal test in identifying the trend of self-correlated series. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*. Number 36, 11-21. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=465705> [In Persian]
- Barani, N., Karami, A. (2019). Analysis of the annual trend of climatic parameters of temperature and precipitation in the ten ecological – agricultural areas of Iran. *Journal of Environmental Sciences*. Seventeenth period. Number 4, 75-90. https://envs.sbu.ac.ir/article_98116.html [In Persian]
- Ghesab fiaz, M., Islamic, H. (2019). Evaluation of rainfall changes by Man – Kendal method and linear regression in Khuzestan province. *Scientific and specialized quarterly in water engineering*. Number 2, 113-120. http://jwe.iau-shoushtar.ac.ir/article_536703.html [In Persian]
- Hosseini, S., Majidi, L., Bali, A., Shiravand, H. (2019). Investigation of regional fluctuations of temperature and precipitation In Southwest Asia. *Journal of Climatological Research*. Eleventh year. Number 42, 155-167. http://clima.irimo.ir/article_125201.html [In Persian]
- Mirmiridi, Atefeh. (2019). Synoptic analysis of heavy rainfall in Lorastan province. Master thesis, Lorestan university, faculty of literature and humanities, geography group. [In Persian]
- Rezaei, P., Ghorbanpour, A. (2019). Analysis of precipitation Change trends in East Gilan. *Quarterly Journal of Natural Geography*. Eleventh year. Number 40, 105-120. <https://www.sid.ir/FileServer/JF/20413974007.pdf> [In Persian]
- Author: Ministry of energy macro water and wastewater statistical yearbook (1390-1391), 13. [In Persian]
- Zahrabi, N., Bovani Mesah, A., Goodarzi, E., Heydar najad, M. (2017). Identify trends in temperature and annual precipitation in the catchment Karkheh. *Journal of wetland Ecobiology, Islamic Azad University, Ahvaz Branch*, Number 28, 5 -22. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=276416> [In Persian]

References (in English)

- Arafat Rahman, M., Begum, M. (2013). Application of non – parametric test for trend detection of rainfall in the largest island of Bangladesh, *Journal Earth Sciences*, 2, 40-44. <https://www.researchgate.net>
- Brunetti, M., Buffoni, L., Mangiantic, F., Maugeri, M., Nanni, T. (2004). Temperature Precipitation and Extreme event during the last century in Italy, *Global and Planetary Change*, 40, 141-149. [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(03\)00104-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(03)00104-8)
- Buffoni, L., Maugeri, M., Nanni, T. (1999). Precipitation in Italy from 1833 to 1996, *Theoretical Applied Climatology*, 63, 33-40. <https://doi.org/10.1007/s007040050089>
- Caloiero, T., Coscarelli, R., Ferrari, E. (2020). Assessment of seasonal and annual rainfall trends in Calabria (Southern Italy) with the ITA method. *Journal of Hydroinformatics*, 22(4), 738-748. <https://doi.org/10.2166/hydro.2019.138>
- Caloiero, T., Coscarelli, R., Ferrari, E. (2018). Application of the Innovative Trend Analysis Method for the Trend Analysis of Rainfall Anomalies in Southern Italy. *Water Resources Management*, 32, 4971-4983. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2117-z>
- Elouissi, A., Sen, Z., Habi, M. (2016). Algerian rainfall innovative trend analysis and its implications to Macta Watershed. *Arabian Journal of Geosciences*, 9, 303. <http://doi.org/10.1007/s12517-016-2325-x>
- Hartmann, H., Becker, S., King, L. (2008). Quasi-Periodicities in Chinese Precipitation time series, *Applied Climatology*, 92, 155-163. <http://doi.org/10.1007/s00704-007-0317-1>
- IPCC Semnor, M. A. (2007). Developing of High – resolution UKCUP 02- based climate change Scenarios in the UK. *Agricultural Forest meteorology*, 144, 127-138. <https://links/5bec8e38a6fdcc3a8dd5924d/Development-of-high-resolution-UKCIP02-based-climate-change-scenarios-in-the-UK.pdf>
- Leong Tan, M., Latif Ibrahim, A., Yusop, Z., Chua, V., Wengchan, N. (2017). Climate change impacts under CMIP5 RCP scenarios on water resources of the Kelantan River Basin, Malaysia. *Atmospheric Research*, 189, 1-10. <http://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.01.008>
- Murat, A., Ozgur, K. (2015). Investigation of trend analysis of monthly total precipitation by an innovative method. *Theoretical and Applied Climatology*, 120, 617-629. <http://doi.org/10.1007/s00704-014-1198-8>
- Raziei, T., Daneskar Arasteh, P., Saghfian, B. (2005). Annual rainfall trend in arid and semi-arid regions of Iran, ICID 21st European Regional Conference, May, 15-19. <https://links/5736a6bc08ae9ace840afbc9/Annual-Rainfall-Trend-in-Arid-and-Semi-arid-Regions-of-Iran.pdf>