صص ۶۲-۴۹

بررسی احتمال تغییر اقلیم در شهرستان لارستان با استفاده از آزمون ناپارامتری من– کندال

قاسمعلی مقتدری*

استادیار، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۸/۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۹

چکیده

عناصر اقلیمی نظیر دما و بارش از عوامل تعیین کننده اقلیم هستند که وجود روند در آن‌ها، فرض رخداد تغییر اقلیم را تقویت می‌نماید. به‌منظور بررسی احتمال تغییر اقلیم لارستان داده‌های هواشناسی شامل میانگین بارش، میانگین دما، میانگین حداکثر دما و میانگین حداقل دما طی سال‌های(۲۰۲۰-۱۹۹۱) دریافت و به‌صورت سری زمانی تنظیم و با استفاده از آزمون من- کندال بررسی شده است. در این پژوهش روند و نوع تغییرات دما و بارش به‌صورت ماهانه، فصلی و سالانه بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که میانگین دما در ژانویه، فوریه، مارس، آوریل بدون روند و بقیه ماه‌ها دارای روند افزایشی است، میانگین حداقل دما در ژانویه، فوریه، نوامبر و دسامبر بدون روند و بقیه ماه‌ها دارای روند کاهشی است. میانگین حداکثر دما در مارس، ژوئن، ژولای، سپتامبر و اکتبر دارای روند کاهشی و بقیه ماه‌ها بدون روند است. میانگین دما در بهار، تابستان، و پاییز و سالانه دارای روند افزایشی و زمستان فاقد روند است. میانگین حداقل دما در دو بهار و تابستان دارای روند کاهشی و در دو فصل دیگر فاقد روند می‌باشد. میانگین حداقل دما در مقیاس سالانه نیز دارای روند کاهشی است. میانگین حداکثر دما در زمستان و تابستان و همچنین سالانه دارای روند کاهشی است و مابقی فصول فاقد روند است بررسی روند بارش نیز نشان‌دهنده روند کاهشی در می، ژوئن، اکتبر و نوامبر است و فقط ژانویه دارای روند افزایشی و بقیه ماه‌ها فاقد روند می‌باشد. در مقیاس فصلی نیز هیچ‌گونه روندی مشاهده نشد و روند سالانه بارش نیز کاهشی است.

واژگان کلیدی: **لارستان، روند، تغییر اقلیم، تغییرات دما، تغییرات بارش، من-کندال.**

مقدمه

امروزه از مهم‌ترین چالش‌های جوامع انسانی، تغییرات اقلیمی است و بررسی این تغییرات به دلیل تأثیر گسترده آن بر موجودات زنده از اهمیت بسزایی برخوردار است.(اکبر زاده و همکاران ۲۷۳،۱۴۰۲) و اجماع نظر در سطح جهانی در بین پژوهشگران اقلیمی این است که پارامترهای مختلف اقلیمی مانند دما و بارش در حال تجربه تغییرات قابل توجه در نقاط مختلف دنیا هستند(سرابی و همکاران ۶۴،۱۳۹۹). تغییر اقلیم تمام کشورهای دنیا را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد و هیچ

*. نویسنده مسئول: Email: epnu.moghtaderi@pnu.ac.ir

استثنایی در جهان وجود ندارد، منتهی تأثیر آن بر مردم فقیر دنیا بیشتر است (هانز و همکاران ۶،۲۰۲۱)تغییر اقلیم عبارت است از: تغییر رفتار اقلیمی یک منطقه در مقایسه با رفتاری که در طول دورهٔ زمانی بلند مدت از اطلاعات ثبت و مشاهده شـده در منطقه مورد انتظار است. نوسانات در روند متغیرهای هواشناسی از جمله بارندگی و دما یکی از ویژگی‌های چرخه اتمسفری است، ضمن اینکه افزایش دما به همراه کاهش شدید بارندگی و دوره‌های خشک ناشی از آن، تأثیر منفی بسیار زیادی بر منابع آب می‌گذارد (ملکی سرشت،۱،۱۳۹۹) بنا بر اهمیتی که تغییر اقلیم در ساختار محیطی کره زمین و ساکنان آن داشـته و خواهد داشـت، تلاش جهت شـناخت هر چه بیشـتر چگونگی رخدادهای تغییر اقلیم امری مسـلم است. این ضـرورت بـه‌ویژه در زمـان فعلی که بحث گرم شـدن جهانی به یک مسـئله جدی تبدیل شـده اسـت آشـکارتر می‌گردد.(باهک،۶۶،۱۳۹۲) دهه‌های قرن بیستم و شروع قرن بیست و یکم شاهد افزایش دما و همچنین تغییر پدیده‌های حدی و حوادث آب و هوایی بوده اسـت (اسپینونی۱،۲۰۱۷) به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای بسیاری از اکوسیستم‌ها در مناطق مختلف جهان دچار اضـمحلال و از هم پاشیدگی شده‌اند(جوزپ، ۱،۲۰۲۴) پیش‌بینی‌های دانشمندان حکایت از آن دارد که تغییر اقلیم بر مناسـبات و شـئون زندگی بشر در زمان حال و آتی اثرات معنی‌داری بر جای خواهد گذارد.عوارضی چون افزایش تدریجی دمای زمین،افزایش احتمال بروز و تداوم خشـک‌سـالی‌های شـدید، اثرات مخرب بر فعالیت‌های کشـاورزی و از این طریق تهدید معیشـت و امنیت غذایی، تشـدید پدیده‌های خسـارت‌بار، شـیوع بیماری‌های خطرناک، دگرگونی‌های اقتصادی و اجتماعی.(بصیری صدر، ۲۰،۱۴۰۰) ضرورت و اهمیت این پژوهش در این است که تغییر اقلیم و نتایج ناشـی از آن می‌تواند تغییرات اجتماعی، اقتصادی، سیاسی،.....فراوانی را ایجاد نماید. (علی شاه ۱۳۷،۲۰۲۴) مناطقی مثل لارسـتان که در عرض‌های جغرافیایی پایین قرار دارند تأثیر بیشـتری از تبعات منفی ناشـی از تغییر اقلیم می‌پذیرند چون در منتهی‌الیه محدوده بیوکلیمایی قرار دارد و تغییر اقلیم می‌تواند شـرایط زیسـتی آن را وخیم‌تر نماید. به‌طور کلی منـاطقی در عرض‌هـای جغرافیـایی پـایین کره زمین قرار دارنـد جنوبی بـه دلیل سـطح بالای آسـیب‌پذیری، ظرفیت انطباق‌پذیری کم، فقر گسـترده بیشـتر تحت تأثیر اثرات مخرب ناشـی از تغییر اقلیم قرار می‌گیرند.تحلیل روند از جمله مهم‌ترین روش‌های آماری اسـت که به‌طور گسـترده برای ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر روی سری‌های زمانی مانند سری‌های مشاهداتی دما، بارش، جریان رودخانه و ... در نقاط مختلف جهان استفاده شده است.

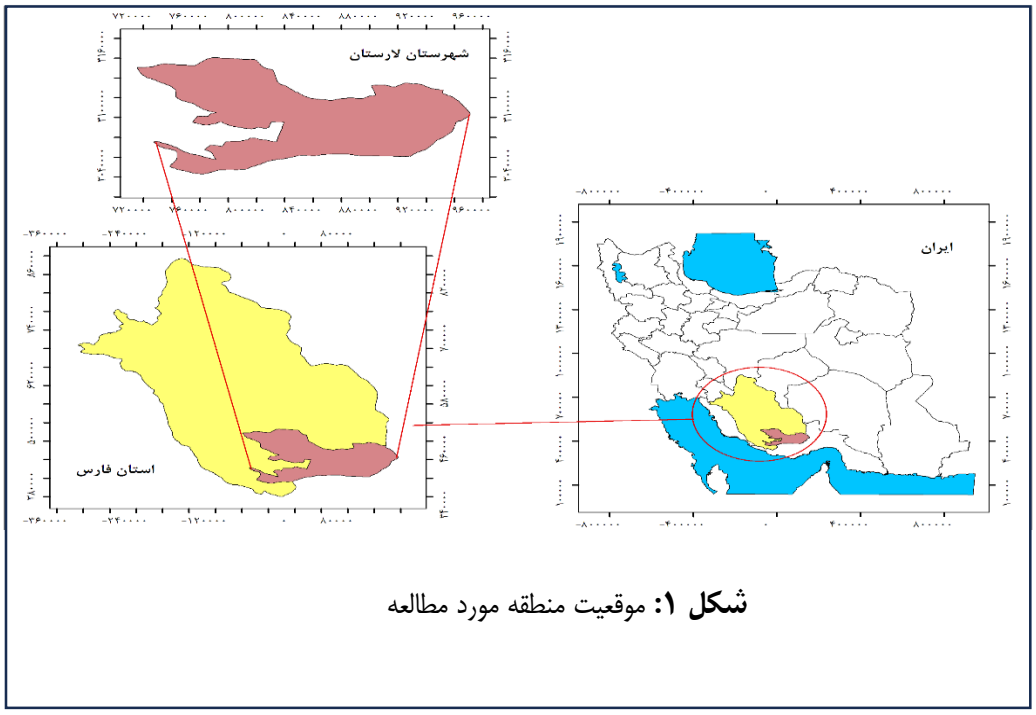
اثبات وجود روند معنی دار در یک سـری زمانی به‌تنهایی نمی‌تواند دلیل قاطع بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد بلکـه فرض رخـداد آن را تقویـت می‌نمـایـد این ویژگی نـاشـی از متعـدد بودن عوامـل کنترل کننـده سـامـانه اقلیم اسـت.(همتی،۳،۱۳۹۲) نتایج حاصـل از تحقیقات پژوهشگران در ایران وجهان جنبه‌های مختلفی از وقوع متوالی تغییر در عناصـر اقلیمی را نشان می‌دهد ولی نکته مشترک همه این تحقیقات افزایش دمای کره زمین نسبت به سده‌های گذشته اسـت (عابدینی، ۴۲،۱۳۹۹) تاکنون پژوهش‌های زیادی در رابطه با تغییر عناصـر اقلیمی با اسـتفاده از روش نا پارامتریک من- کندال توسـط دانشـمندان داخلی و خارجی انجام پذیرفته اسـت. هدف همه محققین این بوده است که آیا در سری داده‌های اقلیمی روند وجود دارد یا خیر؟ در صـورت وجود آیا مثبت اسـت یا منفی؟ با وجود تحقیقات گسـترده جغرافیایی،

متأسفانه در ارتباط با موضوع فوق، در لارستان هیچ‌گونه پژوهش مجزایی صورت نگرفته است. مزیدی و همکاران (۳۵۷،۱۴۰۰) در پژوهش خود تحت عنوان بررسی روند تغییرات دما و بارش در ایستگاه ارومیه به این نتیجه رسیدند که هیچ‌گونه روندی در دما و بارش این منطقه وجود ندارد (کریمی و همکاران۷۹،۱۳۹۷) در بررسی خود با عنوان تحلیل روند تغییرات و پیش‌بینی پارامترهای حدی دمای سواحل جنوبی دریای خزر به این نتیجه رسیدند که رخداد روند مثبت و معنی‌داری در حداقل و کوتاه مدت و رخداد روند مثبت معنی‌داری هم در حداکثر وهم در حداقل دما گویای افزایش دما در سال‌های آتی خواهد بود.(قصاب فیض و همکاران۱۱۳،۱۳۹۶) با بررسی روند تغییرات بارندگی در استان خوزستان به این نتیجه رسیدند که بیشتر ایستگاه‌های هواشناسی دارای روند منفی در مقدار بارندگی هستند و تنها دو ایستگاه عبد الخان و پل زال دارای روند مثبت بارندگی هستند، با توجه به عدم معنی‌داری روندها در بیشتر ایستگاه‌ها نمی‌توان نتیجه گرفت که تغییر اقلیم رخداده است. پژوهش دیگری که در این رابطه انجام گرفته است متعلق به (معروف نژاد و همکاران ۱۴۹،۱۳۹۵) با عنوان روند تغییرات دما با استفاده از روش من- کندال در استان چهارمحال بختیاری است، نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که ماه اسفند با ۱۰۰درصد روند بیشترین تغییر و ماه آذر با ۸۵ درصد بدون روند کم‌ترین تغییر را نشان می‌دهد. (طاووسی و همکاران ۲۹،۱۳۹۷) در مطالعه خود با عنوان تحلیل روند تغییرات بیشینه و کمینه دمای فصلی و سالانه استان فارس به این نتیجه رسیدند که بیشترین دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان فارس (به‌جز فصل بهار در ایستگاه هواشناسی آباده) دارای روند صعودی و کمینه دما نیز فصول تابستان و زمستان و میانگین سالانه در ایستگاه هواشناسی فسا دارای روند صعودی است. (به‌جز فصل بهار در ایستگاه هواشناسی آباده .(میرزایی و همکاران، ۱،۱۳۹۳) با پژوهش خود پیرامون تحلیل بارش سالانه ایستگاه سینوپتیک شهرستان مشکین شهر با آزمون من- کندال به این نتیجه رسید که بارندگی در حوضه شهرستان مشکین شهر دارای نوسانات زیادی بوده و از روند ثابتی پیروی نمی‌کند. در پژوهشی با عنوان روند تغییرات دما در بندرعباس و جزیره قشم با استفاده از آزمون ناپارامتری من- کندال (سالاری و همکاران۹۱،۱۳۹۱) به این نتیجه رسیدند که تغییرات دمای حداقل در شهر بندرعباس در مقیاس ماهانه بیان‌کننده روند کاهشی شدید است و این روند در ماه مارس بیشتر است، ولی چنین یکنواختی در عنصر دمای حداکثر وجود ندارد و روند تغییرات عنصر دمای حداقل و حداکثر در ایستگاه قشم نسبت به بندرعباس از ناهمگونی بیشتری برخوردار می‌باشد.(امیدوار و همکاران ۳۳،۱۳۹۹) با بررسی تغییر برخی عناصر اقلیمی در سواحل شمالی خلیج‌فارس با استفاده از آزمون من- کندال به این نتیجه رسیدند که تغییرات دمای میانگین ایستگاه‌های مورد مطالعه مشابه با روند تغییرات دمای حداقل آن‌هاست و آنچه موجب افزایش دمای میانگین ایستگاه‌های منطقه شده بیشتر دمای حداقل بوده است. (گندوز و همکاران،۲۰۲۳) به تحلیل دما و بارش در حوضه آبریز سد عرفانلی ترکیه با استفاده از روش‌های آماری از جمله روش من- کندال پرداخته است. نتیجه این پژوهش نشان داد که در این حوضه دما دارای روند افزایشی و بارش دارای روند کاهشی است(سلامی و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی متغیرهای هیدرو متئورولوژی منطقه ساحل لاگوس نیجریه با استفاده از روش من- کندال پرداختند و به این نتیجه رسیدند که به غیر از دما سایر عناصر نظیر بارش،رطوبت نسبی،

سـرعت باد و بالا آمدن سـطح آب دریا دارای روند افزایشـی اسـت. (الحاجی، ۲۰۱۸) میانگین حداقل و حداکثر دما را در منطقه گومبه نیجریه مورد تحلیل و بررسـی قرار داد و به این نتیجه رسید که میانگین و حداکثر دما دارای روند افزایشی اسـت و میانگین حداقل دما روند خاصی را نشان نمی‌دهد.(آگبو و اکپو، ۱،۲۰۲۱) بامطالعه تغییرات دما در منطقه کالا بر نیجریه جنوبی به این نتیجه رسیدند که روند میانگین و حداکثر دما افزایشی و روند سالانه حداقل دما دارای روند کاهشی بوده اسـت(آبی دیرس ،۵۱۷،۲۰۲۱) در مطالعه خود با عنوان تحلیل روند دما و بارش در آدیس آبابا با استفاده از روش من کندال به این نتیجه رسـیدند که میانگین حداقل دما بین ۸/۴۵ درجه سـانتی‌گراد تا ۱۲/۵ درجه سـانتی‌گراد در حال تغییر بوده در حالی که میانگین حداکثر دما بین ۲۱/۱ تا ۲۵/۵ در نوسان بوده است بارندگی نیز در حوضه مذکور هیچ‌گونه روند مثبت یا منفی نشـان نمی‌داد یعنی فاقد روند بود. (مویا و همکاران، ۳۴۹،۲۰۲۴) به بررسی روند دما و بارش با استفاده از روش من- کندال و شیب سن در منطقه مکوینی کنیا پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بارندگی فصلی و سالانه دارای روند کاهشی و بارندگی ماهانه نیز ۹ ماه از سال دارای همین روند بوده است و کلیه پارامترهای مربوط به دما روند کاهشی داشته است.

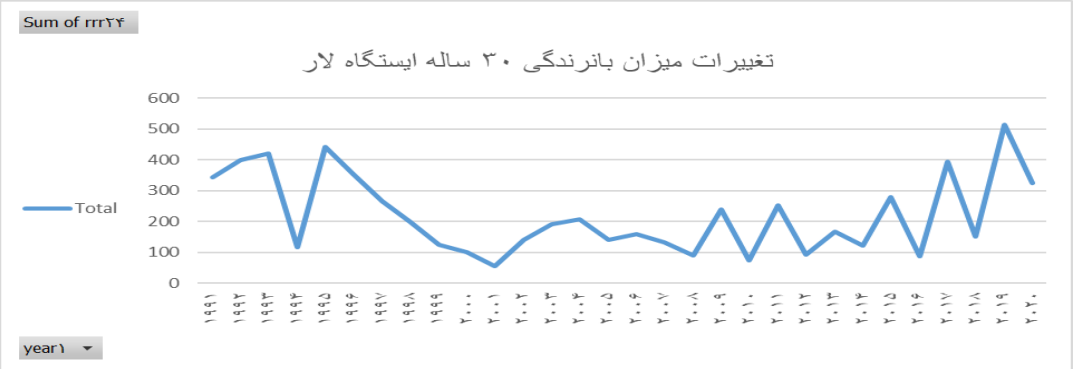
ویژگی‌های طبیعی منطقه مورد مطالعه

شهرستان لارستان بین ۲۷ درجه و ۶۰ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۲۵دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۸ دقیقه طول شـرقی از نصـف‌النهار گرینویچ واقع است (لشکری و محمدی۱۳۹۴)این شهرستان در جنوب استان فارس واقع گردیده که از شـمال به شـهرسـتان جهرم، از شـمال شـرق به داراب و زرین‌دشت از غرب به شهرستان گراش و از جنوب استان به هرمزگان محدود می‌گردد (شکل۱)



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

متوسط بارندگی لارستان برای یک دوره سی ساله (۲۰۲۰-۱۹۹۱) حدود ۲۱۹/۳۶ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۲) که بیش از ۷۰ درصد این بارش مربوط به دوره سرد سال و فعالیت جریانات غربی و مدیترانه‌ای و ۱۰ درصد آن حاصل هجوم موسمی‌های جنوب شرقی به منطقه است که این نوع بارش، همراه با طوفان رعد و برق و رگبارهای بسیار شدید است، بیشترین بارش با ۵۱۳/۷ میلی‌متر مربوط به سال ۲۰۱۹ و کمترین آن با ۵۵/۳۱ میلی‌متر مربوط به سال ۲۰۰۱ است. متوسط سالانه دما حدود ۲۵/۰۷ و میانگین حداقل دما ۱۵/۶۷ و میانگین حداکثر دما ۳۲/۱۱ می‌باشد. متوسط رطوبت نسبی نیز ۴۳ درصد است. قاعدتاً لارستان به علت نزدیکی به پهنه‌های آبی خلیج‌فارس و دریای عمان بایستی از رطوبت بالایی برخوردار باشد اما تاقدیس‌های طویل و مرتفع که به‌موازات ساحل کشیده شده نفوذ رطوبت به منطقه را مسدود می‌کند و حالت شرجی حاکم بر جنوب کشور را در این منطقه چند روز فصل گرم سال خلاصه می‌کند. (قنبری و همکاران ۱۳۸۹)



شکل۲: نمودار تغییرات میزان بارندگی ۳۰ ساله ایستگاه لار

داده‌ها و روش‌ها

کاربرد روش‌های آماری به‌منظور شناخت خطی و غیرخطی عناصر اقلیمی از بهترین روش‌های ارزیابی روند دراز مدت اقلیم است به دلیل اینکه برخی سری‌های اقلیمی از جمله بارش و دما به‌طور کلی از توزیع نرمال (بهنجار) تبعیت نمی‌کند (علی زاده و همکاران ۱۳۹۰،۴۲۲) در این صورت برای بررسی روند می‌توان از آزمون رتبه‌ای استفاده نمود. از جمله این آزمون‌ها می‌توان به آزمون من –کند آل اشاره کرد (رائی ۱۳۹۴ – ۴۸) آزمون ناپارامتری من کندال ابتدا توسط من در سال ۱۹۴۵ارائه و سپس توسط کندال در سال ۱۹۷۵ تکمیل گردید در این روش، مطالعه و آزمون تغییر پارامترها به دو صورت گرافیک و غیر گرافیک صورت می‌گیرد که در شکل غیر گرافیک آن نسبت کلی متغیرها از نظر وجود تغییر ناگهانی و یا عدم وجود آن مورد تحلیل قرار می‌گیرد اما در آزمون گرافیک علاوه بر موارد فوق، زمان ،نحوه و نوع تغییر به‌راحتی قابل تحلیل است.

در این پژوهش از داده‌های دما و بارش ایستگاه لار در یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۲۰ – ۱۹۹۱) به‌صورت ماهانه و فصلی برای پی بردن به میزان تغییرپذیری استفاده شده است برای تحلیل داده‌های ذکر شده از روش من – کندال . (گرافیک و غیر گرافیک) استفاده شده است.

الف - مراحل محاسبه آزمون غیر گرافیک

برای محاسبه این آزمون ابتدا آماره T محاسبه می‌شود برای محاسبه آزمون T از فرمول زیر استفاده می‌شود

$$T = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \qquad \textbf{فرمول (۱)}$$

T: آماره من کندال

N: تعداد کل سال‌های آماری

P: مجموع تعداد رتبه‌های بزرگ‌تر از ردیف ni حاصل P هم از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\mathrm{P}= \sum_{i=1}^{n} ni \qquad \textbf{فرمول (۲)}$$

این آماره برای N> 10 به توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس $\frac{4N+10}{9(N-1)}$ شبیه است.

سپس در مرحله بعد،آماره بحرانی و معنی‌داری آزمون از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$T(t) = \pm tg\sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \qquad \textbf{فرمول (۳)}$$

T(t): آماره بحرانی

N: تعداد کل سال‌های آماری

Tg: مقدار متغیر استاندارد Z بر اساس سطح معنی‌داری و احتمال ۹۵ درصد ۱/۹۶ است.

با توجه به مقدار بحرانی به دست آمده برای T(t)، حالت‌های مختلفی مشاهده می‌شود اگر $\mathrm{T}> T(t)$ باشد نشان‌دهنده روند مثبت، $\mathrm{T}< T(t)$ باشد نشان‌دهنده روند منفی و در حالتی که $\mathrm{T(t)}> T > _T(t)$ باشد هیچ‌گونه روند مهم و معناداری در سری‌ها مشاهده نمی‌شود و سری ما تصادفی هستند.

ب - مراحل محاسبه آزمون گرافیک

برای تعیین جهت روند و نوع و زمان تغییر نیاز به آزمون گرافیکی من- کندال است. بدین منظور از جدول ویژه‌ای استفاده می‌شود که در این جدول ابتدا داده‌های آماری به ترتیب سال (ستون اول) وارد شده و در ستون دوم داده‌ها شماره ردیف می‌گیرند سپس در ستون سوم مقادیر پارامتر مورد نظر نوشته می‌شود و در ستون چهارم، مقادیر عددی ستون سوم به ترتیب صعودی تنظیم می‌گردد و جهت تکمیل جدول مورد نظر نیاز به محاسبه ضریب t آزمون کندال است که از فرمول زیر به دست می‌آید.

$$t_i = \sum_{i=1}^{n} ni \qquad \textbf{فرمول (٤)}$$

برای محاسبه ستون‌های بعدی از فرمول‌های زیر استفاده می‌شود:

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \qquad \textbf{فرمول(٥)}$$

$$V(t) = \frac{[n(n-1)(2n+5)]}{72} \qquad \textbf{فرمول(٦)}$$

برای محاسبه مقادیر u, ´u از فرمول‌های زیر استفاده می‌شود:

$$V(t) = \frac{[t_i - E(t_i)]}{\sqrt{var\,(t_i)}} \qquad \textbf{فرمول(٧)}$$

برای تعیین زمان وقوع تغییر لازم است علاوه بر u(t) ، u´(t) نیزمحاسبه شود برای محاسبه آن ابتدا باید امید ریاضی معکوس و واریانس معکوس را از رابطه زیر به دست آوریم.(معروف نژاد و قاسمی ۱۵۷،۱۳۹۵)

$$\acute{E}\iota := \frac{[N-(n_i-1)](N-n_i)}{4} \qquad \textbf{فرمول (٨)}$$

$$\acute{V}_\iota = \frac{[N-(n_i-1)](N-n_i)[2(N-n_i-1)]+5}{72} \qquad \textbf{فرمول (٩)}$$

$$\acute{\mathrm{U}}_\iota = \frac{-(\sum \acute{t}i - \acute{E}\iota)}{\sqrt{\acute{V}_i}} \qquad \textbf{فرمول (١٠)}$$

پس از محاسبات فوق و ترسیم نمودارهای مربوط وجود هرگونه روند در سری‌ها ظاهر می‌شود و زمانی که روند معنی‌داری در داده‌ها وجود داشته باشد u و´u همدیگر را قطع می‌کنند. اگر خطوط مذکور در داخل محدوده بحرانی (±۱/۹۶) همدیگر را قطع کنند .نشانه زمان تغییر ناگهانی و در صورتی که در خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع نمایند بیانگر وجود روند در سری‌های زمانی است (عزیزی و همکاران، ۱۷،۱۳۸۷).

یافته‌های پژوهش

الف- تحلیل تست من- کندال بر روی داده‌های ماهانه دما و بارش

نتایج به دست آمده از اعمال آماره(T) و آماره بحرانی(t) T من-کندال (جدول ۱) مشخص می‌کند که میانگین دما هشت ماه از سال به ترتیب ماه‌های می، ژوئن، ژولای، آگوست، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر دارای روند افزایشی است. و بیشترین افزایش مربوط به آماره کندال ۰,۵۳ مربوط به ماه نوامبر است و چهار ماه دیگر فاقد روند است. لازم به توضیح است که آماره بحرانی(t) T ۰,۲۵+- می‌باشد. تحلیل دمای حداقل ماهانه نیز حاکی وجود تغییر در این پارامتر است. دمای حداقل لارستان در ماه‌های مارس، آوریل، می، ژوئن، ژولای،آگوست و سپتامبر و اکتبر دارای روند کاهشی است. به نظر می‌رسد علت این امر ناشی از خشکی منطقه و پایین بودن رطوبت نسبی و افت سریع کاهش تشعشع حرارتی زمین باشد. بررسی میانگین حداکثر دمای شهرستان لارستان نیز گویای این واقعیت است که حدوداً شش ماه از سال یعنی ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، ژوئن، ژولای، سپتامبر و اکتبر دارای روند منفی (کاهشی) و سایر ماه‌ها بدون روند می‌باشد،

روند کاهشی در ماه‌های فصل سرد سال ناشی از پدیده ابرناکی و کاهشی ورودی نور خورشید و در فصل گرم سال نیز ناشی از نفوذ توده هوای موسمی و وجود ابرهای کومولوس است. بررسی سری بارندگی در منطقه مورد نظر نیز حکایت از تغییر قابل توجه در این پارامتر می‌کند به‌طوری که فقط ماه ژانویه با آمار ۰,۳۱+ دارای روند افزایشی، و ماه‌های می،ژوئن، اکتبر و نوامبر دارای روند کاهشی است و بیشترین کاهش با آماره کندال ۰,۶۸- مربوط به ماه می، می‌باشد و بقیه ماه‌ها روند خاصی را نشان نمی‌دهد.

جدول ۱: نتایج آماره کندال(T) و آماره بحرانی t(T) میانگین، میانگین حداقل و حداکثر دما و بارش ماهانه

پارامتر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین دما	+۰/۱۰	+۰/۱۰	-۰/۴	+۰/۲۰	+۰/۲۸	+۰/۳۵	+۰/۴۹	+۰/۲۹	+۰/۲۵	+۰/۳۴	+۰/۵۳	+۰/۲۷
میانگین حداقل دما	-۰/۱۴	-۰/۰۹	-۰/۳۱	-۰/۳۸	-۰/۳۷	-۰/۴۷	-۰/۲۹	-۰/۲۹	-۰/۴۲	-۰/۳۸	-۰/۲۴	-۰/۰۱
میانگین حداکثر دما	-۰/۲۷	-۰/۲۵	-۰/۲۹	-۰/۰۹	-۰/۱۶	-۰/۲۹	-۰/۲۶	-۰/۲۴	-۰/۲۹	-۰/۲۷	+۰/۲۲	-۰/۱۴
بارندگی	۰,۳۱	۰,۰۶	۰,۱۰	-۰,۰۵	-۰,۶۸	-۰,۵۷	-۰,۱۰	۰,۱۵	-۰,۲۰	-۰,۵۴	-۰,۵۳	۰,۰۱

ب- تحلیل تست من- کندال بر روی داده‌های فصلی و سالانه دما و بارش

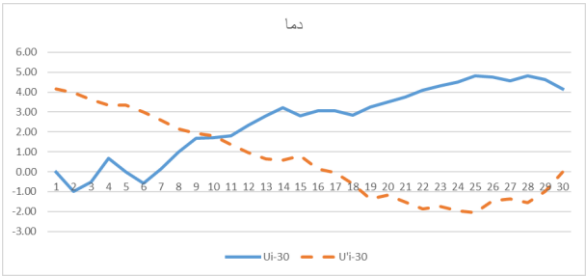
با توجه به جدول (۲) مشخص می‌شود که میانگین دما در فصول بهار، تابستان و پاییز و همچنین سالانه دارای روند افزایشی و فصل زمستان فاقد روند است. و بیشترین افزایش دما با آماره کندال۰,۴۲+ مربوط به فصل پاییز است.میانگین حداقل دما در دو فصل بهار و تابستان و همچنین سالانه دارای روند کاهشی و زمستان و پاییز فاقد روند است. میانگین حداکثر دما نیز در دو فصل زمستان و تابستان و سالانه دارای روند کاهشی است. تحلیل فصلی بارش نیز نشان‌دهنده عدم وجود روند در فصول چهارگانه می‌باشد. ولی روند سالانه بارش کاهشی است. به‌طورکلی در این ایستگاه میانگین سالانه دما دارای روند افزایشی و بارش دارای روند کاهشی است.

جدول ۲: نتایج آماره کندال(T) و آماره بحرانی t(T) میانگین، میانگین حداقل و حداکثر دما و بارش فصلی و سالانه

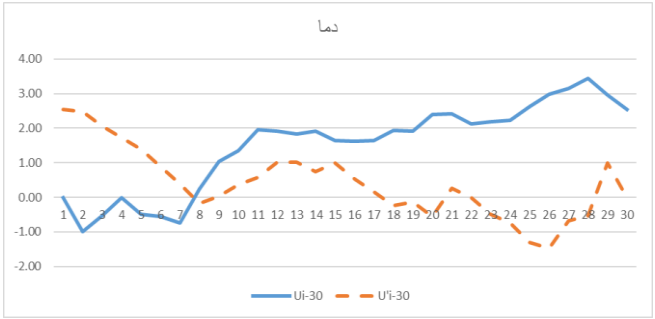
پارامتر	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالانه
میانگین دما	+۰/۱۱	+۰/۳۴	+۰/۳۶	+۰/۴۲	+۰/۴۰
میانگین حداقل دما	-۰/۲۱	-۰/۴۲	-۰/۵۰	-۰/۲۳	-۰/۵۴
میانگین حداکثر دما	-۰/۳۲	-۰/۱۷	-۰/۳۴	-۰/۱۳	-۰/۳۳
بارندگی	-۰,۰۴	-۰,۰۱	-۰,۱۱	+۰,۲۱	-۰,۲۷

ج- تحلیل آزمون نموداری من- کندال جهت تعیین نوع و زمان تغییرات دما و بارش (سالانه، فصلی و ماهانه)

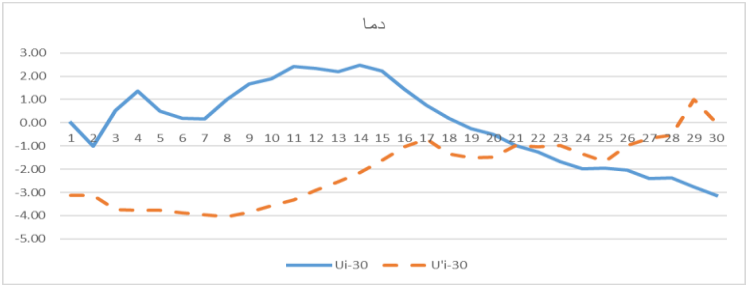
برای مشخص کردن جهت و سال شروع روند یا جهش ناگهانی ابتدا نمودارهای u, u´ که با برنامه نامه‌نویسی در نرم‌افزار اکسل برای تمام پارامترهای دما (میانگین حداقل ،میانگین حداکثر و میانگین دما)در مقیاس ماهانه. فصلی و سالانه ترسیم شد که نتایج آن رسم بیش از ۵۳ نمودار بود که به دلیل حجم زیاد نمودارها، امکان ترسیم همه آن‌ها در این بحث وجود نداشته است و فقط چند نمونه از آن آورده شده است، بررسی آزمون گرافیکی من – کندال بر روی میانگین حداقل، میانگین حداکثر و میانگین سالانه دما نشان‌دهنده وجود روند (افزایشی و کاهشی) است چرا که خطوط u, u´ در خارج از محدوده ۱/۹۶± همدیگر را قطع می‌کنند. در رابطه با میانگین حداقل و حداکثر دما چون در خارج از محدود ۱/۹۶- همدیگر را قطع می‌کند دارای روند کاهشی و در رابطه با میانگین سالانه دما چون در خارج از محدوده ۱/۹۶+ همدیگر را قطع می‌کنند دارای روند مثبت یا افزایشی است. نمودارهای(۲،۳،۴) همان‌طوری که نمودار شماره ۲ نشان می‌دهد شروع تغییرات کاهشی از سال ۲۰۰۰ است و شروع تغییرات کاهشی برای میانگین حداکثر دما از سال ۱۹۹۸ است(شکل ۳) و شروع تغییرات افزایشی برای میانگین سالانه دما از سال ۲۰۱۱ می‌باشد(شکل ۴)



شکل ۳: نمودار گرافیکی من –کندال (میانگین حداقل دما) روند کاهشی –شروع کاهش از سال۲۰۰۰

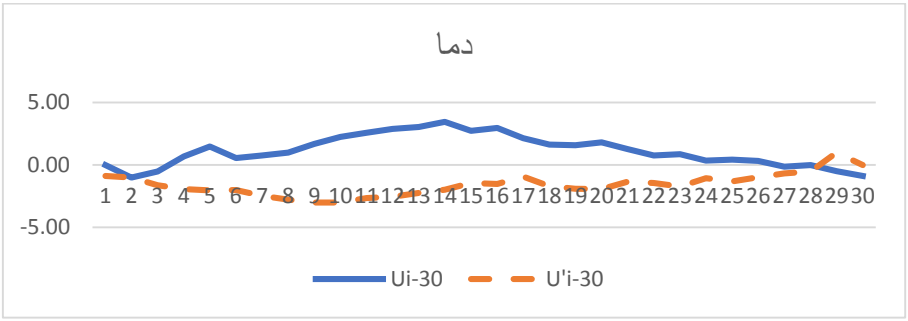


شکل ٤: نمودار گرافیکی من –کندال (میانگین حداکثر دما) روند کاهشی – شروع کاهش از سال ۱۹۹۸

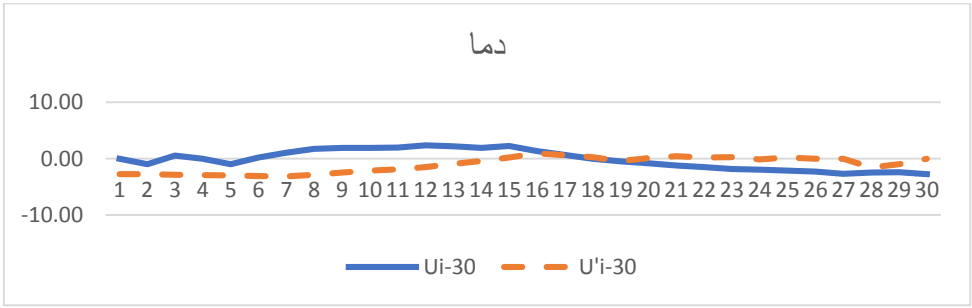


شکل۵: نمودار گرافیکی من -کندال(میانگین سالانه دما) روند افزایشی -شروع افزایش از سال ۲۰۱۱

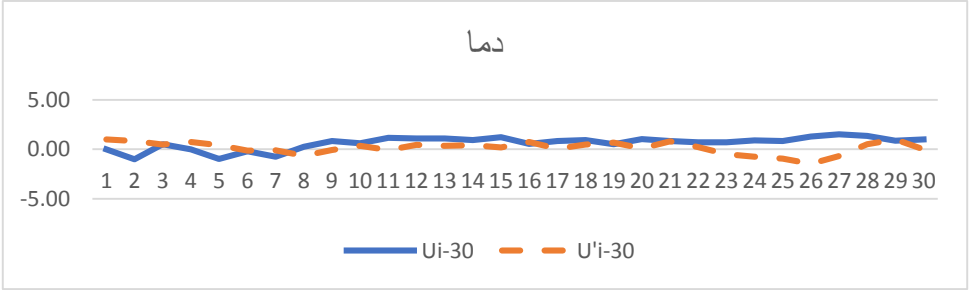
بررسی فصلی آزمون من کندال نشان می‌دهد که میانگین دما در فصول بهار و تابستان و پاییز دارای روند مثبت و افزایشی است و فصل زمستان بدون روند می‌باشد چون خطوط u ´ , u موازی با هم حرکت می‌کند و هیچ‌گونه برخوردی با هم ندارند. میانگین حداقل دما در دو فصل زمستان و پاییز بدون روند و دو فصل بهار و تابستان دارای روند کاهشی است. میانگین حداکثر دما نیز در دو فصل بهار و پاییز بدون روند و دو فصل زمستان و تابستان دارای روند کاهشی است برای جلوگیری از اطاله مطلب نمودار گرافیکی من -کندال برای هر پارامتر فقط نمونه‌هایی آورده می‌شود (شکل‌های ۵ تا ۱۰).



شکل٦ : نمودار گرافیکی من -کندال میانگین دمای فصل زمستان(فاقد روند) خطوط موازی همدیگر هستند و هیچ‌گونه برخوردی ندارند

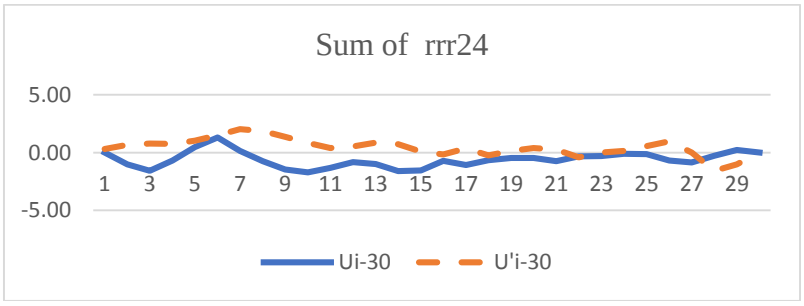


شکل۷: نمودار گرافیکی من -کندال میانگین دمای فصل تابستان. روند افزایشی – شروع افزایش از سال ۲۰۰۶

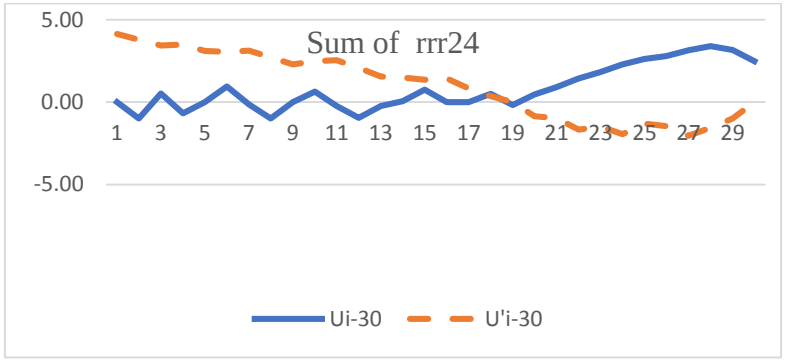


شکل۸: نمودار گرافیکی من -کندال میانگین دمای حداکثر فصل پاییز – بدون روند

در رابطه با تغییرات ماهانه میانگین دما،ماه‌های ژانویه ،فوریه،مارس آوریل و سپتامبر بدون روند، و ماه‌های می، ژوئن، ژولای،آگوست و اکتبر، نوامبر و دسامبر روند افزایشی است و بیشترین افزایش مربوط به ماه نوامبر است .میانگین حداقل دما در ماه‌های ژانویه و فوریه و دسامبر بدون روند و بقیه ماه‌ها دارای روند کاهشی است و بیشترین روند کاهشی مربوط به ماه سپتامبر می‌باشد. میانگین حداکثر دما نیز ماه‌های فوریه، آوریل، می، آگوست، نوامبر و دسامبر بدون روند و بقیه ماه‌ها دارای روند کاهشی است بیشترین کاهش مربوط به ماه ژوئن می‌باشد. تحلیل بارندگی در منطقه مورد مطالعه نیز نشان‌دهنده وجود تغییر در منطقه است در مقیاس سالانه بارندگی دارای روند منفی (کاهشی) است و از نظر پراکنش فصلی هیچ‌گونه روندی در آن وجود ندارد، روند ماهانه بارش نیز نشان از کاهش ماهانه بارش دارد و روندی در آن وجود ندارد، روند ماهانه بارش نیز نشان از کاهش ماهانه بارش دارد و بیشترین کاهش مربوط به ماه می است. (شکل‌های ۹ و ۱۰).



شکل۹: نمودار گرافیکی من –کندال بارندگی فصل زمستان – بدون روند–شروع تغییر ناگهانی از سال ۲۰۱۷



شکل۱۰: نمودار گرافیکی من –کندال بارندگی ماه نوامبر– روند کاهشی –شروع تغییر از سال ۲۰۰۹

نتیجه‌گیری

در حال حاضر تغییر و نوسانات اقلیمی به همراه ناهنجاری‌های حاصل از آن یکی از مسائل مهم و مطرح جهانی است. آشکارسازی روند دما و بارش به‌عنوان مهم‌ترین عناصر اقلیمی یک منطقه به‌عنوان شاهد اولیه تغییرات اقلیمی در بسیاری از مناطق جهان استفاده می‌شود. البته آنچه که امروز به‌عنوان تغییر اقلیم از آن یاد می‌شود بیشتر آنتروپی یا بی‌نظمی‌های است که برنامه‌ریزی‌ها و پیش‌بینی‌های زیست‌محیطی را مختل می‌کند. افزایش ۲ درجه‌ای میانگین دمای جهانی در سال ۲۰۲۴ دلیل روشنی بر این آشفتگی‌های جوی است. موقعیت حساس شهرستان لارستان از نظر زیست‌محیطی و اقلیمی (قرار گرفتن در انتهای محدوده بیوکلیمائی) آن را آسیب‌پذیرتر کرده است. نتایج به دست آمده از آماره من – کندال و آماره

بحرانی نشان‌دهنده روند افزایشی میانگین سالانه دما و روند کاهشی میانگین سالانه بارش است که این موضوع باعث خشکی بیشتر هوا و کاهش رطوبت نسبی می‌شود، میانگین فصلی دما نیز حکایت از روند افزایشی برای فصول بهار(۰,۳۴)، تابستان(۰,۳۶) و پاییز(۰,۴۲) دارد و فصل زمستان نیز بدون روند است. میانگین حداقل دما در دو فصل بهار و تابستان دارای روند کاهشی و دو فصل دیگر فاقد روند می‌باشد. میانگین حداکثر دما نیز حاکی از روند منفی در دو فصل زمستان و تابستان و نبود روند در دو فصل دیگر دارد، بارندگی نیز در هیچ‌کدام از فصول دارای روند نیست، بررسی ماهانه دما و بارش نیز حکایت از وجود یا عدم وجود روند دارد به‌طوری که میانگین دما در ماه‌های می، ژوئن، ژولای، آگوست، اکتبر، نوامبر و دسامبر دارای روند افزایشی است و بیشترین افزایش مربوط به ماه نوامبر با آماره کندال ۰,۵۳ می‌باشد، تحلیل بارش ماهانه نشان از روند کاهشی بارش در ماه‌های می، ژوئن، اکتبر و نوامبر دارد و فقط ماه ژانویه دارای روند افزایشی است.علت کاهش روند بارندگی از اواخر بهار و آغاز تابستان به دلیل استقرار پرفشار جنب حاره[1] بر روی منطقه است. نمودار گرافیکی من- کندال نیز نشان‌دهنده دو فرایند تغییری است، تغییر منظم که ما از آن به‌عنوان روند یاد می‌کنیم که می‌تواند کاهشی یا افزایشی باشد و یا به‌صورت تغییر ناگهانی زمانی که هیچ‌گونه روندی وجود نداشته باشد. مقایسه نتایج حاصل از این پژوهش با تحقیقات گذشته نشان‌دهنده مشابهت نسبی نتایج است، منتهی موقعیت جغرافیایی مناطق می‌تواند تغییرات جزئی در آن ایجاد نماید. مناطقی که در عرض‌های جغرافیایی بالاتر قرار دارند نسبت به اثرات ناشی از تغییر اقلیم مصون‌تر هستند. قرار گرفتن لارستان در منطقه خشک کشور و قرارگیری آن در منتهی‌الیه محدوده بیوکلیمایی، باعث تأثیرپذیری بیشتر این منطقه نسبت به تغییر اقلیم شده است، تحقیقاتی که در کشور توسط معروف نژاد، طاووسی، سالاری و امیدوار انجام شده نشان‌دهنده روند افزایشی دما و کاهش بارش در محدوده مطالعاتی است که با نتایج حاصل از منطقه مورد مطالعه (لارستان) مشابهت دارد، بررسی‌هایی که توسط برخی پژوهشگران خارج از کشور انجام شده است نیز نشان‌دهنده، وجود نتایج مشابه با اندکی تفاوت است. پژوهش آقای سلامی در لاگوس نیجریه و مویا در منطقه مکوینی کنیا با نتایج پژوهش در منطقه مورد مطالعه تفاوت‌هایی را نشان می‌دهد، دما در لاگوس نیجریه دارای روند کاهشی و بقیه پارامترها دارای روند افزایشی است، در منطقه مکوینی کنیا هم دما و هم بارش دارای روند کاهشی بوده، در صورتی که در منطقه مورد مطالعه میانگین دمای سالانه دارای روند افزایشی و میانگین بارش سالانه دارای روند کاهشی بوده است، کوتاه سخن اینکه امروزه بیش از آنچه ما با تغییرات اقلیم سرکار داشته باشیم با آنتروپی یا بی‌نظمی اقلیمی مواجه هستیم، آنتروپی اقلیمی به معنی ایجاد رخدادهای حدی خارج از زمان‌بندی اقلیمی است، مثلاً بالا بودن میانگین دما در فصل پاییز و زمستان، بروز بارندگی‌های حدی در زمان محدود و نامناسب و ... که منطقه لارستان نیز از این قاعده مستثنا نیست.

[1] Subtropical high pressure3

منابع

۱- اکبر زاده، مهران و همکاران(۱۴۰۲): بررسی و پیش‌بینی تغییرات اقلیمی با استفاده از رویکرد مدل‌های گردش عمومی جو در استان‌های غربی کشور، مجله مهندسی اکوسیستم بیابان،سال دوازدهم ،شماره ۲.

۲- امیدوار، کمال، خسروی، یونس(۱۳۸۹): بررسی تغییر برخی عناصر اقلیمی در سواحل شمالی خلیج‌فارس با استفاده از آزمون کندال، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره ۲.

۳- باهک، بتول(۱۳۹۲)، بررسی احتمال تغییر اقلیم در استان کرمان به روش من- کندال (مطالعه موردی ایستگاه کرمان)، فصل‌نامه، جغرافیا سرزمین، سال دهم، شماره ۳۹.

۴- بصیری صدر، محمد (۱۴۰۰): ژئو پلتیک تغییر اقلیم در ایران، انتشارات سمیع.

۵- رائی، لطیفه(۱۳۹۴): تحلیل آماری تغییرات شروع وخاتمه بارش‌های جنوب غرب ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد پیام نور شیراز .

۶- سالاری،علی، گندمکار، امیر (۱۳۹۱): بررسی روند تغییرات دما در بندر عباس وجزیره قشم با استفاده از آزمون ناپارامتریمن- کندال، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال نهم، شماره ۳۵.

۷- سرابی، مجتبی و همکاران (۱۳۹۹): بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی آینده بر وضعیت دما و بارش، نشریه هواشناسی وعلوم جو، جلد سوم، شماره۱ .

۸- طاووسی، نقی و همکاران(۱۳۹۳): تحلیل روند تغییرات بیشینه و کمینه دمای فصلی و سالانه استان فارس با استفاده از روش ناپارامتری، مجله علمی و ترویجی نیوار، شماره ۸۷-۸۶(دو فصل‌نامه).

۹- عابدینی، سمانه(۱۳۹۹): تحلیل‌های آماری تغییرات شروع وخاتمه بارش‌های شرق فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی،پیام نور مرکز شیراز.

۱۰- عزیزی، قاسم، روشنی، محمود(۱۳۸۷): مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من- کندال، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴

۱۱- علیزاده، امین (۱۳۹۷): اصول هیدرولوژی کاربردی، دانشگاه بین المللی امام رضا(ع).

۱۲- قصاب، فیض، مصطفی و اسلامی، حسین(۱۳۹۶): ارزیابی روند تغییرات بارندگی با روش من-کندال ورگرسیون خطی در استان خوزستان، فصلنامه علمی وتخصصی مهندسی آب، پاییز ۱۳۹۶.

۱۳- قنبری، عبدالرسول و همکاران(۱۳۸۹): نگرشی بر ارزیابی آسایش انسانی در شهر لار با توجه به شاخص‌های زیست اقلیمی، فصلنامه جغرافیایی طبیعی شماره ۱۰ .

۱۴- کریمی، مصطفی و همکاران(۱۳۹۷): تحلیل روند تغییرات و پیش‌بینی پارامترهای حدی دمای سواحل جنوبی دریای خزر، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم، شماره ۴۸ .

۱۵- لشکری، حسن و محمدی، زینب(۱۳۹۴): تحلیل رابطه جهت و زاویه تابش خورشید و جهت گیری دیوار در انتقال انرژی گرمایی به داخل ساختمان در شهرهای گرمسیری(مطالعه موردی شهر لار)، فصلنامه نگرشهای نو در جغرافیای انسانی، دوره ۷، شماره ۲.

۱۶- مزیدی، احمد و طوفانی، هاجر(۱۴۰۰): بررسی روند تغییرات دما و بارش ایستگاه همدید ارومیه به روش آماری من- کندال، جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۴۰۰، دوره ۴، شماره ۲ .

۱۷- معروف نژاد، عباس، قاسمی، شهلا(۱۳۹۵): روند تغییرات دما با استفاده از روش من- کندال مطالعه موردی چهار شهرستان استان چهارمحال بختیاری، فصلنامه آمایش محیط، شماره ۳۷ ..

۱۸- ملکی، سرشت، رقیه و همکاران(۱۳۹۹): ارزیابی احتمال تغییر اقلیم با تحلیل روند دما و بارش به روش من- کندال(مطالعه موردی شهرستان اردبیل) پنجمین همایش بین المللی گردشگری ، جغرافیا و محیط زیست پاک .

۱۹- میرزایی، محمد و همکاران(۱۳۹۳): تحلیل بارش سالانه ایستگاه سینوپتیک شهرستان مشکین شهر، اولین همایش آب، انسان، زمین.

۲۰- همتی، رسول (۱۳۹۲): تفسیر آزمون گرافیکی من- کندال، اداره کل هوا شناسی استان اردبیل.

21- Abie Diress, S And Be Dada, T (2021): Precipitation And Temperature Trend Analysis By Mann Kendall Test; The Case Of Addis Ababa Methodological Station, Ethiopian African Journal On Land Policy Geospatial Sciences.
22- Agbo, EP And Ekpo, CM (2020): Ttend Anayisis Of Variation Of Ambient Temperature Using Mann- Kendall Test And Sen's Estimate In Calabar, Southern Nigeria Journal Of Physics 2020.
23. Alhaji V, U Et Al (2018): Trend Analysis Of Temperature In Gumbo Using Mann-Kendall Trend Test Journal Of Scientific Research And Reports..
24- Ali Shah, S And Etal (2021): Mann- Kendall Test: Trend Analysis Of Temperature, Rainfall And Discharge Ghotki Feeder Canal In District Ghotki, Sindh, Pakistan. Environment And Ecosystem Science.
25-Gundus, Fatima (2023): Analysis Of Temperature And Precipitation Series Of Hirani Dam Basin By Mann Kendall. Turkish Journal Of Engineering.
26- Hans. A.And Et Al. (2021): Engendering Climate Change, Rout Ledge Publication.
27- Josep. G. And Et Al. (2024): Ecosystem Collapse And Climate Change Springer International Publishing.
28- Muia. V. K And Etal (2024): Rain Fall And Temperature Trend Analysis Using Mann-Kendall And Sen's Slope Estimator Tost In MAKUENI County, Kenya Journal Of Materials And Environmental Science, Vol 15.
29- Salami A. W. Etal (2016): Trend Analysis Of Hydra- Meteorological Variables In The Coastal Area Of Lagos Using Mann Kendall Trend A … Journal Of Applied Sciences And Environment Management.
30- Spinoni. J. Et Al, (2017): Changes Of Heating And Cooling Degree Days In Europe From 1981-2100, International Journal Of Climatology.