

مطالعه روند تغییرات دمای شبانه در ایران مرکزی به روش ناپارامتری من-کندال

عبدالله خوشرو

دکترای اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، نجف‌آباد، اصفهان، ایران

امیر گندمکار^۱

استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، نجف‌آباد، اصفهان، ایران

علیرضا حاجیان

استادیار فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، نجف‌آباد، اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۸/۲۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۵/۰۳

چکیده

مقطع زمانی مورد مطالعه در این بررسی یک دوره ۴۶ ساله می‌باشد که از سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۰ را در برمی‌گیرد و ایستگاه‌های مرکز استان‌های اصفهان، یزد، سمنان، کرمان و اراک را به‌عنوان نمایندگان ایران مرکزی شامل می‌شود. ابتدا سعی شده است با استفاده از روش رتبه‌ای من - کندال تغییرات داده‌ها شناسایی شوند و سپس نوع و زمان آن مشخص گردد. هدف از این تحقیق، بررسی روند تغییرات دمای حداقل در مناطق مرکزی ایران و تغییرات احتمالی آن از حالت نرمال با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال می‌باشد. نتایج به‌دست آمده از تحلیل دمای شبانه نشان می‌دهد که زمان شروع بیشتر تغییرات ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان بوده است. در تمام ایستگاه‌ها روند دمای شبانه مثبت ارزیابی شده است و حاکی از گرم شدن دمای شبانه در طول دوره بوده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که درصد تغییرات فصل زمستان با تابستان و بهار با پاییز دقیقاً باهم برابر بوده است ولی زمان شروع تغییرات در ایستگاه‌های منطقه یکسان نیست و ۱۰٪ تغییرات در ۲۳ سال اول دوره مورد بررسی صورت گرفته است.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، نوسان اقلیمی، روند دمای حداقل، آزمون من - کندال، ایران مرکزی.

مقدمه

یکی از مباحث بسیار مهم و جالب توجه که ذهن بسیاری از کاوشگران و محققان را به خود جلب نموده است، بحث تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین می‌باشد. تغییر اقلیم را معادل تغییرات معنی‌دار آماری برای متوسط وضع آب و هوای یک دوره طولانی تعبیر کرده‌اند. اقلیم می‌تواند گرم یا سرد شود، از میان همه عناصر آب و هوایی، تغییرات دما و بارش بسیار محسوس‌تر می‌باشد. به هم خوردن اندکی از تعادل اقلیم جهان موجب شده متوسط درجه حرارت کره زمین تمایل به روند افزایش را نشان دهد (IPCC, 2001, a: 1875). به طوری که هیئت بین‌دولت تغییر اقلیم در سال ۲۰۰۱ گزارش داد که گرمایش جهانی در حال وقوع است (دراکوپ و یکن، ۲۰۰۵: ۴۸۳). محققان مهم‌ترین عامل گرم شدن کره زمین و افزایش دمای متوسط جهانی را مربوط به افزایش گازهای گلخانه‌ای دانسته‌اند. پژوهش‌های آشکارسازی تغییر اقلیم (CCDP)، در دهمین جلسه کمیسیون اقلیم‌شناسی WMO (لیسبون آوریل ۱۹۸۹) شروع و در کنگره ششم در ماه می سال ۱۹۹۱ مورد بحث بیشتر قرار گرفت. پارامترهای اقلیمی به دلایل زیادی تغییر می‌کنند که باید برای پی بردن به این دلایل اقدام به آشکارسازی تغییر اقلیم کرد. برای آشکارسازی تغییر اقلیم بایستی داده‌های طولانی مدت در اختیار داشت که متأسفانه در کشور ما این نقصان یکی از بزرگ‌ترین مشکلات محققان بوده است. تحلیل روند یکی از مهم‌ترین روش‌های آماری است که به‌طور گسترده برای ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر روی سری‌های زمانی هیدرولوژیکی مانند سری‌های مشاهداتی دما، بارش و جریان‌ات رودخانه‌ای در نقاط مختلف جهان توسط محققین استفاده شده است و اغلب تحقیقات آن‌ها نیز به صورت ایستگاهی و نقطه‌ای می‌باشد. در این پژوهش نیز به صورت ایستگاهی کار شده است. هدف از این تحقیق بررسی روند در تغییرات دمای شبانه ایران مرکزی می‌باشد.

در ادبیات اقلیم‌شناسی جهان تاکنون مطالعات فراوانی پیرامون تغییر اقلیم در مناطق مختلف صورت گرفته است. بسیاری از مطالعات با محوریت تغییرات بلندمدت دما تغییرات آن‌ها در ارتباط با روند افزایش دمای متوسط جهانی منطقه‌ای صورت گرفته و روش آماری گرافیکی من-کندال به کرات مورد استفاده قرار گرفته است. (لتن مایر و همکاران، ۱۹۹۴)، (نورث و کیم، ۱۹۹۵)، (کیلی و همکاران، ۱۹۹۸)، (کورتزال و همکاران، ۱۹۹۸)، (انگلهارت، ۲۰۰۳)، (روی و جی آر، ۲۰۰۴)، (هوهمکاران، ۲۰۰۳)، (سلشی و وزنک، ۲۰۰۴)، (آلبرت و همکاران، ۲۰۰۴)، (ریوهمکاران، ۲۰۰۴)، (پیکارتا و همکاران، ۲۰۰۴)، (زویرس و استورچ، ۲۰۰۴)، (ها و همکاران، ۲۰۰۵)، (تورکی و وارکن، ۲۰۰۵)، (میر و همکاران، ۲۰۰۶)، (ولف میر و مولر، ۲۰۰۶)، (اورلند و همکاران، ۲۰۰۶)، (دجانخ و همکاران، ۲۰۰۶)، (زهونگ و گراسبی، ۲۰۰۹)، (سانجیوهمکاران، ۲۰۰۹)، (کینکلونک و همکاران، ۲۰۰۹)، (کالیک و همکاران، ۲۰۰۹)، (ژوهمکاران، ۲۰۱۰) از جمله کسانی هستند که با استفاده از روش پارامتریک و ناپارامتری من-کندال به بررسی روند در تغییرات اقلیمی پرداخته‌اند.

در ادبیات جغرافیایی ایران در خصوص بررسی تغییر اقلیم به روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک می‌توان به کارهای ارزشمند کاویانی و عساکره؛ رحیم زاده و همکاران، ۱۳۸۳؛ کتیرایی و بروجردی و همکاران، ۱۳۸۴؛ حجام و همکاران، ۱۳۸۷ اشاره کرد. بر اساس مطالعه اخیر بر روی دما و بارش که توسط عزیززی و همکاران سال ۱۳۸۶ بر روی سواحل جنوبی دریای خزر طی دوره ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۴ به منظور بررسی انحراف احتمالی و شناسایی تغییرات

داده‌ها و نوع و زمان آن با استفاده از روش من-کندال انجام داده‌اند نتیجه این شد که، زمان شروع بیشتر تغییرات ناگهانی واژ هر دو نوع رون و نوسان بوده است. بختیار محمدی (۱۳۹۰)، به بررسی روند بارش سالانه ایران پرداخته است، نتایج این بررسی نشان داد که در سری‌های زمانی میانگین ایستگاهی و یاخته‌ای بارش ایران، روند افزایشی یا کاهشی معنی‌داری در سطوح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ وجود ندارد. با این حال میانگین ایستگاهی بارش ایران به‌طور متوسط در هر سال در حدود ۶۴٪ میلی‌متر و میانگین یاخته‌ای بارش ایران نیز در حدود ۵/۵ میلی‌متر کاهش یافته است. علی محمد خورشید دوست و همکاران (۱۳۸۹)، نوسانات بارش ایستگاه اهر را در یک بازه زمانی بلندمدت بررسی کردند، نتایج این پژوهش نشان از معنی‌داری بارش زمستانی ایستگاه اهر می‌باشد. کریم امینی نیا و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی و تحلیل نوسانات بارش برف سنگین در شمال غرب کشور پرداختند، بررسی‌ها نشان داد که بارش برف سنگین در تمام ایستگاه‌ها و در طول دوره آماری مشترک دارای نوسانات زیاد و روند کاهشی بوده است. استفاده از آزمون رتبه‌ای من کندال در مورد ایستگاه‌های دارای آمار درازمدت، وجود روند نزولی در دریافت بارش برف سنگین را برای ایستگاه‌های تبریز و ارومیه و عدم وجود روند در اردبیل و خوی را نشان داد. نوذر قهرمان و ابوذر قره خانی (۱۳۸۹)، به بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد در گستره اقلیمی ایران پرداختند. نتایج حاصله نشان داد که در سری زمانی سالانه ۵۰ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس روش من کندال و ۶۰ درصد بر اساس روش اسپیرمن و ۷۰ درصد از ایستگاه‌ها بر اساس روش پیرسون دارای روند بوده‌اند. همچنین مشخص گردید که روند افزایشی سرعت باد در فصل زمستان بیشتر از سایر فصول و در فصل تابستان کمتر از سایر فصول بوده است. علی اکبر سبزوئی پرور و همکاران (۱۳۹۰)، به بررسی روند تغییرات اختلاف دمای شبانه‌روزی (DTR)، در ۱۱ ایستگاه‌ها سینوپتیک کشور پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که ۱۸ درصد از ایستگاه‌ها توسط آزمون من-کندال ورگرسیون خطی هیچ روند معنی‌داری برای DTR نشان ندادند، ولی ۸۲ درصد بقیه ایستگاه‌ها در اغلب ماه‌ها دارای روند منفی بودند. علی اکبر رسولی و همکاران (۱۳۹۱)، روند تغییرات سری‌های زمانی فشار سطح دریای مراکز مهم‌ترین الگوهای سینوپتیکی تأثیرگذار بر بارش‌های فصلی ایران مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های پژوهش نشان داد که تضعیف کم فشارهای مونسون (مستقر بر روی پاکستان و خلیج فارس) به ترتیب به میزان ۳/۸ و ۱/۲ میلی بار می‌باشد. دامنه و ضریب تغییرات فشار در دوره ۲۰ ساله اخیر (۲۰۰۹-۱۹۹۹) در تمامی الگوهای مورد بررسی، به استثنای کم فشار دریای سیاه در فصل زمستان، کاهش یافته است که با تضعیف کلی سامانه‌های مورد بررسی مطابقت دارد. مهدی وفاه خواه و همکاران (۱۳۹۱)، به تحلیل روند بارندگی ودبی در حوضه کشف رود در ۱۳ ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری در دوره آماری بین سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۵ پرداختند. نتایج تحلیل باران و دبی نشان داد که بارندگی در فصل پاییز در اکثر ایستگاه‌ها افزایش یافته است. از طرف دیگر بارندگی در فصل بهار در ۱۰ ایستگاه از مجموع ۱۳ ایستگاه روند کاهشی را نشان می‌دهد. در فصول زمستان و تابستان تقریباً تعداد ایستگاه‌های دارای روند کاهشی و افزایشی برابر است. غلام عباس فلاح قاله‌ری و همکاران (۱۳۹۰)، به بررسی و ارزیابی روند تغییرات پارامترهای آگرو کليمایی مؤثر بر رشد مرکبات در شمال کشور پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که روند افزایشی معنی‌دار در دمای کمینه، پیشینه و متوسط، روند کاهشی معنی‌دار دامنه دما، روند افزایشی معنی‌دار درجه روزهای رشد، مجموع واحدهای حرارتی آفتابی و مجموع واحدهای حرارتی نوری است. نتایج این تحقیق

همچنین نشان داد روند افزایشی دمای کمینه، پیشینه، مجموع واحدهای حرارتی نوری و حرارتی آفتابی و روند منفی دامنه دما در صورت تداوم تأثیر نامطلوبی بر کیفیت میوه مرکبات خواهد داشت. علیجانی و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی تغییرات اقلیمی شهر یزد در رابطه با توسعه شهری و منطقه‌ای در طول دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۵۳) پرداختند. نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌ها نشان داد که با توجه به مطابقت روندهای دما و بارش، از سال ۱۹۹۷ به بعد، وضعیت خشکی در منطقه حاکم و روزبه‌روز بر شدت آن افزوده شده است.

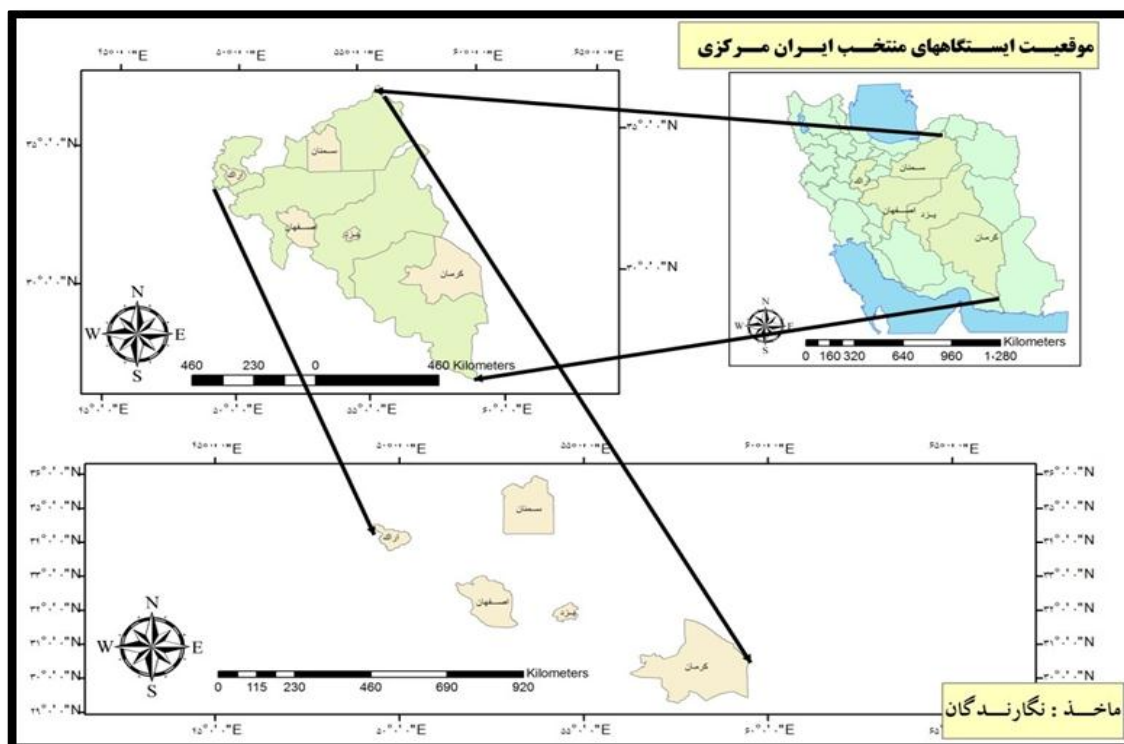
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه ایران مرکزی می‌باشد که بخش عظیمی از کشور را شامل می‌شود. به خاطر نقصان وجود آماره‌های بلندمدت برای بررسی روند در بیشتر مناطق ایران مرکزی ناچار شدیم چند ایستگاه که دارای آماره‌های بلندمدت می‌باشد را به عنوان نماینده ایران مرکزی انتخاب کنیم. مشخصات این ایستگاه‌ها در جدول شماره (۱) ذکر شده است. همچنین شکل شماره (۱) موقعیت ایستگاه‌ها در کشور را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های منتخب ایران مرکزی

ایستگاه‌ها	ارتفاع به متر	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)
اصفهان	۱۵۵۰.۴	E ۴۰ ۵۱	N ۳۷ ۳۲
یزد	۱۲۳۷.۲	E ۱۷ ۵۴	N ۵۴ ۳۱
کرمان	۱۷۵۳.۸	E ۵۸ ۵۶	N ۱۵ ۳۰
سمنان	۱۱۳۰.۸	E ۳۳ ۵۳	N ۳۵ ۳۵
اراک	۱۷۰.۸	E ۴۶ ۴۹	N ۶ ۳۴

منبع: یافته‌های پژوهش



شکل (۱): موقعیت ایستگاه‌های منتخب ایران مرکزی

منبع: نگارندگان

مواد و روش‌ها

بر اساس توصیه سازمان جهانی هواشناسی مبنی بر استفاده از آمارهای بلندمدت اقلیمی برای پی بردن به تغییرات اقلیمی، داده‌های بلندمدت ایران مرکزی از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۰ از سازمان هواشناسی کشور تهیه و با استفاده از روش‌های تفاضل‌ها و نسبت‌ها اقدام به بازسازی آن‌ها شد. روش اصلی این پژوهش، آزمون آماری گرافیکی من-کندال می‌باشد. این آزمون برای بررسی تصادفی بودن و بررسی روند در سری‌های زمانی به کار می‌رود. در ابتدا این آزمون برای مشخص کردن غیر پارامتریک بودن استفاده شد. به این ترتیب که سری‌های آماری به ترتیب صعودی مرتب و رتبه‌بندی می‌شوند. در این آزمون تصادفی بودن داده‌ها با عدم وجود روند مشخص می‌شود. در صورت وجود روند، داده‌ها غیر تصادفی بوده و برای غیر تصادفی بودن داده‌ها از آزمون زیر استفاده می‌شود (میشل و همکاران، ۱۹۶۶).

$$T = \frac{4P}{n(n-1)} - 1$$

که T آماره کندال و P مجموع تعداد رتبه‌های بزرگ‌تر از ردیف n_i که بعد از آن قرار می‌گیرند بوده و از رابطه:

$$p = \sum_{i=1}^n n_i$$

به دست می‌آید و n نیز تعداد کل سال‌های آماری مورد استفاده با $\sum x_i$ ها است. به منظور سنجش معنی‌دار بودن آماره T از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T_t = \pm t_{\alpha} \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}}$$

که t_{α} برابر است با مقدار بحرانی نمره نرمال یا استاندارد (z) با سطح احتمال آزمون است و با سطح احتمال ۹۵ درصد برابر با ۱/۹۶ می‌باشد. در صورت اعمال این مقدار، T_t معادل با ± 0.21 می‌شود. با توجه به مقدار بحرانی به دست آمده برای T_t ، حالات مختلفی بدین شرح مشاهده خواهد شد:

اگر $(T) > (T)_t$ یا $(T) < -(T)_t$ باشد، هیچ‌گونه روند مهمی در سری‌ها مشاهده نمی‌شود و سری‌ها تصادفی هستند. همچنین اگر $(T)_t < T < -0.21$ یا $T < -0.21$ باشد، نشان‌دهنده روند منفی در سری‌ها و در صورتی که $(T)_t < T < +0.21$ یا $T > +0.21$ باشد روند مثبت در سری‌ها غالب خواهد بود.

برای تعیین جهت روند، نوع و زمان تغییر نیاز به آزمون گرافیکی کندال می‌باشد. بدین منظور معمولاً از جدول ویژه‌ای استفاده می‌شود (برای آگاهی بیشتر به منبع شماره (۲) مراجعه شود). در جدول مذکور، 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 در ستون چهارم مقادیر عددی ستون سوم به ترتیب صعودی تنظیم می‌گردد. جهت تکمیل جدول مورد نظر نیاز به محاسبه ضریب t آزمون کندال می‌باشد که از رابطه زیر به دست می‌آید (1990, Sueyers).

$$t_i = \sum_{i=1}^n ni$$

که تابع توزیع آن در شرایطی که فرض صفر حاکم باشد از لحاظ مجانبی با میانگین واریانس برابر است.

$$E(t_i) = \frac{n(n-1)}{4}$$

واریانس آن برابر است با:

$$\text{Var}(t_i) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

در این آزمون وجود روند در شکل دوطرفه آن صحیح بوده و از این رو فرض صفر برای مقادیر بالای $|u(t_i)|$ رد می‌گردد و $u(t_i)$ از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$u(t_i) = [t_i - E(t_i)] / \sqrt{\text{var}(t_i)}$$

زمانی مقادیر $u(t_i)$ معنی‌دار است که روند افزایش یا کاهش در آن مشاهده شود و این بستگی دارد که مقدار آن بزرگ‌تر از صفر $\{u(t_i) > 0\}$ یا کوچک‌تر از صفر $\{u(t_i) < 0\}$ باشد.

برای تعیین زمان وقوع تغییر لازم است علاوه بر $u(t_i)$ مؤلفه $u(t'_i)$ نیز از رابطه زیر محاسبه شود:

$$(t'_i) = \sum_{i=1}^n ni$$

دیگر مؤلفه مورد نیاز مقدار u' است که معادل عکس u می‌باشد.

$$u'_i = -u(t'_i)$$

پس از محاسبات فوق و ترسیم نمودارهای مربوط وجود هرگونه روند در سری‌ها به صورت منفی ظاهر می‌شود و زمانی که روند معنی‌داری در داده‌ها وجود داشته باشد، خطوط u_i و u'_i همدیگر را قطع می‌کنند. اگر خطوط مذکور در داخل محدوده بحرانی (± 1.96) همدیگر را قطع کنند نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی و در صورتی که خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع نمایند بیانگر وجود روند در سری‌های زمانی است (Sueyers, 1990).

یافته‌ها

الف) تحلیل آزمون من- کندال بر روی داده‌های ماهانه

نتایج به دست آمده از اعمال آزمون آماره T و آماره بحرانی $(T)_t$ من - کندال (جدول ۲)، مشخص می‌کند که در ایستگاه اصفهان در تمام ماه‌ها هیچ تغییر و روندی مشاهده نشده است و سری‌ها تصادفی هستند. در ایستگاه یزد در تمام ماه‌های مورد مطالعه روند مشاهده شده از نوع مثبت بوده است. روند تغییرات افزایشی در ماه‌های سپتامبر، اکتبر، آوریل و نوامبر به ترتیب با اعداد ۰/۴۱، ۰/۴۱، ۰/۴۳ و ۰/۴۵ در ایستگاه یزد محسوس تراست. در ایستگاه کرمان در اکثر ماه‌ها، تغییرات از نوع روند بوده است، فقط ماه‌های ژانویه، مارس و ژوئن دارای روند معنی‌دار نیستند. در ایستگاه سمنان در اکثر ماه‌ها، روند مثبت حکم‌فرما می‌باشد. ماه‌های ژانویه، فوریه، آوریل، می، ژوئن، جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر دارای روند مثبت و در ماه‌های مارس، نوامبر و دسامبر هیچ‌گونه روندی مشاهده نشده است و سری‌ها تصادفی هستند. در ایستگاه اراک در اکثر ماه‌ها روندی مشاهده نشده است. روند تغییرات میانگین حداقل

دما در ایستگاه اراک در ماه‌های جولای و آگوست دارای روند مثبت و در بقیه ماه‌ها سری‌ها تصادفی هستند. نتیجه‌گیری که از روند تغییرات میانگین دمای حداقل ماهانه در ایستگاه‌های ایران مرکزی شد این است که در اکثر ایستگاه‌ها روند تغییرات، مثبت بوده است همچنین مقدار آماره کندال به‌دست آمده و معنی‌داری آن در شهرهای یزد، کرمان و سمنان در اکثر ماه‌ها دارای روند معنی‌دار و شهرهای اصفهان و اراک در اکثر ماه‌ها دارای روند معنی‌دار نیستند.

جدول ۲: نتایج ماهانه آماره کندال (T) و آماره بحرانی (T_p) و معنی‌داری دمای حداقل برای ایستگاه‌های ایران مرکزی

ماه پارامتر	دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	آگوست	جولای	ژوئن	می	آوریل	مارس	فوریه	ژانویه
میانگین دمای حداقل اصفهان	0.02	-0.03	0.1	0.1	0.04	0.1	0.05	0.08	0.18	0.09	0.07	-0.03
میانگین دمای حداقل یزد	*0.36	*0.45	*0.41	*0.41	*0.35	*0.41	*0.39	*0.35	*0.43	*0.25	*0.31	*0.32
میانگین دمای حداقل کرمان	*0.31	*0.33	*0.24	*0.23	*0.26	*0.29	0.1	*0.27	*0.25	0.19	*0.22	0.12
میانگین دمای حداقل سمنان	0.1	0.02	*0.31	*0.35	*0.28	*0.33	*0.34	*0.31	*0.31	0.19	*0.25	*0.22
میانگین دمای حداقل اراک	-0.1	-0.20	0.01	0.07	*0.22	*0.26	0.1	-0.07	0.02	-0.1	0.1	-0.03
مقدار آماره بحرانی (T _p)	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20

منبع: یافته‌های پژوهش

۱- ارقام داخل جدول T یا مقدار آماره کندال می‌باشد.

۲- علامت * در کنار هر عدد بیانگر معنادار بودن پارامتر در بازه زمانی مشخص شده می‌باشد.

۳- معنی‌داری در سطح ۹۵٪ در نظر گرفته شده است.

ب) تحلیل آزمون من-کندال بر روی داده‌های فصلی

با توجه به جدول ۳ مشخص می‌گردد که در ایستگاه اصفهان در عنصر میانگین دمای حداقل در تمام فصول روندی مشاهده نشده است. در ایستگاه یزد در تمام فصول روند مثبت دما قابل مشاهده می‌باشد که در فصل پاییز این روند افزایشی محسوس‌تر می‌باشد. در ایستگاه کرمان به‌جز در فصل زمستان که هیچ روندی مشاهده نشده است، در تمام فصول روند مثبت حداقل دما کاملاً قابل مشاهده می‌باشد. در ایستگاه سمنان به‌جز در فصل پاییز که هیچ تغییری مشاهده نشده است، در تمام فصول دیگر روند افزایشی دما حکم‌فرما می‌باشد. در ایستگاه اراک نیز همانند ایستگاه اصفهان، در تمام فصول هیچ روندی مشاهده نشده است.

جدول ۳: نتایج فصلی آماره کندال (T) و آماره بحرانی (T_p) برای ایستگاه‌های ایران مرکزی

فصل پارامتر	پاییز T	زمستان T	بهار T	تابستان T
میانگین فصلی دمای حداقل اصفهان	0.03	0.04	0.1	0.09
میانگین فصلی دمای حداقل یزد	*0.41	*0.29	*0.39	*0.39
میانگین فصلی دمای حداقل کرمان	*0.29	0.17	*0.23	*0.26
میانگین فصلی دمای حداقل سمنان	0.15	*0.22	*0.31	*0.32
میانگین فصلی دمای حداقل اراک	-0.1	0.03	0.03	0.19
مقدار آماره بحرانی (T _p)	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20

منبع: یافته‌های پژوهش

۱- T نشان‌دهنده مقدار آماره کندال می‌باشد.

۲- علامت * در کنار هر عدد بیانگر معنادار بودن پارامتر در بازه زمانی مشخص شده می‌باشد.

۳- معنی‌داری در سطح ۰.۹۵٪ در نظر گرفته شده است.

ج) تحلیل آزمون من-کندال بر روی داده‌های سالانه

بررسی و مطالعه میانگین دمای حداقل سالانه با استفاده از آزمون من-کندال حاکی از وجود روند در دوره مورد مطالعه است. محاسبات انجام شده در جدول ۴ مشخص می‌کند که در ایستگاه اصفهان و اراک، در طول دوره مورد مطالعه هیچ تغییری در پارامتر میانگین دمای حداقل مشاهده نشده است. در ایستگاه‌های یزد، کرمان، سمنان، روند تغییرات از نوع افزایشی می‌باشد که در این مورد ایستگاه یزد با عدد ۰/۶۶ بالاتر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد.

جدول ۴: نتایج سالانه آماره کندال (T) و آماره بحرانی (T)t برای ایستگاه‌های ایران مرکزی

نام ایستگاه پارامتر	اصفهان	یزد	کرمان	سمنان	اراک
	T	T	T	T	T
میانگین دمای حداقل سالانه	0.1	*0.66	*0.53	*0.40	0.06
مقدار آماره بحرانی (T)t	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20	±0.20

منبع: یافته‌های پژوهش

۱- T نشان‌دهنده مقدار آماره کندال می‌باشد.

۲- علامت * در کنار هر عدد بیانگر معنادار بودن پارامتر در بازه زمانی مشخص شده می‌باشد.

۳- معنی‌داری در سطح ۰.۹۵٪ در نظر گرفته شده است.

د) تحلیل آزمون نموداری من-کندال جهت تعیین نوع و زمان تغییر

برای این کار ابتدا نمودار کندال با استفاده از مؤلفه u و u^2 برای عنصر اقلیمی میانگین دمای حداقل در مقیاس ماهانه و سالانه ترسیم شد. سپس با توجه به خصوصیات آزمون گرافیکی کندال نوع و زمان تغییر مشخص گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نمودارها در جدول (۵ و ۶) ارائه شده است. به دلیل حجم زیاد نمودارها (بیش از ۶۰ نمودار) امکان ترسیم همه آن‌ها در این بحث وجود نداشته و فقط نمونه‌هایی از آن آورده شده است.

در این پژوهش وجود هرگونه روند با حرف T (مخفف TREND)، جهش ناگهانی در تقاطع مؤلفه‌های U و U^2 با حرف A (مخفف ABRUPT)، افزایش یک عنصر با حرف I (مخفف INCREASE) و کاهش آن با حرف D (مخفف DECREASE) مشخص شده است (برگرفته از عزیززی و روشنی، ۱۳۸۷: ۲۸-۱۳). همچنین نتایج سالانه آزمون گرافیکی کندال برای آماره میانگین دمای حداقل در شکل ۲ ارائه شده است. طبق جدول (۵) در ایستگاه اصفهان، تغییرات از نوع روند نبوده و تغییرات از نوع تصادفی و ناگهانی هستند، این تغییرات از نوع جهش مثبت بوده است. در ایستگاه اصفهان در ماه‌های فوریه، می، جولای، اگوست و اکتبر به ترتیب از سال‌های ۱۹۹۷، ۱۹۶۹، ۱۹۶۸، ۱۹۶۷ و ۱۹۸۶ تغییرات پس از تلاقی با خط شاخص بررسی تغییرات شروع شده و تا سال مورد بررسی در این پژوهش (۲۰۱۰) ادامه داشته است. در ایستگاه یزد در بیشتر ماه‌ها تغییرات دارای روند افزایشی بوده است. در ایستگاه یزد، ماه‌های ژانویه، فوریه، می، ژوئن، جولای، اگوست، سپتامبر، اکتبر و نوامبر به ترتیب از سال‌های

۱۹۷۸، ۱۹۸۱، ۱۹۸۲، ۱۹۶۶، ۱۹۷۰، ۱۹۶۹، ۱۹۷۰، ۱۹۷۶، ۱۹۸۰، تغییرات پس از تلاقی با خط شاخص بررسی تغییرات شروع شده و تا سال مورد بررسی در این تحقیق ادامه داشته است. در ایستگاه کرمان، در ماه‌های ژانویه، مارس و ژوئن تغییرات از نوع جهش مثبت بوده است و این تغییرات به ترتیب از سال‌های ۱۹۶۶، ۱۹۷۹ و ۱۹۶۸ شروع شده است و تا سال مورد بررسی در این پژوهش ادامه داشته است. همچنین در ایستگاه کرمان ماه‌های فوریه، می، جولای، آگوست، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر تغییرات دارای روند افزایشی و به ترتیب از سال‌های ۱۹۷۸، ۱۹۷۸، ۱۹۷۸، ۱۹۸۷، ۱۹۷۷، ۱۹۷۵، ۱۹۶۸، ۱۹۷۹ و ۱۹۷۵ این تغییرات آغاز شده و تا سال مورد بررسی در این مقاله ادامه داشته است. در ایستگاه سمنان فقط در ماه مارس تغییرات از نوع جهش مثبت بوده است که از سال ۱۹۶۸ این تغییرات آغاز شده و تا سال مورد بررسی ادامه داشته است، ولی در ماه‌های ژانویه، فوریه، آوریل، می، ژوئن، جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر تغییرات از نوع روند افزایشی بوده است و این تغییرات به ترتیب از سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۷۸، ۱۹۷۷، ۱۹۷۹، ۱۹۶۹، ۱۹۸۲، ۱۹۸۸، ۱۹۸۲ و ۱۹۷۹ آغاز شده و تا سال مورد بررسی (۲۰۱۰) ادامه داشته است. در ایستگاه اراک ماه‌های فوریه، مارس، ژوئن، سپتامبر، نوامبر و دسامبر دارای تغییرات از نوع جهش مثبت بوده است. در ماه‌های ذکر شده، فقط نوامبر دارای جهش منفی بوده است و بقیه ماه‌های ذکر شده دارای جهش مثبت بوده است. این تغییرات به ترتیب در سال‌های ۱۹۷۴، ۱۹۷۶، ۱۹۷۰، ۱۹۹۵، ۱۹۷۲ و ۱۹۶۸ آغاز شده و تا سال مورد بررسی ادامه داشته است. همچنین در ایستگاه اراک ماه‌های جولای و آگوست تغییرات از نوع روند افزایشی بوده است، این تغییرات به ترتیب از سال‌های ۱۹۷۱ و ۱۹۷۹ آغاز شده و تا سال مورد بررسی (۲۰۱۰) ادامه داشته است.

جدول ۵: نوع و زمان تغییر دمای حداقل در مقیاس ماهانه طی دوره ۴۶ ساله

ماه	اصفهان	یزد	کرمان	سمنان	اراک
ژانویه	-	TI ₇₂	AI ₇₂	TI ₂₄	-
فوریه	AI ₂₇	TI ₇₂	TI ₇₂	TI ₇₂	AI ₇₂
مارس	-	-	AI ₂₂	AI ₂₂	AI ₂₂
آوریل	-	-	-	TI ₇₇	-
می	AI ₂₇	TI ₂₇	TI ₂₂	TI ₇₇	-
ژوئن	-	TI ₇₂	AI ₂₂	TI ₂₇	AI ₇₂
جولای	AI ₂₂	TI ₂₂	TI ₇₂	TI ₂₂	TI ₇₂
آگوست	AI ₂₇	TI ₂₂	TI ₇₇	TI ₂₂	TI ₇₇
سپتامبر	-	TI ₂₂	TI ₂₇	TI ₂₂	AI ₇₂
اکتبر	AI ₂₂	TI ₇₂	TI ₇₂	TI ₇₇	-
نوامبر	-	TI ₂₂	TI ₇₂	-	AD ₇₄
دسامبر	-	-	TI ₇₂	-	AI ₂₂

منبع: یافته‌های پژوهش

TD: روند کاهش، TI: روند افزایشی، AD: جهش منفی، AI: جهش مثبت

طبق بررسی‌هایی که بر روی نوع و زمان تغییر نمودارهای گرافیکی آماره کندال در مقیاس سالانه صورت گرفت و خلاصه آن در جدول ۶ (نوع و زمان تغییر آماره کندال در مقیاس سالانه طی دوره مورد مطالعه) ارائه شده است، در ایستگاه اصفهان در مقیاس سالانه، تغییرات از نوع جهش مثبت بوده است. این تغییرات از سال ۱۹۶۸ آغاز شده است و تا سال مورد بررسی در این مقاله ادامه داشته است. در ایستگاه یزد در مقیاس سالانه، تغییرات آماره کندال از نوع

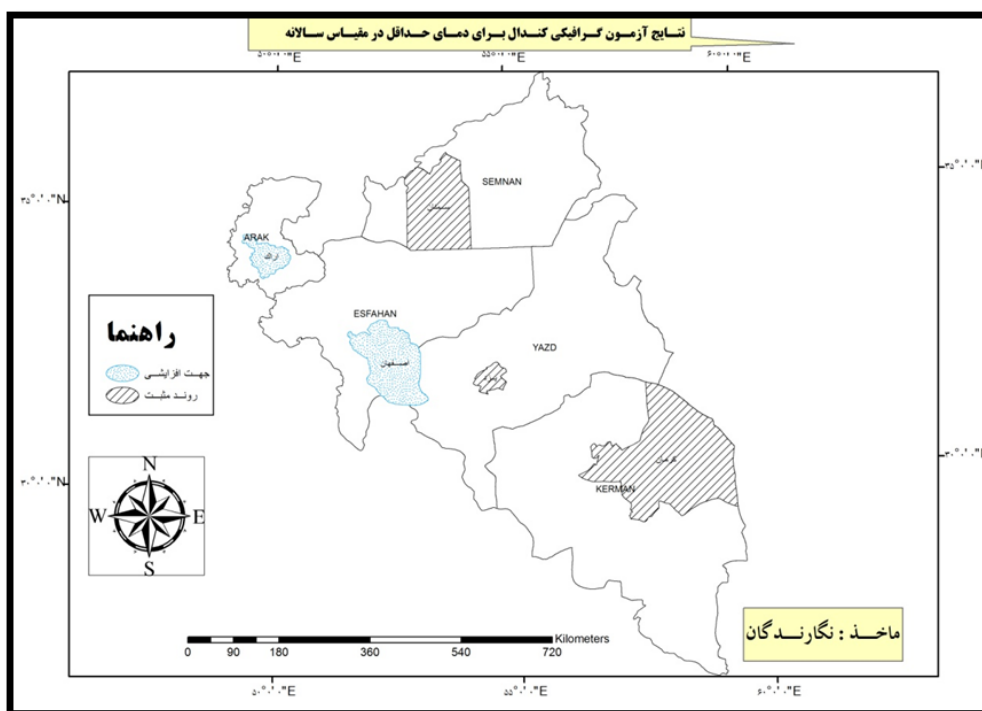
روند افزایشی بوده است. این تغییرات از سال ۱۹۷۳ آغاز و تا سال مورد بررسی (۲۰۱۰) ادامه داشته است. در ایستگاه کرمان، نوع و جهت تغییرات از نوع روند افزایشی بوده است. این تغییرات از سال ۱۹۷۶ آغاز و تا سال مورد بررسی ادامه داشته است. در ایستگاه سمنان نیز همانند دو ایستگاه قبلی ذکر شده، نوع و جهت تغییرات از نوع روند افزایشی بوده است و این تغییرات از سال ۱۹۸۴ آغاز و تا سال مورد بررسی (۲۰۱۰) ادامه داشته است. در ایستگاه اراک همانند ایستگاه اصفهان، تغییر آماره کندال از جهش مثبت بوده است، نقطه شروع این تغییر از سال ۱۹۷۷ تا سال مورد بررسی (۲۰۱۰) بوده است.

جدول ۶: نوع و زمان تغییر دمای حداقل در مقیاس سالانه طی دوره ۴۶ ساله

ایستگاه‌ها	اصفهان	یزد	کرمان	سمنان	اراک
نوع و زمان تغییر	AI _{۷۷}	TI _{۷۳}	TI _{۷۳}	TI _{۷۶}	AI _{۷۷}

منبع: یافته‌های پژوهش

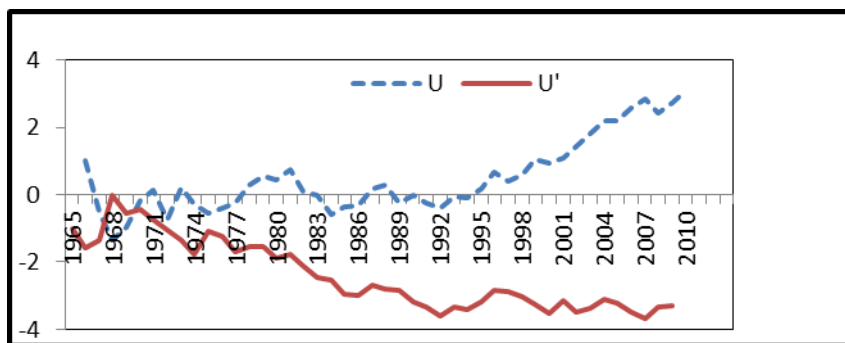
TD: روند کاهش، TI: روند افزایشی، AD: جهش منفی، AI: جهش مثبت



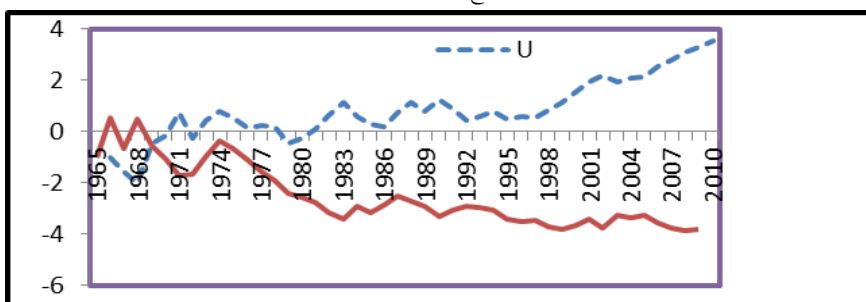
شکل ۲: نتایج آزمون گرافیکی کندال برای دمای حداقل در مقیاس سالانه

منبع: نگارندگان

در شکل شماره ۳ و ۴ به‌عنوان نمونه، روند مثبت معنی‌داری حداقل دما، در شهر یزد در ماه فوریه و مینشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، طبق تعریف آماره کندال، روند معنی‌داری مثبت در ماه فوریه، از سال ۱۹۷۰ میلادی و در ماه می از سال ۱۹۶۹، پس از تلاقی با خط شاخص بررسی تغییرات، شروع و تا سال مورد بررسی (۲۰۱۰) ادامه داشته است.

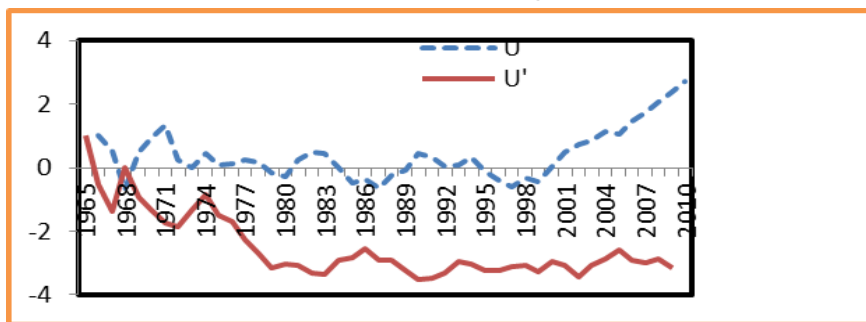


شکل ۳: روند معنی‌داری مثبت دما در ماه فوریه در شهر یزد در دوره مورد مطالعه
منبع: نگارندگان

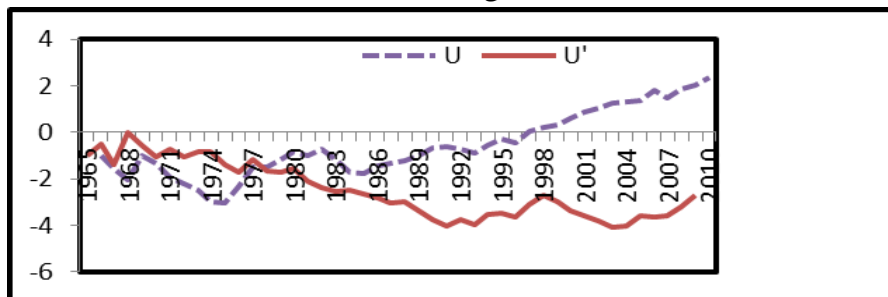


شکل ۴: روند معنی‌داری مثبت دما در ماه می شهر یزد طی دوره مورد مطالعه
منبع: نگارندگان

در شکل شماره ۵ و ۶ روند مثبت معنی‌داری حداقل دما در ماه می و اکتبر شهر کرمان نمایش داده شده است. همانگونه که بر روی نمودار نمایش داده شده است، طبق تعریف آماره کندال، روند معنی‌داری مثبت در ماه‌های می و اکتبر به ترتیب از سال‌های ۱۹۶۸ و ۱۹۷۸ شروع شده و تا سال مورد بررسی ادامه داشته است.

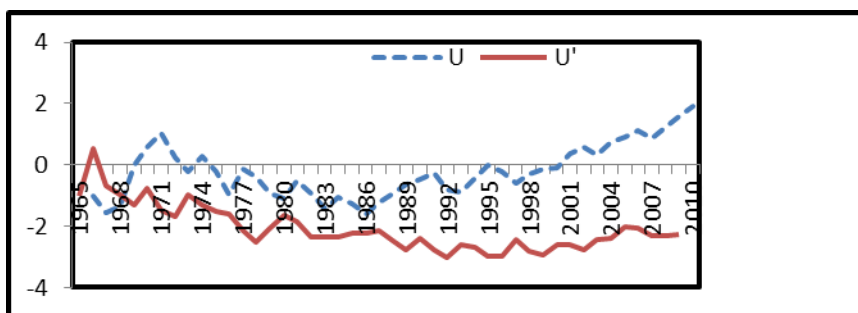


شکل ۵: روند معنی‌داری مثبت دما در ماه می شهر کرمان طی دوره مورد مطالعه
منبع: نگارندگان



شکل ۶: روند معنی‌داری مثبت دما در ماه اکتبر شهر کرمان طی سال‌های مورد مطالعه
منبع: نگارندگان

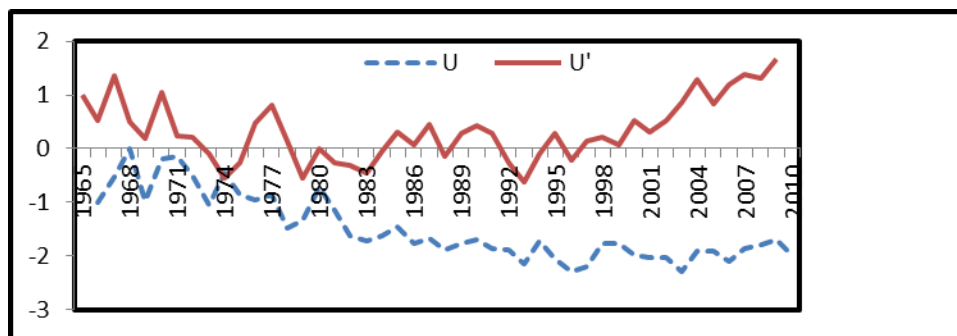
در شکل ۷، نمودار جهش افزایشی دمای حداقل در ماه مارس در شهر سمنان طی دوره مورد بررسی نمایش داده شده است. این تغییر از سال ۱۹۶۸ آغاز شده و تا سال مورد بررسی ادامه داشته است.



شکل ۷: جهش افزایشی دمای حداقل در ماه مارس شهر سمنان طی دوره مورد مطالعه

منبع: نگارندگان

در شکل ۸، تنها جهش کاهشی که در دوره مورد بررسی در ایستگاه‌های منتخب اتفاق افتاده است را نمایش می‌دهد. این تغییر در ایستگاه اراک در ماه نوامبر از سال ۱۹۷۴ آغاز شده و تا سال مورد بررسی ادامه داشته است.

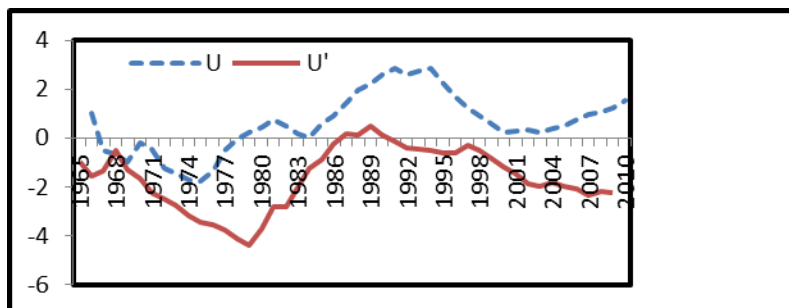


شکل ۸: جهش کاهشی دمای حداقل در ماه نوامبر شهر اراک طی دوره مورد مطالعه

منبع: نگارندگان

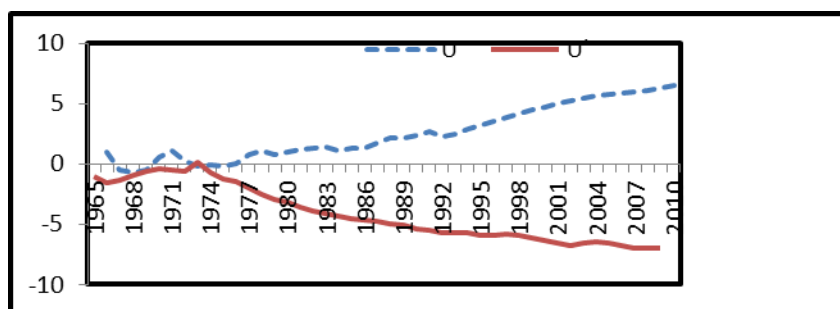
از تمام نمودارهایی که به صورت ماهانه ترسیم شده است و به دلیل حجم زیاد، فرصت نمایش آن‌ها در این پژوهش مقدور نبود، در اکثر ماه‌ها افزایش دمای حداقل در ایستگاه‌های منتخب مشاهده شده است، نوع این تغییرات نیز بیشتر روند مثبت و جهش افزایشی بوده است.

در شکل‌های ۹ و ۱۰ دو نمونه دیگر از نمودارهای آماره کندال که به صورت سالانه ترسیم شده‌اند، برای فهم بهتر موضوع نمایش داده شده است. در مقیاس سالانه نیز همانند مقیاس ماهانه در تمام ایستگاه‌های منتخب دمای حداقل روند مثبت و افزایشی را نشان می‌دهد.



شکل ۹: جهش افزایشی دمای حداقل در مقیاس سالانه شهر اصفهان طی دوره مورد بررسی

منبع: نگارندگان



شکل ۱۰: روند افزایشی دمای حداقل در مقیاس سالانه شهر یزد طی دوره مورد بررسی

منبع: نگارندگان

جدول ۷: فراوانی مورد مطالعه در دهه‌های و درصد تغییرات عنصر اقلیمی در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری

کل تغییرات	افزایشی	کاهشی	روند مثبت	روند منفی	واحد مقایسه
3	1	0	2	0	تعداد ژانویه
%100	%33	0	%67	0	درصد
5	2	0	3	0	تعداد فوریه
%100	%40	0	%60	0	درصد
3	3	0	0	0	تعداد مارس
%100	%100	0	0	0	درصد
1	0	0	1	0	تعداد آوریل
%100	0	0	%100	0	درصد
4	1	0	3	0	تعداد می
%100	%25	0	%75	0	درصد
4	2	0	2	0	تعداد ژوئن
%100	%50	0	%50	0	درصد
5	1	0	4	0	تعداد جولای
%100	%20	0	%80	0	درصد
5	1	0	4	0	تعداد اگوست
%100	%20	0	%80	0	درصد
4	1	0	3	0	تعداد سپتامبر
%100	%25	0	%75	0	درصد
4	1	0	3	0	تعداد اکتبر
%100	%25	0	%75	0	درصد
3	2	0	0	1	تعداد نوامبر
%100	%67	0	0	%33	درصد
2	1	0	1	0	تعداد دسامبر
%100	%50	0	%50	0	درصد
5	3	0	2	0	تعداد سالبانه
%100	%60	0	%40	0	درصد
43	16	0	26	1	تعداد دوره
%100	%37	0	%61	%2	درصد

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۸: فراوانی وقوع و درصد تغییرات آماره کندال در مقیاس فصلی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

دوره	پاییز		تابستان		بهار		زمستان		زمان نوع تغییر
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
0	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	روند منفی
28	66.6%	6	100%	11	66.6%	6	45.4%	5	روند مثبت
1	11.1%	1	0	0	0	0	0	0	کاهشی
14	22.2%	2	27.2%	3	33.3%	3	54.5%	6	افزایشی
40	22.5%	9	27.5%	11	27.5%	9	27.5%	11	کل تغییرات

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۹: فراوانی و درصد وقوع زمان تغییرات عنصر ماهانه و سالانه ایستگاه‌های منتخب

کل تغییرات	۲۳ سال دوم (۱۹۸۹-۲۰۱۰)		۲۳ سال اول (۱۹۶۵-۱۹۸۸)		واحد مقایسه
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
3	0	0%	3	100%	ژانویه
5	1	20%	4	80%	فوریه
3	1	33.3%	2	66.6%	مارس
1	0	0%	1	100%	آوریل
4	0	0%	4	100%	می
4	0	0%	4	100%	ژوئن
5	0	0%	5	100%	جولای
5	0	0%	5	100%	اگوست
4	0	0%	4	100%	سپتامبر
4	0	0%	4	100%	اکتبر
3	0	0%	3	100%	نوامبر
2	0	0%	2	100%	دسامبر
5	0	0%	5	100%	سالپایانه
43	2	4.6%	41	95.3%	دوره

منبع: یافته‌های پژوهش

در جداول ۷، ۸ و ۹ به بررسی کلی تعداد این روندها در کل دوره، مقیاس فصلی و دو دوره جداگانه ۲۳ ساله پرداخته شده است. جدول ۷ نشان می‌دهد که از مجموع ۵ ایستگاه مورد بررسی در ایران مرکزی، ۵ مورد تغییرات به صورت روند معنی‌دار و غیر معنی‌دار در جهت مثبت مشاهده شد که از این میزان ۲ مورد (۴۰٪) بیانگر روند مثبت می‌باشد و ۳ مورد دیگر (۶۰٪) شیب در جهت مثبت که بیانگر افزایش دما است را نشان می‌دهد. همچنین بررسی نوع تغییرات فصلی در جدول ۸ نشان می‌دهد که اکثر تغییرات در فصل زمستان از نوع تغییرات ناگهانی (۵۴/۵٪) بوده است و بعد از آن تغییرات از نوع روند افزایشی بوده است که کل ایستگاه‌های منتخب در ایران مرکزی را متأثر ساخته است. در همین راستا در فصل بهار ۶۶/۶٪ تغییرات از نوع روند بوده است که تماماً از نوع روند مثبت و حاکی از افزایش دمای شبانه در کل دوره است. تغییرات در فصل تابستان نسبت به فصول دیگر از همگنی بیشتری برخوردار بوده و مجموع تغییرات از نوع روند مثبت و افزایشی می‌باشد. همچنین در فصل پاییز همانند فصل بهار، ۶۶/۶٪ تغییرات از نوع روند مثبت و افزایشی بوده است و دلیلی بر افزایش دمای شبانه در این فصل می‌باشد. مقدار کل تغییر نشان می‌دهد که درصد تغییرات فصل زمستان با تابستان و بهار با پاییز دقیقاً باهم برابر شده است. در جدول ۹ برای تحلیل دقیق‌تر زمان وقوع تغییرات، کل دوره به دو دوره ۲۳ ساله تقسیم شده است که تا از این طریق همزمانی تغییرات در ایستگاه‌ها مشخص شود. جدول ۹ نشان می‌دهد که میزان تغییرات سالانه در ۲۳ سال اول تمام تغییرات یعنی ۱۰۰٪ تغییرات را به خود اختصاص داده است.

نتیجه‌گیری

منطقه مورد بررسی ایران مرکزی می‌باشد، منطقه‌ای که همیشه با کمبود جدی آب مواجه بوده است. یکی از دلایل کمبود آب افزایش تبخیر می‌باشد و افزایش تبخیر در نتیجه افزایش دما می‌باشد. با بررسی و مطالعاتی که بر روی عنصر دمای حداقل ۵ ایستگاه ایران مرکزی صورت گرفت مشخص شد که این عنصر در طول دوره (۱۹۶۵-۲۰۱۰) تغییر کرده است. این تغییرات در سه مقطع ماهانه، سالانه و فصلی مورد بررسی قرار گرفته است. نوع این تغییرات نوسانات کوتاه‌مدت و روند بوده است که در بعضی از سری‌های ماهانه، فصلی و سالانه مشاهده می‌شود.

در بررسی دمای حداقل مشخص شد که تغییرات در تمام ایستگاه‌های ایران مرکزی از نوع ناگهانی و روند، در جهت مثبت و افزایشی بوده است. تغییرات در سه ایستگاه یزد، کرمان و سمنان دارای روند معنی‌داری مثبت و در دو ایستگاه اصفهان و اراک تغییرات از نوع ناگهانی و افزایشی بوده است. همچنین نتایج بررسی در مقیاس فصلی نشان می‌دهد که اکثر تغییرات در فصل زمستان از نوع تغییرات ناگهانی و در فصل بهار، تابستان و پاییز تغییرات از نوع روند معنی‌داری مثبت بوده است و درصد این تغییرات در فصل زمستان با تابستان و بهار با پاییز دقیقاً باهم برابر شده است. روند افزایش دمای حداقل در تابستان با افزایش تبخیر همراه است که باید برای این روند افزایشی راهکاری جستجو کرد و در مدیریت بهتر آب راهکارهایی را ارائه داد. از لحاظ درصد تغییرات در دوره مورد بررسی، حدود ۱۰۰ درصد تغییرات در ۲۳ سال ابتدایی دوره مورد بررسی به وقوع پیوسته است. نمودارهای گرافیکی کنдал نیز حاکی از وجود روند معنی‌داری مثبت حداقل دما در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌باشد. باید به این نکته نیز توجه داشت که بررسی افزایش دما تنها پارامتر قابل بررسی در زمینه تغییر اقلیم نمی‌باشد، بلکه به عنوان یکی از آگاهی‌دهنده‌ها در این زمینه مورد توجه است. در این زمینه باید به نقش تغییرات بارش، ابرناکی،

تابش‌های طول موج بلند و کوتاه و سایر پارامترهای اقلیمی نیز پرداخت. همچنین با بررسی تکمیلی و مطالعه فصلی این پارامترها در فصول کشت می‌توان برنامه‌ریزی مناسبی برای عملیات‌های کشاورزی انجام داد. زیرا افزایش دما می‌تواند با کاهش مقدار رطوبت خاک، تغییر در سرعت تبادل گازها از پوشش گیاهی و خاک، کاهش میزان دبی رودخانه‌ها و سطح آب زیرزمینی، خسارات جبران‌ناپذیر به زمین‌های زراعی وارد کند. (سبزی پرور، سیف، قیامی، ۱۳۹۲: ۱۳۸-۱۱۷).

منابع

- ابراهیمی، حسین؛ امین عزیزاده؛ سهیلا جوانمرد (۱۳۸۵). بررسی وجود تغییرات دما در دشت مشهد به‌عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۹. اصفهان.
- امینی نیا، کریم، حسن لشکری، بهلول علیجانی (۱۳۸۹). بررسی و تحلیل نوسانات بارش برف سنگین در شمال غرب ایران. مجله فضای جغرافیایی. سال دهم. شماره ۲۹. بهار، خورشید دوست، علی محمد، یوسف قویدل رحیمی، کریم عباس زاده (۱۳۸۹). کاربرد الگوهای کلان مقیاس جوی - اقیانوسی در تحلیل نوسانات بارش (مطالعه موردی ایستگاه اهر). مجله فضای جغرافیایی. سال دهم. شماره ۲۹. پاییز ۱۳۸۹.
- روشنی، محمود، (۱۳۸۲)، بررسی سواحل اقلیمی دریای خزر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما دکتر قاسم عزیزی، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران.
- زابل عباسی، فاطمه؛ مرتضی اثمیری؛ شراره ملبوسی (۱۳۸۶). تحلیل مقدماتی سری‌های زمانی دمای هوای شهر مشهد کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت منابع آب. ۲۴ بهمن.
- زاهدی، مجید؛ بهروز ساری صراف؛ جاوید جمعی (۱۳۸۶). تحلیل تغییرات زمانی - مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۱۰. زاهدان.
- رسولی، علی اکبر، ایمان بابائیان، هوشنگ قائمی، پیمان زوار رضا (۱۳۹۱). تحلیل سری‌های زمانی فشار مراکز الگوهای سینوپتیکی مؤثر بر بارش فصلی ایران. مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۲۷. تابستان ۱۳۹۱.
- سبزی پرور، علی اکبر، راضیه میرگلوی بیات، فرشته قیامی شمami (۱۳۹۰). ارزیابی روند احتمالی تغییرات اختلاف دمای شبانه‌روزی در برخی اقلیم‌های خشک کشور طی پنج دهه گذشته. مجله پژوهش فیزیک ایران. جلد ۱۱. شماره ۱. بهار ۱۳۹۰.
- سایت رسمی سازمان هواشناسی کشور www.weather.ir/farsi
- سبزی پرور، علی اکبر؛ زهرا سیف، فرشته قیامی (۱۳۹۲). تحلیل روند دما در برخی از ایستگاه‌های مناطق خشک و نیمه خشک کشور. مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۳۰. زاهدان.
- شیرغلامی، هادی؛ بیژن قهرمان (۱۳۸۴). بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم. شماره اول.
- عزیزی، قاسم (۱۳۸۳). تغییر اقلیم، تهران. نشر قومس.
- عزیزی، قاسم؛ محمود روشنی (۱۳۸۷). مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال، مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۴. تهران.
- عزیزی، قاسم؛ مصطفی کریمی احمدآباد؛ زهرا سبک خیز (۱۳۸۴). روند دمایی چند دهه اخیر ایران و افزایش CO₂. نشریه علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم. شماره ۵. جلد ۴. تهران.

- عساکره، حسین (۱۳۸۳). تحلیلی آماری بر تغییرات میانگین سالانه دمای شهر زنجان طی دهه‌های اخیر، مجله نیوار. بهار و تابستان. شماره ۵۲ و ۵۳. تهران.
- عساکره، حسین؛ حسنعلی غیور (۱۳۸۲). بررسی آماری روند بلندمدت بارش سالانه اصفهان، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. ۲۹ مهر الی اول آبان. دانشگاه اصفهان.
- عسگری، احمد؛ فاطمه رحیم زاده (۱۳۸۵) مطالعه تغییرپذیری بارش دهه‌های اخیر ایران، مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۸. تهران.
- علیجانی، بهلول (۱۳۷۴). آب‌وهوای ایران، تهران. انتشارات دانشگاه پیام نور.
- علیجانی، بهلول، سعیده مویدفر، مهدیه صبابی مهر (۱۳۸۹). بررسی تغییرات اقلیمی شهر یزد در رابطه با توسعه شهری و منطقه‌ای. مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری. سال اول. شماره سوم. زمستان ۱۳۸۹.
- غیور، حسنعلی؛ حسین عساکره (۱۳۸۲). کاربرد مدل‌های فوری در برآورد دمای ماهانه و آینده‌نگری آن، مطالعه موردی: دمای مشهد، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. دانشگاه اصفهان.
- فلاح قالهری، غلام عباس، جواد خوشحال دستجردی، مجید حبیبی نوخندان (۱۳۹۰). ارزیابی روند خطی تغییرات پارامترهای آگروکلیمایی مؤثر بر رشد مرکبات مطالعه موردی: شمال ایران. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی. سال دوم. شماره پنجم و ششم. بهار و تابستان ۱۳۹۰.
- قهرمان، نوذر، ابوذر قره خانی (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد در گستره اقلیمی ایران. مجله آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۱. جلد ۴، بهار ۱۳۸۹.
- محمدی، بختیار (۱۳۹۰). تحلیل روند بارش سالانه ایران، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. شماره ۴۳. پاییز ۱۳۹۰.
- مساح یوانی، علیرضا؛ پریسا سادات آشفته (۱۳۸۶). بررسی اهمیت موضوع تغییر اقلیم در جهان و تأثیر آن بر سیستم‌های مختلف، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت منابع آب. ۲۴ بهمن.
- وفاه خواه، مهدی، محمد بخشی تیرگانی، مجید خزائی (۱۳۹۱). تحلیل روند بارندگی ودبی در حوزه آبخیز کشف رود. مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۲۹. زمستان ۱۳۹۱.
- Hansen, J., Sato, M. R. Lo, K. Lea, D. and Elizade. M (2006). Global temperature. Change, Science, 39.
- Manabe, Syukuro, Richard T. Wetherald (1975). The Effects of Doubling the Co₂ Concentration on the Climate of a General Circulation Model. Journal of Atmospheric Sciences, 32.
- Morrissey, M.L. and Graham, N.E. (1996). Recent Trends in Rain Gauge Precipitation Measurements from the Tropical Pacific, Bulletin of the American Meteorological Society, 77.
- Proedor, M. et al. (1997). Spatial and Temporal Variability of the seasonal Rainfall in Greece, Climate Dynamics, 13.
- Rebetez, M. and Reinhard, M. (2008). Monthly air Temperature trend in Switzerland 1901-2000 and 1975-2004, Theor. Appl. Climatol, 91.
- Seleshi, Y. and Zanke, U. (2004). Recent changes in Rainfall and Rainy days in Ethiopia, International Journal of Climatology, 24.
- Sneyers, R. (1990). On the Statistical analysis of series of observation, WMO Technical Note, 415.
- 34-Toreti, A. and Desiato, F. (2008). Temperature Trend over Italy from 1961-2004, Appl. Climatol, 91.
- Turkesh, M., Sumer, M. U. and Demir, S. (2002). Re-Evaluation of Trends and Changes in Mean, Maximum and Minimum Temperatures of Turkey for the Period 1929-1999, International Journal of Climatology.
- Yue, S. and Hashino, M. (2003). Temperature Trends in Japan: 1900-1996. Theor. Appl. Climatol, 75.
- Zhuoheng Chen and Stephen, E. Grasby (2009). Impact of decadal and century-scale oscillations on hydroclimate trend analyses, journal of Hydrology, 365.

- Sanjiv, Kumar, Venkatesh, Merwade, Jonghun, Kam and Kensay, Thurner (2009). Stream flow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. *Journal of Hydrology*, 374.
- Khaliq, M.N., Ouarda, Taha B.M.J., Gachon Philippe, Sushama, Laxmi and St-Hilaire Andre (2009). Identification of hydrological trends in the presence of serial and cross correlations: A review of flow selected methods and their application to annual regimes of Canadian rivers. *Journal of Hydrology*, 368(1-4).
- Xu, Zongxue, Liu, Zhaofei, Fu, Guobin, and Yaning, Chen (2010). Trends of Major River basin during the past 50 years, *Journal of Arid Environments*, 74.