

بررسی روند تغییرات پارامتر دما در ایستگاه شهر کرد

محمد رضا نوری^{۱*}، زینب احمدی مقدم^{۲**}

۱- دانشیار، عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب دانشگاه شهر کرد

۲- نویسنده مسؤل، دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهر کرد

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۲۸، تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۱۱)

چکیده

در این پژوهش روند دماهای بیشینه، کمینه و متوسط در ایستگاه شهر کرد در دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۶۳ بررسی شده است. این ایستگاه در سال ۱۳۸۱ به محل فرودگاه شهر کرد تغییر مکان داده شد که از لحاظ استقرار دارای جابه‌جایی ناچیزی بود. معنی‌داری روند دما با مقایسه میانگین دو نیمه متوالی، آزمون من-کندال و آزمون گرافیکی من-کندال و تحلیل روند در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه انجام شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین دو نیمه متوالی بیانگر این بود که در پانزده سال دوم نسبت به پانزده سال اول، متوسط کمینه دما ۰/۸۱- کاهش و بیشینه دما ۰/۹۸ افزایش داشتند. بر اساس آزمون من-کندال بیشینه دما در ماه‌های اسفند و مهر روند معنی‌دار افزایشی را نشان می‌دهد. هر سه روش تأیید کردند که بیشینه دما سالانه در ایستگاه شهر کرد روند افزایشی دارد ولی روندی معنی‌داری را در متوسط دمای سالانه نشان ندادند. آزمون گرافیکی من-کندال روند معنی‌دار کاهشی را برای متوسط دمای کمینه سالانه تأیید کرد. همچنین نتایج آزمون من-کندال نشان داد که بیشینه دما در تمامی فصل‌ها دارای روند غیر معنی‌دار افزایشی و کمینه دما روند غیر معنی‌دار کاهشی را دارد.

واژه‌های کلیدی: آزمون من-کندال، ایستگاه شهر کرد، دما، روند.

بایستی داده‌ها تصادفی و دارای توزیع نرمال باشند. از طرف دیگر آزمون‌های غیر پارامتری در صورت تصادفی بودن داده‌ها قابل استفاده می‌باشند و به نرمال بودن داده‌ها حساس نیستند. آزمون من-کندال و اسپیرمن نمونه‌هایی از آزمون‌های ناپارامتری هستند که در تحقیقات بررسی روند متغیرهای آب و هواشناسی از آن‌ها استفاده می‌شود (سبزی‌پرور و شادمانی، ۱۳۹۰). در این رابطه می‌توان به تحقیقات جلنز (۲۰۰۰)، کاهیا و کالایسی (۲۰۰۴)، لی و همکاران (۲۰۰۸) و یانینگ و همکاران (۲۰۰۹) اشاره کرد. مقایسه توان دو آزمون من-کندال و اسپیرمن جهت تشخیص روندها، پژوهشی توسط یو همکاران (۲۰۰۲) انجام شد و نتایج نشان‌دهنده توان مشابه دو آزمون مذکور بوده است.

برونتی و همکاران (۲۰۰۰) تغییرات سالانه و فصلی بیشینه و کمینه دما و همچنین دامنه دمای روزانه در ایتالیا از ۱۸۶۵ تا ۱۹۹۶ را بررسی کردند و دریافتند که دمای کمینه و بیشینه در این دوره روند افزایشی داشته است.

مقدمه

دما و بارندگی از متغیرهای مهم آب و هوایی هستند که تغییر آنها سبب تغییرات زیست محیطی می‌شود. اثرات تغییرات دما در زندگی انسان‌ها و حتی موجودات دیگر، انسان را با دغدغه دیگری در دنیای صنعتی مواجه کرده است که سبب شده در این رابطه تحقیقات زیادی انجام شود که نتایج آن‌ها نشان از عدم تغییر یکسان دمایی در نقاط جهان است. وجود روند در سری‌های زمانی پارامترهای آب و هواشناسی، ناشی از تغییرات طبیعی یا فعالیت‌های انسانی است. وجود روند یک سری زمانی نمی‌تواند دلیلی بر تغییر اقلیم باشد بلکه فقط فرض رخداد آن را تقویت می‌کند. روش‌های آماری تحلیل روند سری‌های زمانی به دو دسته پارامتری و ناپارامتری تقسیم‌بندی می‌شوند که روش‌های ناپارامتری کاربردی‌تر هستند.

آزمون‌های پارامتری نسبت به آزمون‌های غیر پارامتری توان بیشتری در تشخیص روند دارند و هنگام استفاده از آن‌ها

همگی این افزایش‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بودند.

احمدی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی وقوع تغییرات اقلیمی در حوضه‌های آبریز (ارمند) با استفاده از تحلیل ایستایی و روند پرداختند که این پژوهش با آزمون‌های من-کنندال اصلاح شده، ADF، KPSS و DFGLS ارتباط بین تغییرات زمانی پارامترهای هیدرولوژیکی و تغییرات اقلیمی بررسی شد. نتایج حاصله نشان داد که دمای کمینه در ماه‌های اردیبهشت، مرداد، خرداد و فصل بهار روند کاهشی معنی‌دار داشته است. دمای بیشینه نیز در ماه‌های مهر، اسفند و فصل پاییز روند افزایشی معنی‌دار را نشان داد. روند تغییرات متوسط دما در اسفند ماه افزایشی معنی‌دار داشت. روند تغییرات بارش نیز در ماه اسفند و فصل زمستان کاهشی معنی‌دار بود.

سبزی‌پرور و شادمانی (۱۳۹۰)، در مناطق خشک ایران روند تبخیر و تعرق را با آزمون من-کنندال بررسی کردند، نتایج این پژوهش نشان داد که روند تبخیر و تعرق در برخی از مناطق مورد بررسی کاهشی و در برخی نیز افزایشی بوده است که بیشترین روند معنی‌داری تبخیر و تعرق مرجع ماهیانه در ایستگاه بیرجند مشاهده شد و ایستگاه مشهد بیشترین مقدار روند افزایشی تبخیر و تعرق مرجع با شیب ۷/۵ میلی‌متر در سال را نشان داد. طبری و همکاران (۲۰۱۱) روند تبخیر و تعرق گیاه مرجع ۲۰ ایستگاه سینوپتیک در غرب کشور را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد تبخیر و تعرق مرجع از روندهای افزایشی و کاهشی داشته که در ۷۰ درصد ایستگاه‌ها روند ETO در مقیاس سالانه افزایشی بوده و همچنین روندهای افزایشی بیشتر در فصول زمستان و تابستان اتفاق می‌افتد.

طاوسی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی روند تغییرپذیری بیشینه و کمینه دماهای فصلی و سالانه را در تعدادی از ایستگاه‌های استان فارس با روش‌های آماری بررسی کردند که در آن از دو آزمون من‌کنندال و سنس استیمیتور (از متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری) برای تحلیل روند داده‌های دما در مقیاس‌های فصلی و سالانه استفاده شده بود. نتایج نشان داد هر دو آزمون نتایج مشابهی را داشتند و به طور کلی، بیشینه دما و کمینه دما در بیشتر ایستگاه‌های مورد بررسی در استان فارس روند صعودی را نشان دادند. طاوسی و همکاران

منتظری (۱۳۹۲) در پژوهشی تغییرپذیری مکانی روندهای دمای ایران در دوره ۲۰۰۸-۱۹۶۱ را بررسی کرد که در این پژوهش از روش‌های پارامتری رگرسیون خطی و ناپارامتری من-کنندال بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که دمای کشور رو به افزایش و این افزایش بیشتر در مناطق پست و کم ارتفاع روی داده است. در این میان دمای کمینه اهمیت بیشتری داشت که در ۶۰ درصد وسعت کشور روند افزایشی را نشان داد. در حالی که روند افزایشی دمای بیشینه ۲۷ درصد وسعت کشور را در بر گرفته است. از سوی دیگر شدت روند در تمامی پهنه‌ها یکسان و یکنواخت نیست و برای دمای کمینه شدت آن در استان کرمان در غرب لوت و در منطقه شهداد، در بخش‌های مرکزی استان سمنان، شرق خوزستان، جنوب استان ایلام و غرب استان کرمانشاه، بیشتر بوده و این مناطق بیش از سایر جاها در معرض آسیب‌های محیطی ناشی از افزایش دمای کمینه، قرار دارند. در حالی که استان‌های خراسان شمالی، همدان و چهارمحال و بختیاری کمتر در معرض روندهای افزایشی دما، قرار داشته‌اند.

عزیزی و همکاران (۱۳۸۴) روند دمای چند دهه‌ی اخیر ایران را در رابطه با افزایش گاز دی‌اکسید کربن را مطالعه کردند در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند افزایشی دما با شدت‌های مختلف مشاهده شد که به نظر می‌رسد روندهای مشاهده شده در ایستگاه‌های مذکور نیز از افزایش دی‌اکسید کربن متأثر شده است.

علیجانی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی با آزمون آماری گرافیکی من-کنندال که یکی از روش‌های پیشنهادی سازمان هواشناسی جهانی برای تحلیل سری‌های زمانی است، روند تغییرات میانگین دمای حداقل و حداکثر سالانه را در ایران بررسی کردند. برای بررسی روند و دستیابی به یک الگوی مناسب، داده‌های مربوط به دو متغیر فوق برای ۴۴ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در یک دوره آماری ۲۰۰۸-۱۹۶۹ سازمان هواشناسی کشور گرفته شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشتر گستره ایران، هم شاهد تغییرات در میانگین دماهای حداکثر و هم حداقل بوده است. ۲۸ ایستگاه در غرب، شمال غرب، جنوب غرب، شمال شرق و مرکز ایران، تغییرات افزایشی در میانگین دماهای حداکثر داشتند که

برای تحلیل روند از شیوه‌های مقایسه‌ی میانگین دو نیمه‌ی متوالی، آزمون من-کندال و آزمون گرافیکی من-کندال استفاده شد. در این پژوهش به بررسی تغییرات دمایی شهرکرد در دوره ۱۳۶۳-۱۳۹۲ پرداخته شده است. که تغییرات دمایی شامل پارامترهای بیشینه دما، کمینه دما و متوسط دما در طول دوره آماری مذکور است و روند تغییرات این پارامترها در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه انجام شده است.

روش مقایسه میانگین دو نیمه متوالی

روش مقایسه میانگین دو نیمه متوالی، داده‌های سری زمانی، به دو سری با طول دوره یکسان تقسیم می‌شود و روند تغییرات و میانگین پارامتر مورد نظر در دو سری تحلیل می‌شود. برای روش مقایسه میانگین دو نیمه متوالی، داده‌های سری زمانی سی ساله ۱۳۹۲-۱۳۶۳، به دو سری با طول دوره یکسان تقسیم شد و میزان میانگین بیشینه، کمینه و متوسط دما در ماه‌های سال در هر دو سری ۱۵ ساله مقایسه شدند. در این پژوهش برای بررسی معنی دار بودن تغییرات ماهانه در دو سری از آزمون t در نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

آزمون من-کندال

آزمون من-کندال یک آزمون ناپارامتری رتبه‌ای برای تحلیل معنی داری روندهای خطی و غیرخطی است. فرض صفر این آزمون نبود روند در سری زمانی داده‌های مشاهده‌ای است. روابط مربوط جهت تعیین مقدار آماره آزمون من-کندال به شرح زیر است:

(۱)

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i)$$

(۲)

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_i) < 0 \end{cases}$$

(۱۳۸۹) تغییرات دمایی در طول دوره ۲۰۰۶-۱۹۵۷ در شهر زاهدان را با روش‌های مقایسه‌ی میانگین دو نیمه، الگوی چند جمله‌ای، روش کمترین مربعات و آماره رتبه‌ای اسپیرمن بررسی کردند. نتایج نشان از افزایش دما در بیشتر ماه‌ها بوده که در فصول پاییز و بهار بیشتر بود. طباطبایی و حسینی (۱۳۸۲) به بررسی تغییرات پارامترهای بارش ماهیانه و متوسط دمای ماهیانه پرداختند و با آزمون من-کندال روند مثبت دما را برای شهر سمنان نشان دادند. شیرغلامی و قهرمان (۱۳۸۴) روند تغییرات دراز مدت دمای متوسط سالانه در ۳۴ ایستگاه سینوپتیک ایران با روش‌های کمترین مربعات خطا و روش من-کندال را بررسی کردند. بر اساس این پژوهش سه ناحیه‌ی روند مثبت، منفی و بدون روند در ایران تشخیص داده شد. هرچند شیب خط روند دراز مدت دمای متوسط سالانه در برخی از ایستگاه‌ها به لحاظ آماری معنی دار نشده است، ولی مثبت بودن این شیب بیانگر افزایش دما است.

در این پژوهش سعی شده است که به بررسی روند تغییرپذیری بیشینه و کمینه دما در ایستگاه شهرکرد پرداخته شود و از روش میانگین دو نیمه متوالی و از آزمون من-کندال (از متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری) برای تحلیل روند داده‌های دما در مقیاس سالانه و ماهانه استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

ایستگاه سینوپتیک شهرکرد (فرودگاه) در مرکز استان چهارمحال و بختیاری شهرستان شهرکرد واقع شده و بلند مدت‌ترین دوره آماری این استان را از سال ۱۹۵۵ به خود اختصاص می‌دهد. شایان ذکر است که ایستگاه شهرکرد از لحاظ استقرار جابه‌جایی داشته که تغییرات مکانی آن در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۱- تغییرات مکانی در موقعیت جغرافیایی ایستگاه شهرکرد.

پارامتر	مکان اول	مکان دوم (فعلی)
طول جغرافیایی (درجه)	۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه	۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه
عرض جغرافیایی (درجه)	۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه	۳۲ درجه و ۲۸ دقیقه
ارتفاع (متر)	۲۰۶۱ متر	۲۰۴۸ متر
دوره زمانی (سال میلادی)	۱۹۵۵-۲۰۰۱	۲۰۰۱ تا کنون

(۳) $U'(t)$ نیاز است. به طور کلی مراحل انجام این آزمون به شرح

زیر است:

- تعیین رتبه بندی برای متغیرها
- محاسبه t_i : محاسبه تعداد اعداد بزرگتر از هر رتبه به طرف
- ردیف‌های بالاتر از ردیف در هر مرحله
- محاسبه E_i :

$$VAR(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right]$$

(۴)

(۶)

$$E_i = \frac{Row(Row-1)}{4}$$

$$Z_m = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases}$$

Row مقدار عددی پارامتر مورد بررسی در هر سطر (در هر

سال)

- محاسبه واریانس V_i

(۷)

$$V_i = \frac{Row(Row-1)(2Row+5)}{72}$$

V_i واریانس

- محاسبه تراکم تجمعی مرحله t_i که هر عدد با عدد مابعد خود جمع و مقدار حاصل از این مرحله Z_{t_i} نامیده می‌شود.

- به دست آوردن $U(t)$ از معادله زیر:

(۸)

$$U(t) = \frac{Z_{t_i} - E_i}{V_i^{0.5}}$$

تا این شش مرحله فقط محاسبات $U(t)$ است. برای تعیین زمان وقوع تغییر لازم است علاوه بر $U(t)$ ، مؤلفه $U'(t)$ نیز محاسبه شود که با فرض انتهای سری، ابتدای سری باشد در آن صورت $U'(t)$ نیز به صورت مشابه از شش مرحله بالا محاسبه می‌شود. در این روش، مقادیر متوالی از مقدار U_i و U'_i حاصله از آزمون من-کندل به صورت گرافیکی در یک نمودار نمایش داده می‌شود. اگر در این نمودار آماره U_i و U'_i همدیگر را خارج از محدوده $1/96$ قطع کنند، در سطح ۹۵

که در این رابطه‌ها n تعداد داده مشاهده‌ای (طول دوره آماری)، x_i و x_j به ترتیب i و j زمین داده مشاهده‌ای و q تعداد گروه‌های ایجاد شده با داده برابر و بیشتر از دو عضو، t_p تعداد داده‌های برابر در p امین گروه و Z_m مقدار آماره من-کندال است و مقدار مثبت آن بیانگر روند افزایشی و مقدار منفی آن نشان‌دهنده روند کاهشی است. که اگر مقدار آماره Z_m در شرایط زیر صدق کند روند در سطح ۹۵ یا ۹۹ درصد وجود دارد.

(۵)

$$\left\{ \begin{array}{l} -1.96 > Z_m \quad \text{or} \quad +1.96 < Z_m \quad 95\% \\ -2.575 > Z_m \quad \text{or} \quad +2.575 < Z_m \quad 99\% \end{array} \right\}$$

آزمون گرافیکی من کندال (sequential Mann-Kendall)

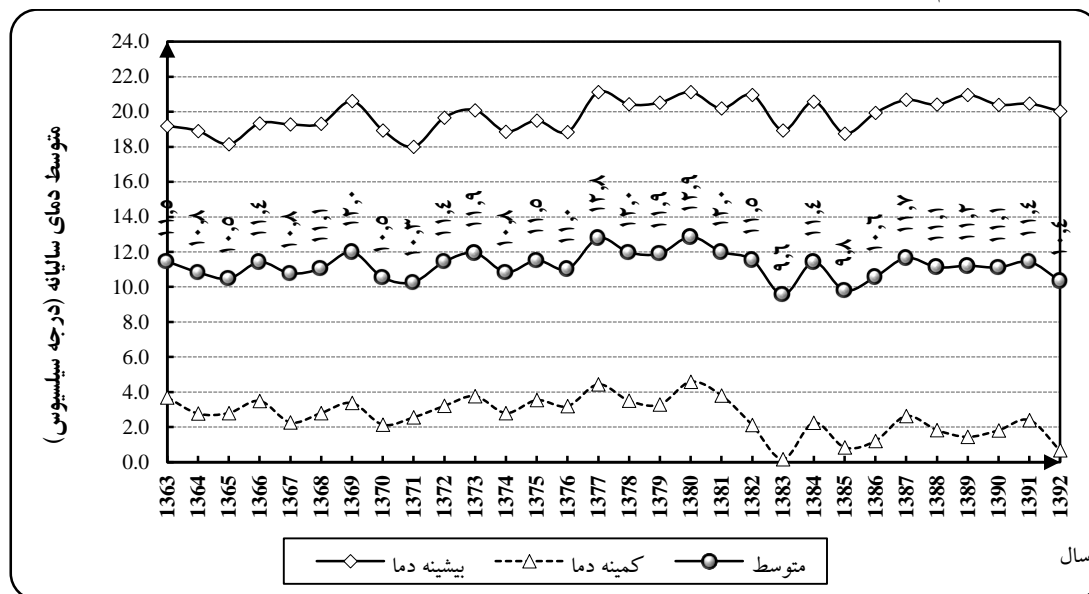
جهت شناسایی روندهای جزئی و کوتاه‌مدت، نقاط جهش و نقاط شروع روند سری زمانی از نمودار سری زمانی بر حسب مقادیر $U(t)$ و $U'(t)$ استفاده می‌گردد. برای ترسیم نمودار سری زمانی مقادیر متوالی، آماره‌های $U(t)$ و $U'(t)$ با استفاده از آزمون من-کندال محاسبه می‌شوند. برای محاسبه این آزمون به طور کلی ۱۲ مرحله محاسباتی وجود دارد که شش مرحله برای محاسبه $U(t)$ و شش مرحله برای محاسبه

میانگین دمای مکانی کشور به $19/52$ درجه سلسیوس رسید که نسبت به میانگین بلند مدت $1/5$ درجه بیشتر شده بود. میزان بیشینه دما در ایستگاه شهرکرد نیز به ترتیب در سال 1371 و 1377 بیشترین و کمترین مقدار را داشت. بر اساس شکل روند تغییرات (افت و خیزها) هر سه پارامتر مشابه است، ولی تغییرات میانگین دمای سالانه نسبت به متوسط دمای بیشینه و کمینه کمتر است. در جدول ۲، میزان میانگین دمای بیشینه، مینیمم دما و متوسط در دوره آماری مورد بررسی آورده شده است.

درصد روند وجود دارد و اگر پایین تر از $1/96$ قطع کنند، جهش رخ داده است و که در بازه مثبت جهش افزایشی و در بازه منفی باشد جهش کاهشی رخ داده است.

نتایج و بحث

در شکل ۱ میانگین دمای بیشینه، مینیمم دما و متوسط دما برای ایستگاه شهرکرد در دوره زمانی $1363-1392$ آورده شده است بر اساس این شکل حداکثر و حداقل دمای مینیمم و متوسط به ترتیب در سالهای 1380 و 1383 بوده است، که سال 1380 یکی از گرم‌ترین سال‌های کشور بوده است که



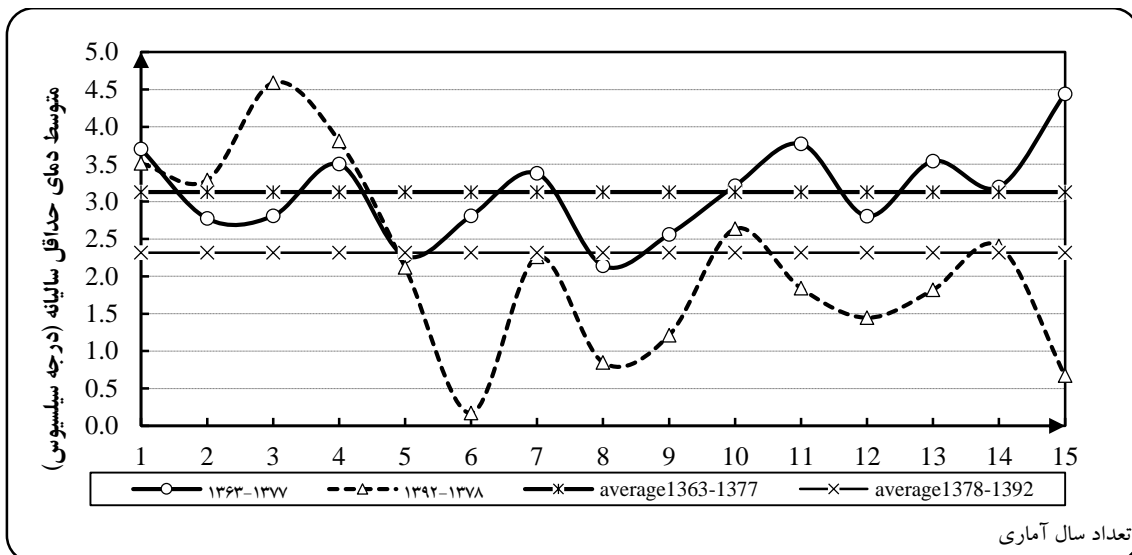
شکل ۱- میانگین بیشینه، کمینه و متوسط دمای سالانه ایستگاه شهرکرد در دوره زمانی $1363-1392$

در شکل ۲ میزان تغییرات متوسط دمای کمینه را در دو نیمه $1363-1377$ و $1378-1392$ را نشان می‌دهد بر اساس این شکل از سال 1382 در نیمه دوم میزان کمینه دما کاهش یافته است که اختلاف میزان میانگین در سری زمانی نیمه اول و سری زمانی نیمه دوم $0/81$ - درجه سلسیوس بود.

جدول ۲- میانگین متغیرهای دمای کمینه، دمای بیشینه و متوسط دما ایستگاه شهرکرد در دوره آماری $1363-1392$

متغیر	میانگین سالانه
دمای کمینه	۲,۶۵
دمای بیشینه	۱۹,۸۱
متوسط دما	۱۱,۲۳

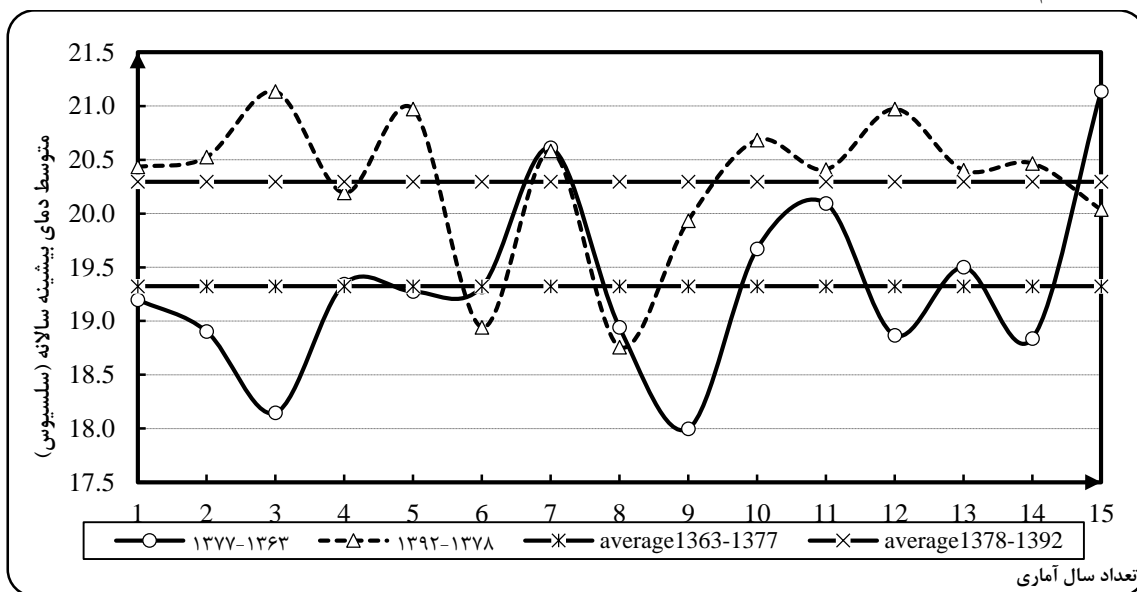
میانگین دو نیمه‌ی متوالی



شکل ۲- میانگین کمینه دمای سالانه در دو نیمه متوالی سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۷۷ و ۱۳۹۲-۱۳۷۸ در شهرکرد

افزایش دما را نشان می‌دهد و اختلاف میزان میانگین در سری زمانی نیمه اول و سری زمانی نیمه دوم $+0/97$ درجه سلسیوس شد.

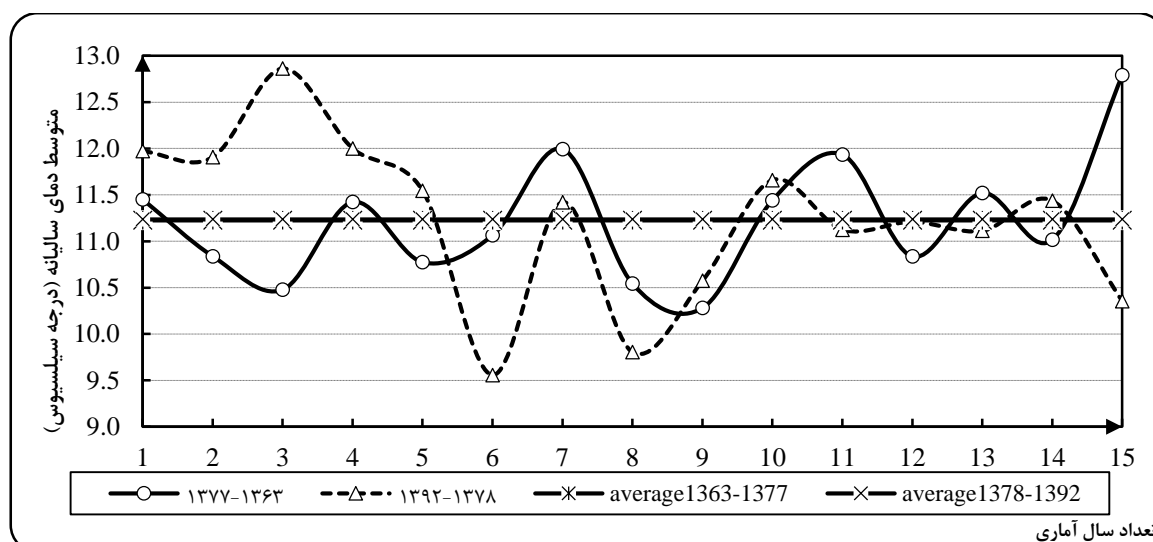
در شکل ۳ میزان تغییرات متوسط دمای بیشینه را در دو نیمه ۱۳۶۳-۱۳۷۷ و ۱۳۷۸-۱۳۹۲ را نشان می‌دهد که در سری زمانی نیمه دوم میزان بیشینه دما نسبت به سری زمانی اول



شکل ۳- میانگین بیشینه دمای سالانه در دو نیمه متوالی سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۷۷ و ۱۳۷۸-۱۳۹۲ در شهرکرد

متوسط دمای سالانه دو نیمه تغییر چندانی مشاهده نمی‌شود و اختلاف میانگین این دو سری $-0/01$ شده‌است.

در شکل ۴ میزان تغییرات متوسط دما را در دو نیمه ۱۳۶۳-۱۳۷۷ و ۱۳۷۸-۱۳۹۲ را نشان می‌دهد که بر اساس آن در



شکل ۴- متوسط دمای سالانه در دو نیمه متوالی سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۷۷ و ۱۳۹۲-۱۳۷۸ در شهرکرد

ماه‌های فصل بهار در سطح ۵ درصد معنی‌داری نشان داد و در این ماه‌ها بیشینه دما نسبت به نیمه اول افزایش داشته است. همچنین میزان متوسط کمینه در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و مرداد نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد که در این ماه‌ها کمینه دما در نیمه دوم کمتر از نیمه اول شده‌است. میزان متوسط دما در کل ماه‌های سال به جز اسفند ماه، کل سال روند معنی‌داری در دو نیمه را نشان نداد.

در جدول ۳ داده‌های دوره سی ساله ۱۳۶۳-۱۳۹۲ را به دو نیمه شکسته و تغییرات دمایی در این دو نیمه با آزمون t بررسی شد. در جدول میانگین ماهانه متوسط دما، بیشینه دما و کمینه دما، ضریب همبستگی و مقدار معنی‌داری برای دو نیمه آورده شده‌است. بر اساس جدول بین دو نیمه در کل ماه‌ها میزان ضریب همبستگی پایین است. میزان متوسط بیشینه دما در ماه‌های تیر، مهر و اسفند در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد و در

جدول ۳- تغییرات ماهانه متوسط دما در ایستگاه فرودگاه شهرکرد در طی دوره آماری ۱۳۶۳-۱۳۹۲

پارامتر	دما	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین نیمه اول	متوسط	۸,۴	۱۳,۸	۱۸,۵	۲۲,۷	۲۲,۸	۱۹,۳	۱۳,۹	۸,۹	۳,۷	-۰,۷	-۰,۵	۴
	کمینه	۱,۴	۶	۸,۷	۱۲,۸	۱۳	۸,۹	۴,۲	۱	-۲,۸	-۶,۹	۶,۶	-۲,۲
	بیشینه	۱۵,۵	۲۱,۵	۲۸,۳	۳۲,۵	۳۲,۵	۲۹,۸	۲۳,۵	۱۶,۸	۱۰,۳	۵,۵	۵,۷	۹,۹
میانگین نیمه دوم	متوسط	۹,۲	۱۳,۹	۱۸,۶	۲۳	۲۲,۴	۱۹,۳	۱۴,۲	۸,۴	۲,۷	-۱	-۰,۱	۵
	کمینه	۱,۲	۴,۹	۷,۸	۱۲,۲	۱۱,۹	۸,۱	۳,۳	۰,۳	-۴,۳	-۹,۱	-۷,۵	-۲,۸
	بیشینه	۱۷,۳	۲۲,۹	۲۹,۵	۳۳,۷	۳۲,۹	۳۰,۵	۲۵,۱	۱۶,۵	۹,۷	۶	۶,۷	۱۲,۹
ضریب همبستگی	متوسط	-۰,۱۱	-۰,۲۸	-۰,۶	-۰,۳	۰,۰۲	-۰,۱	-۰,۰۸	-۰,۶	-۰,۰۵	۰,۱	۰,۲۴	۰,۴۶
	کمینه	-۰,۱	-۰,۱	-۰,۲	-۰,۱	-۰,۱	-۰,۰۸	۰,۰۲	۰,۰۶	۰,۰۶	-۰,۰۴	۰,۲	۰,۲۳

بیشینه	-۰,۰۴	-۰,۲۷	-۰,۶	۰,۰۱	۰,۲	۰,۱۲	-۰,۱	-۰,۰۴	۰,۰۷	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۳۸
متوسط	۰,۱۸	۰,۷	۰,۶۷	۰,۳۹	۰,۲۴	۰,۹۸	۰,۳۴	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۵۴	۰,۹۲	**
کمینه	۰,۷۲	*۰,۰۱	*۰,۰۴	۰,۲۲	**	۰,۱۳	۰,۰۸	۰,۱۳	۰,۰۵	۰,۱۹	۰,۳۴	۰,۱۲
بیشینه	*۰,۰۳	*۰,۰۴	*۰,۰۳	**	۰,۴۴	۰,۰۷	**	۰,۰۷	۰,۵۷	۰,۶۳	۰,۲۲	**

* معنی داری در سطح پنج درصد و ** معنی داری در سطح یک درصد.

آزمون من-کندال

در جدول ۴ مقادیر آماره آزمون من-کندال ماهانه برای ایستگاه شهرکرد در دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۳ آورده شده است بر اساس این جدول بیشینه دما در تمامی ماهها به جز آذر، روند افزایشی را داشته است که فقط در ماههای مهر و اسفند میزان روند معنی دار شد. روند افزایشی بیشینه دما در ماه اسفند سبب زود جوانه زدن درختان و همچنین ذوب شدن برفها می شود. میزان متوسط دما در ماهها آبان، آذر و بهمن روند غیر معنی دار کاهشی و برای سایر ماهها روند غیر معنی دار افزایشی شد که

روند افزایشی میانگین متوسط دما در اسفند ماه قابل توجه است. میزان کمینه دما در تمامی ماهها به جز فروردین روند غیر معنی دار کاهشی را داشته است که با نتایج پژوهش احمدی و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی دارد.

جدول ۴- مقادیر آماره آزمون من-کندال برای ماههای مختلف در دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۳

دما	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
متوسط	۱,۰۵	۰,۴۱	۰,۴۸	۱,۱۶	۰,۳	۰,۳۴	۱,۴۱	-۰,۳۸	-۰,۵۹	۰,۱۲	-۰,۲۷	۱,۷۱
کمینه	۰,۰۴	-۱,۳۸	-۰,۹۱	-۰,۳۹	-۱,۴۱	-۰,۲۷	-۰,۵۹	-۱,۰۵	-۱,۲	-۰,۴۵	-۱,۲	-۰,۴۶
بیشینه	۱,۶۱	۱,۰۵	۱,۰۳	۱,۸۷	۱,۴۱	۱,۰۵	*۲,۱۴	۰,۷۳	-۰,۰۷	۰,۳۴	۰,۴۱	*۲,۵۵

* معنی داری در سطح پنج درصد و ** معنی داری در سطح یک درصد.

در جدول ۵ مقادیر آماره آزمون من-کندال فصلی و سالانه برای ایستگاه شهرکرد را نشان می دهد که بر اساس جدول بیشینه دمای سالانه دارای روند معنی دار افزایشی بوده است. مقادیر آزمون من-کندال در تمام فصلها برای پارامتر کمینه و بیشینه دما روند معنی داری را نشان ندادند؛ ولی میزان کمینه دما در کل فصلها روند غیر معنی دار کاهشی و بیشینه دما نیز روند غیر معنی دار افزایشی را داشتند. میزان میانگین

متوسط دما در تمام فصلها و در مقیاس سالانه روند معنی داری نداشت.

جدول ۵- مقادیر آماره آزمون من-کندال فصلی و سالانه ۱۳۹۲-۱۳۶۳

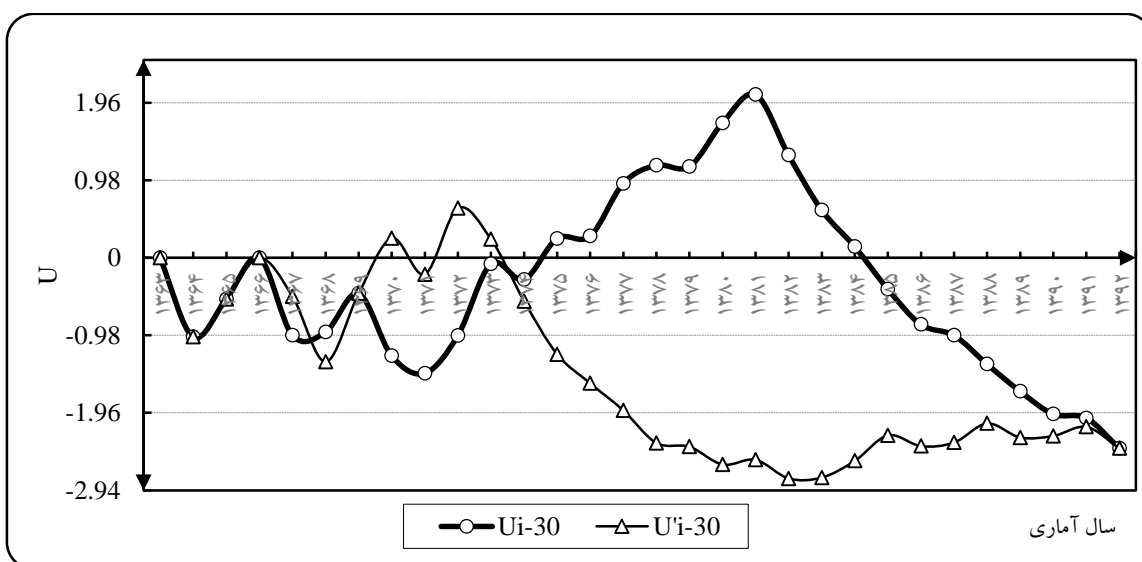
دما	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
متوسط	۰,۹۵	۰,۷۷	-۰,۱۲	۰,۲۷	۰,۷
کمینه	-۰,۷۳	-۰,۸	-۱,۲۷	-۰,۸۴	-۱,۰۹
بیشینه	۱,۹۱	۱,۸	۱,۱۲	۱,۲	*۲,۲۳

* معنی داری در سطح پنج درصد و ** معنی داری در سطح یک درصد.

آزمون گرافیکی من کندال

شکل ۶ آزمون گرافیکی من-کندال را برای متوسط کمینه دمای سالانه ایستگاه شهر کرد نشان می‌دهد که بر اساس آن دو منحنی همدیگر را در نقطه انتهایی و خارج از محدوده ۱/۹۶ قطع کرده‌اند و نشان‌دهنده روند کاهشی در سری زمانی کمینه سالانه دما در سال‌های ۱۳۸۵ به بعد است. در سال‌های ۱۳۷۰ و

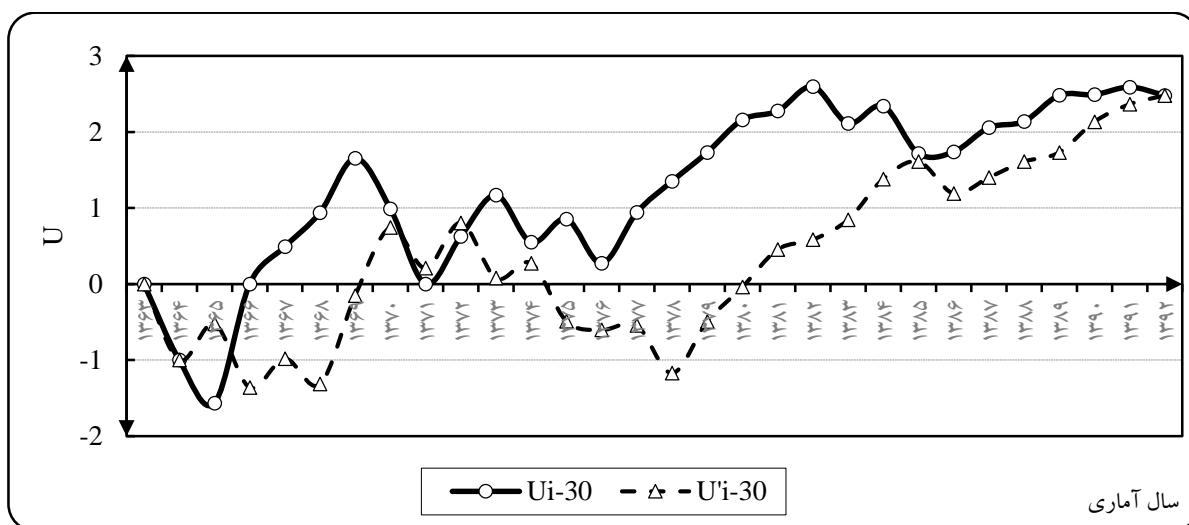
۱۳۷۴ جهش ناگهانی در میزان متوسط کمینه دما اتفاق افتاده است، که این جهش‌ها شاید به دلیل ساخت و عملیات اجرایی در فرودگاه شهر کرد باشد.



شکل ۵- بررسی روند و نقاط جهش در دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۳ برای متوسط دمای کمینه سالانه ایستگاه شهر کرد

نمودار آزمون گرافیکی من-کندال برای متوسط بیشینه دمای سالانه ایستگاه شهر کرد در شکل ۶ آورده شده است، بر اساس آن چون دو منحنی همدیگر را در خارج از محدوده ۱/۹۶ قطع کرده‌اند، نشان‌دهنده روند معنی‌دار افزایشی در سطح ۹۵ درصد است. همچنین بر اساس شکل ۵ در سال‌های

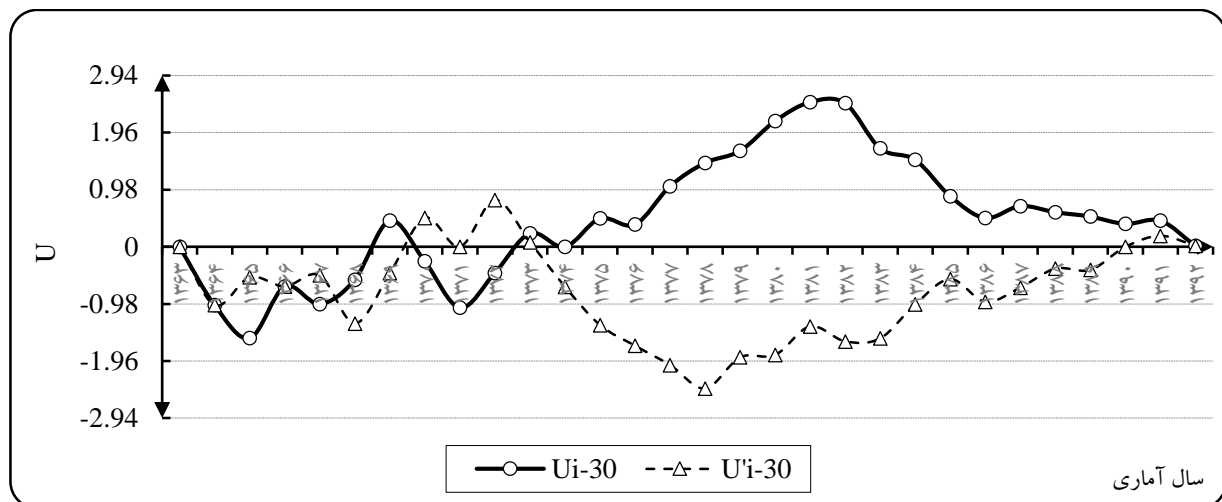
۱۳۷۱ و ۱۳۷۳ جهش ناگهانی در میزان متوسط بیشینه دما اتفاق افتاده است، که علت کاهش دما در سال ۱۳۷۱ (سال میلادی ۱۹۹۲) را به فوران کوه پیناتوبو نسبت داده‌اند، که بر اثر آن بیست میلیون تن دی‌اکسید سولفور به جو زمین منتقل شد (منتظری، ۱۳۹۰).



شکل ۶- بررسی روند و نقاط جهش متوسط دمای بیشینه سالانه ایستگاه شهر کرد در دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۳

نکرده‌اند، روندی وجود ندارد. در سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۷۳ یک جهش در میزان متوسط دما قابل تأیید است.

نمودار آزمون گرافیکی من-کندال برای متوسط دمای ایستگاه شهرکرد در شکل ۷ آورده شده‌است، بر اساس آن چون دو منحنی همدیگر را در خارج از محدوده ۱/۹۶ قطع



شکل ۷- بررسی روند و نقاط جهش در دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۳ برای دمای متوسط سالانه ایستگاه شهرکرد

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش در ایستگاه شهرکرد نشان داد که:

- در سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۹۲ نسبت به دوره پانزده ساله ۱۳۷۷-۱۳۶۳ میزان متوسط دما سالانه تغییری نکرده است ولی میزان بیشینه دما افزایش ۰/۹۷ درجه سلسیوس و کمینه دما نیز به میزان ۰/۸۱- کاهش یافته است.

- نتایج حاصل از آزمون من-کندال در دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۳ نشان داد که کمینه دما در تمامی ماه‌ها دارای روند معنی‌دار نیست ولی میزان بیشینه دما در ماه‌های مهر و اسفند روند معنی‌دار افزایشی داشته است. که با نتایج پژوهش احمدی و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی دارد. روند افزایشی معنی‌دار دمای بیشینه در ماه اسفند سبب زود جوانه‌زدن درختان می‌شود که این امر خسارات زیادی به باغات وارد می‌کند.

- نتایج حاصل از آزمون من-کندال آزمون گرافیکی من-کندال و مقایسه میانگین دو نیمه متوالی در دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۳ نشان داد که متوسط دما در مقیاس سالانه و فصلی در ایستگاه شهرکرد دارای روند معنی‌داری نبوده است.

- آزمون من-کندال، آزمون گرافیکی من-کندال و مقایسه میانگین دو نیمه متوالی در دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۳ نشان دادند که

متوسط بیشینه دمای سالانه ایستگاه شهرکرد دارای روند معنی‌دار افزایشی است. که شاید یکی از علل آن و بر اساس پژوهش عزیززی و همکاران (۱۳۸۴) افزایش گازهای گل‌خانه‌ای در چند دهه اخیر در کشور ایران باشد.

- آزمون گرافیکی من-کندال روند کاهشی معنی‌دار دمای کمینه را نشان داد. که با نتایج آزمون مقایسه میانگین دو دوره متوالی هماهنگی دارد. در پژوهش علیجانی و همکاران (۱۳۹۰) که به بررسی تغییرات سالانه دما در ایران پرداخته بود، اشاره شده است که ایستگاه شهرکرد دارای روند کاهشی دمای کمینه است و نتایج این پژوهش نیز نشان داد که گستره ایران شاهد تغییرات در میانگین بیشینه و کمینه دما است.

- مقادیر آزمون من-کندال نشان داد که در تمامی فصول میزان بیشینه دما روند افزایشی غیر معنی‌دار و کمینه دما روند کاهشی غیر معنی‌داری را دارند. همچنین بر اساس آزمون من-کندال متوسط دما در کل فصل‌ها به جز فصل پاییز روند افزایشی غیر معنی‌دار را داشت.

منابع

۱. احمدی، ف. زمانی احمد محمودی، ر. رادمنش، ف. و امیر رضائیه، ع.ر. ۱۳۹۴. بررسی وقوع تغییرات اقلیمی در حوضه‌های آبریز با استفاده از تحلیل ایستایی و روند (منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز ارمند)، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد بیست و دوم، شماره پنجم، صفحات ۶۲-۴۵.
۲. سبزی‌پرور، ع.ا. و شادمانی م. ۱۳۹۰. تحلیل روند تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آزمون من-کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران، نشریه آب و خاک، جلد ۲۵، شماره ۴، صفحات ۸۳۴-۸۲۳.
۳. شیرغلامی، ه. و قهرمان، ب. ۱۳۸۴. بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران، مجله علمی پژوهشی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره ۱. صفحات ۲۳-۹.
۴. طاوسی، ت. رخشانی، ز. و فیروزی، ف. ۱۳۹۳. تحلیل روند تغییرات بیشینه و کمینه دمای فصلی و سالانه استان فارس با استفاده از روش‌های ناپارامتری، مجله علمی ترویجی نیوار سازمان هواشناسی کشور، دوره ۳۸، ۸۷-۸۶، صفحات ۳۸-۲۹.
۵. طاوسی، ت. ثریا، م. و راحتی، ز. ۱۳۸۹. بررسی روند دمای ماهانه شهر زاهدان، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ۲۵ و ۲۷ فروردین سال ۱۳۸۹، زاهدان.
۶. طباطبایی، س.ع. و حسینی، م. ۱۳۸۲. بررسی تغییر اقلیم در شهر سمنان بر اساس بارش ماهانه و متوسط دمای ماهانه، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. صفحات ۹۸-۹۱.
۷. عزیزی، ق. کریمی، م. سبک‌خیز، ز. ۱۳۸۴. روند دمای چند دهه اخیر ایران و افزایش CO₂ جو، نشریه علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم تهران، شماره ۵.
۸. علیجانی، ب. محمودی، پ. سلیقه، م. و ریگی چاهی ا.ب. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات کمینه‌ها و بیشینه‌های سالانه دما در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شماره سوم، صفحات ۱۲۲-۱۰۲.
۹. منتظری، م. ۱۳۹۳. واکاوی زمانی مکانی دماهای سالانه‌ی ایران طی دوره ۲۰۰۸-۱۹۶۱، فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال دوازدهم، شماره ۳۶، صفحات ۲۲۸-۲۰۹.
10. Brunetti M., Buffoni L., Maugeri M., Nanni T. 2000. Trends of minimum and maximum Daily Temperatures in Italy from 1865 to 1996.
11. Tabari H., Marofi S., Aeni A., Hosseinzadeh Talaeaa P., and Mohammadi K. 2011. "Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran", *Agr. Forest Meteorol*, 151 (2): 128-136.
12. Yue S., Pilon P., and Cavadias G. 2002. Power of the Mann-Kendall and Spearman's tests for detecting monotonic trends in hydrological series, *Journal of hydrol*, 259:254-271.
13. Kahya E., and Kalayci S. 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey, *Journal of Hydrol*, 289:128-144.
14. Li, Z.L, Xu, Z.X., Li, J.Y and Li, Z.J. 2008. Shift trend and step changes for runoff time series in the Shiyang River basin, northwest China. *Hydrological Processes* 22: 4639-4646.
15. Yaning C., Changchun X., Xingming H., Weihong L., Yapeng C., Chenggang Z., and Zhaoxia Y. 2009. Fifty-year climate change and its effect on annual runoff in the Tarim River Basin, China. *Quaternary International* 208:53-61.
16. Gellens D. 2000. Trend and Correlation Analysis of k-Day Extreme Precipitation over Belgium. *Theoretical and Applied Climatology*, 66:117-129.