



سال چهاردهم، شماره ۴۶
تابستان ۱۳۹۳، صفحات ۲۳۳-۲۱۳

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

محمد دارند^۱
زهرا دولتباری^۲
فریبا اصلانی اسلمرز^۳
یسری عزیزی^۴

بررسی رفتار فرین‌های بارش و دمای کرمانشاه به کمک آزمون‌های آماری

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۰۶/۲۵

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۰۳/۲۱

چکیده

برای انجام این پژوهش از داده‌های روزانه‌ی بارش، دمای کمینه (شبانه) و دمای بیشینه (روزانه) ایستگاه همدید کرمانشاه طی بازه‌ی زمانی ۱۹۶۱/۱/۱ تا ۲۰۱۱/۱۲/۳۱ استفاده شد. برای شناسایی نمایه‌های فرین دما و بارش از ۲۷ نمایه‌ی معرفی‌شده‌ی تیم تحقیقاتی شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها و ۶ نمایه‌ی فرین دیگر بهره بردیم. قبل از انجام هرگونه تحلیلی ابتدا داده‌ها کنترل کیفی شدند و مقادیر پرت از سری زمانی داده‌ها حذف شدند. برای آگاهی در مورد رخداد تغییر اقلیم آزمون‌های آماری پیشنهاد شده توسط سازمان هواشناسی جهانی جهت واکاوی تغییر اقلیم به کار گرفته شد. از آزمون‌های انحرافات تجمعی و آزمون نسبت درست نمایی ورسلی برای شناسایی همگنی یا ناهمگنی داده‌ها و مشخص کردن نقاط جهش و تغییر سری زمانی نمایه‌ها استفاده شد. از آزمون من- ویتنی جهت برآورد

E- mail: darand_mohammad@yahoo.com

۱- استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه کردستان

۲- دانشجوی کارشناسی اقلیم‌شناسی دانشگاه کردستان

۳- دانشجوی کارشناسی اقلیم‌شناسی دانشگاه کردستان

۴- دانشجوی کارشناسی اقلیم‌شناسی دانشگاه کردستان

معناداری سال جهش بهره گرفتیم. سپس معناداری روند هر کدام از ۳۳ نمایه‌ی فرین یادشده توسط روش ناپارامتریک من‌کندال مورد آزمون قرار گرفت و به کمک تخمین گر شیب سن نرخ شیب روند به ازای هر دهه برآورد و محاسبه شد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در کرمانشاه نمایه‌های فرین‌های سرد روزهای یخبندان، بزرگ‌ترین دمای کمینه شب‌های سرد، روزهای سرد روبه کاهش است در حالی‌که فرین‌های گرم روزهای تابستانی، شب‌های حاره‌ای، روزهای گرم، شب‌های گرم، تعداد امواج گرما، میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه افزایش یافته است. نمایه‌های فرین بارش روزهای همراه با بارش دست کم ۵ و ۱۰ میلی‌متر، دوره‌های متوالی مرطوب و مجموع بارش روزهای مرطوب سالانه روند کاهشی نشان می‌دهند. در سال ۱۹۷۶ که جابه‌جایی مکانی ایستگاه کرمانشاه اتفاق افتاده است نمایه‌های فرین دما، و دچار جهش و تغییر ناگهانی شده‌اند. تغییرات رفتار سری زمانی این نمایه‌ها بعد از سال جهش به لحاظ آماری معنادار است.

کلیدواژه‌ها: تغییر اقلیم، فرین‌های بارش و دما، آزمون‌های آماری، کرمانشاه.

مقدمه

امروزه رخداد تغییر اقلیم ذهن همه‌ی اندیشمندان را به خود جلب کرده است و دغدغه‌های ناشی از رخداد این پدیده موضوع بحث بسیاری از نشست‌های علمی و پژوهشی شده است. اندیشمندان علوم جوی بر این باورند که تغییر اقلیم در قالب رخدادهای فرین سنجه‌های جوی به ویژه دما و بارش رخنمود پیدا می‌کنند. به همین جهت پیشنهاد می‌کنند که برای شناسایی این پدیده رفتار فرین‌های این دو سنجه‌ی مهم باید مدنظر قرار گیرد. به دلیل اثرات زیان‌بار رخداد این پدیده پژوهش‌های متعددی در داخل و خارج از ایران بر روی آن انجام شده است. کیسر^۵ و همکاران تغییرات فرین در حداکثر و حداقل دمای روزانه مشاهده شده را مورد تحلیل قرار دادند. در این پژوهش از داده‌های مرکز ملی اقیانوس و جوشناسی ایالات متحده‌ی امریکا (NCPC) طی بازه‌ی زمانی ۱۹۴۶ تا ۲۰۰۰ استفاده شد. یافته‌ها نشان داد که تغییرات در سراسر فصول سال یکسان نیست. بدین صورت که در طول زمستان و دوره‌ی بهار تغییرات بزرگ‌تر از سایر فصول می‌باشد (کیسر و همکاران، ۲۰۰۶). الکساندر^۶ و همکاران پژوهشی با عنوان تجزیه و تحلیل از گذشته، حال و آینده تغییرات در درجه حرارت جهانی و شاخص بارش انجام دادند. آن‌ها در این

5-Caesar

6-Alexander

تحقیق با استفاده از ۲۷ شاخص به دست آمده از درجه حرارت روزانه و داده‌های بارش به این نتیجه رسیدند که تغییرات قابل توجهی در فرین‌های دما و بارش رخ داده است (الکساندر و همکاران، ۲۰۰۶: ۱). واوروس^۷ و همکاران رفتار رخدادهای سرماهای فرین را در شرایط گرمایش گلخانه‌های بررسی کردند. آن‌ها برای انجام این کار داده‌های روزانه‌ی خروجی مدل GCMs را در اواخر قرن بیستم استفاده کردند. شاخص رخداد سرمای فرین را حداقل دو انحراف معیار از میانگین دما در زمستان در دو روز متوالی، تعریف کردند. نتایج نشان داد که فراوانی رخداد سرماهای فرین در بیشتر مناطق نیمکره شمالی طی قرن بیست و یکم حدود ۵۰ تا ۱۰۰ درصد کاهش یافته است. باوجود این مناطق خاصی، تغییرات اندکی را تجربه کرده و برخی مناطق در آینده به دلیل تغییرات در گردش اتمسفری و تغییرپذیری درونی که ترمودینامیک ناشی از اثر گلخانه‌های را خنثی می‌کند، رخدادهای سرمای فرین بیشتری را تجربه خواهند کرد (واوروس و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۱۳۳). سو^۸ و همکاران روند دما و بارش فرین در حوضه‌ی رودخانه یانگ تسه‌ی چین را بررسی کردند. آن‌ها برای انجام این کار از داده‌های روزانه‌ی ۱۰۸ پیمونگه هواشناسی طی دوره آماری ۲۰۰۲-۱۹۶۰ استفاده کردند. همچنین از آزمون من کندال و رگرسیون خطی ساده جهت شناسایی روند فرین‌های سالانه و فصلی بهره بردند. نتایج نشان داد که میانگین دمای کمینه و بیشینه در منطقه‌ی مورد مطالعه، دارای روند مثبت می‌باشد. تعداد روزهای سرد با دمای کم‌تر و برابر با صفر درجه و تعداد روزهای سرد با دمای کمتر و برابر با منفی ده درجه، کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهند، درحالی‌که روند تعداد روزهای گرم (دست کم میزان دما ۳۵ درجه) کاهش اندکی را نشان می‌دهد (سو و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۳۱). بهیوتیانی^۹ و همکاران روند بلندمدت میانگین، کمینه و بیشینه‌ی دمای هوا در شمال غرب هیمالیا را طی قرن بیستم بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که دمای هوا در شمال غرب هیمالیا حدود ۱/۶ درجه سانتی‌گراد طی قرن اخیر افزایش یافته است. این افزایش دما در فصل زمستان نسبت به دیگر فصل‌ها بیش‌تر است (بهیوتیانی و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۵۹). بارتولینی^{۱۰} و همکاران روند دمای تابستانی توسکانی (ایتالیا) و شاخص‌های فرین مربوط به آن را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. بدین منظور الگوهای تغییرات آب و هوایی به ویژه شاخص‌های فرین درجه حرارت در طول دوره ۱۹۵۵-۲۰۰۴ را با استفاده از داده‌های ۴۰ ایستگاه و روند آن را نیز با آزمون من-کندال بررسی کردند. نتایج نشان داد

7-Vavrus

8- Su

9- Bhutiyani

10-Bartolini

فرین‌های حداکثر و حداقل دما افزایش یافته و در نهایت دامنه‌ی دمای شبانه‌روزی (DTR) در تابستان (۰/۰۶) به ازای هر دهه افزایش یافته است (بارتولینی و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۷۵۱). محمدی و تقوی روند شاخص‌های حدی براساس سری‌های زمانی روزانه دما و بارش ایستگاه تهران در دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۳ را مطالعه کردند. نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های FD و ID یا شاخص‌های حدهای سرد روند کاهشی محسوسی دارند. از طرف دیگر روند دمای حداقل و دمای متوسط روزانه کاملاً افزایشی است و شیب مثبت دارد این در حالی است که روند افزایشی دمای حداکثر شیب کمتری دارد. شاخص‌های حدی بارش نیز روند کاهشی با شیب بسیار کم را نشان می‌دهد (محمدی و تقوی، ۱۳۸۴: ۱۵۱). حجام و همکاران در پژوهشی به بررسی روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه در حوزه‌ی مرکزی ایران با استفاده از دو آزمون من-کندال و Sen, Sestimator Slope پرداختند و به این نتیجه رسیدند که کارایی دو روش فوق در تحلیل روند بارندگی‌های فصلی و سالانه در بیشتر موارد شبیه هم هست. ولی کارایی روش Sen, Sestimator Slope در تحلیل مشاهداتی که در آن‌ها داده‌های صفر (عدم وجود بارندگی) زیاد است بهتر از آزمون من-کندال می‌باشد (حجام و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۵۷). امیدوار و جوانشیری تغییر اقلیم با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری را در ایستگاه‌های سینوپتیک کرمان و بم مطالعه کردند. در این تحقیق روند تغییرات سالانه‌ی پارامترهای اقلیمی دما، بارش، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی به کمک روش‌های پارامتری تحلیل رگرسیون و ضریب همبستگی پیرسون و روش‌های ناپارامتری من-کندال و ضریب اسپیرمن مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تحلیل‌ها نشان می‌دهد که در ایستگاه کرمان دما روند کاهشی و ساعات آفتابی روند افزایشی را نشان می‌دهند ولی رطوبت نسبی و بارش دارای روند معناداری نمی‌باشد، همچنین در ایستگاه بم دما دارای روند افزایشی و رطوبت نسبی دارای روند کاهشی می‌باشد بارش و ساعات آفتابی نیز فاقد روند هستند (امیدوار و جوانشیری، ۱۳۹۰). هدف این پژوهش بررسی رفتار فرین‌های بارش و دمای ایستگاه همدید کرمانشاه به کمک آزمون‌های آماری است.

مواد و روش‌ها

دو سنج‌های بارش و دما از مهم‌ترین عناصر جوی هستند که جهت شناسایی و واکاوی تغییر اقلیم توسط مراکز پژوهشی شناسایی تغییر اقلیم و پژوهشگران مختلف استفاده شده‌اند. برای انجام این پژوهش از داده‌های روزانه‌ی بارش، دمای کمینه (شبانه) و بیشینه‌ی (روزانه) ایستگاه همدید کرمانشاه طی بازه‌ی زمانی ۱/۱/۱۹۶۱ تا ۱۲/۳۱/۱۲

۲۰۱۱ استفاده شد. از نمایه‌های معرفی شده تغییر اقلیم تیم تحقیقاتی شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها (ETCCDI) جهت واکاوی و رخداد تغییر اقلیم استفاده شد. فهرست نمایه‌ها در جدول ۱ و ۲ آمده است. همان طور که قابل ملاحظه است از ۲۷ نمایه، ۱۶ نمایه مربوط به فرین‌های دما و ۱۱ نمایه مربوط به فرین‌های بارش است. علاوه بر ۲۷ نمایه‌ی یاد شده، ۶ نمایه‌ی دیگر نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند که فهرست آن‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. قبل از انجام هرگونه تحلیلی ابتدا داده‌ها کنترل کیفی شدند و مقادیر پرت از سری زمانی داده‌ها حذف شدند. برای آگاهی در مورد رخداد تغییر اقلیم از آزمون‌های آماری پیشنهاد شده توسط سازمان هواشناسی جهانی (WMO) جهت واکاوی تغییر اقلیم بهره بردیم. از آزمون‌های انحرافات تجمعی (CDT) و آزمون نسبت درست نمایی ورسلی (WLRT) برای شناسایی همگنی یا ناهمگنی داده‌ها و مشخص کردن نقاط جهش و تغییر سری زمانی نمایه‌ها استفاده شد. آزمون من-ویتنی جهت برآورد معناداری سال جهش به کار گرفته شد. سپس معناداری روند هر کدام از ۲۷ نمایه‌ی فرین یاد شده توسط روش ناپارامتریک من‌کنندال مورد آزمون قرار گرفت و به کمک تخمین گر شیب سن (Sen) نرخ شیب روند به ازای هر دهه برآورد و محاسبه شد.

همگنی داده‌ها

در این پژوهش از دو آزمون انحرافات تجمعی (CDT) و آزمون نسبت بیشینه‌ی درست نمایی ورسلی (WLRT) که توسط سازمان هواشناسی جهانی (WMO) پیشنهاد شده است، برای شناسایی همگنی داده‌ها و مشخص کردن نقاط جهش و تغییر در داده‌ها استفاده شد. معناداری همگنی داده‌ها در سه سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد مورد آزمون قرار گرفت. آزمون انحرافات تجمعی برای حالتی که تغییر در میانه سری رخ دهد مناسب است درحالی‌که آزمون درست نمایی ورسلی برای حالت تغییر میانگین در ابتدا یا انتهای سری مناسب است لذا بهتر می‌توان تغییرات را با انجام این آزمون در کنار هم شناسایی کرد (Buishand, 1982؛ به نقل از مدرسی و همکاران، ۱۳۸۹). در زیر نحوه‌ی محاسبه‌ی این دو آزمون آمده است.

آزمون همگنی انحرافات تجمعی^{۱۱}

این آزمون ابتدا توسط بیشاند در سال ۱۹۸۲ ارائه شد و بر پایه‌ی جمع‌های جزئی تعدیل شده یا انحرافات تجمعی از میانگین بنا نهاده شده است (مدرسی و همکاران، ۱۳۸۹؛ رحیم‌زاده و عسگری، ۱۳۸۳). در آزمون‌های همگنی،

فرض صفر بیانگر ایستایی میانگین و همگنی داده‌ها و فرض مقابل بر نایستایی میانگین و ناهمگنی داده‌ها دلالت دارد. اگر X_1, X_2, \dots, X_n مشاهدات مربوط به سنجی مورد نظر باشد، آنگاه:

$$S_0^* = 0, S_n^* = 0 \quad (۱)$$

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}) \quad k = 1, 2, \dots, n-1 \quad (۲)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (۳)$$

جمع‌های جزئی در مقیاس کوچک (S_k^{**}) با تقسیم S_k^* بر واریانس داده‌ها D_x^2 به دست می‌آیند:

$$D_x^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (۴)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_x^2} \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (۵)$$

آماره‌ی این آزمون به کمک رابطه‌ی زیر به دست می‌آید

$$Q = \text{Max}|S_k^{**}| \quad 0 \leq k \leq n \quad (۶)$$

مقادیر بزرگ Q بیانگر تغییرات و نایستایی داده‌ها است. مقادیر بحرانی برای این آزمون در جدولی در کتابهای آماری آمده است. در صورتی که آماره‌ی محاسبه‌ی شده‌ی Q/\sqrt{n} بزرگ‌تر از مقدار بحرانی آماره‌ی آزمون جدول باشد، سری زمانی ناهمگن است.

آزمون همگنی نسبت درست نمایی ورسلی (Worseley's Likelihood Ratio Test)

این آزمون توسط ورسلی در سال ۱۹۷۹ ارائه شده است. در این آزمون همانند آزمون انحرافات تجمعی، آماره-

ی Z_k^* برپایه‌ی S_k^* و D_x و به کمک روابط زیر قابل محاسبه است.

$$Z_k^* = \sum_{i=1}^k k(n-k)^{-\frac{1}{2}} S_k^* \quad 1 \leq k \leq n-1 \quad (۷)$$

$$Z_k^{**} = \frac{Z_k^*}{D_y} \quad (۸)$$

و آنگاه:

$$V = \text{Max}|Z_k^{**}| \quad 1 \leq k \leq n-1 \quad (۹)$$

در نهایت آماره‌ی آزمون ورسلی به کمک رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$W = \frac{(n-2)^{\frac{1}{2}}V}{(1-V^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (10)$$

مقادیر بحرانی این آزمون نیز در جداول پیوست کتاب‌های آماری موجود است. همانند آزمون انحرافات تجمعی در صورتی که مقدار آماره‌ی آزمون محاسبه شده‌ی W بزرگ‌تر از مقدار بحرانی آماره‌ی جدول باشد، بیانگر ناهمگنی داده‌ها است و فرض صفر تأیید نمی‌شود. یکی دیگر از کاربردهای دو آزمون همگنی یاد شده شناسایی نقاط جهش در سری زمانی است.

روند نمایه‌ها

برای واکاوی معناداری روند نمایه‌ها از آزمون ناپارامتریک من کندال و برای برآورد نرخ تغییرات از تخمین‌گر شیب سن بهره گرفته شد. برای جلوگیری از اطاله‌ی کلام نحوه‌ی محاسبه‌ی دو روش یاد شده در این مقاله نیامده است.

معناداری جهش در نمایه‌ها

آزمون من ویتنی

آزمون ناپارامتریک من ویتنی در سال ۱۹۴۷ توسط من و ویتنی ارائه شد. در این پژوهش، از این آزمون برای معناداری نقاط جهش در سری زمانی نمایه‌ها استفاده شد. نقاط جهش به کمک آزمون‌های همگنی انحرافات تجمعی و بیشینه‌ی درست‌نمایی ورسلی برای ۲۷ نمایه مشخص شد و معناداری نقاط جهش به کمک آزمون من ویتنی در سه سطح اطمینان ۹۵،۹۰ و ۹۹ درصد مورد آزمون قرار گرفت.

اگر سری زمانی ما به دو گروه $\{X_1, X_2, \dots, X_t\}$ و $\{X_{t+1}, X_{t+2}, \dots, X_T\}$ تقسیم شود به طوری که تعداد N_1 و N_2 برابر با N باشد، سری جدیدی با مرتب کردن سری دو مجموعه به نام Z_i به دست می‌آید.

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1 (n_1 + 1)}{2} - R_1 \quad (11)$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2 (n_2 + 1)}{2} - R_2 \quad (12)$$

که R_1 و R_2 به ترتیب جمع رتبه‌های افراد نمونه اول و دوم است. آماره آزمون من ویتنی برای نمونه‌های بزرگ‌تر از ۲۰ مشاهده به کمک رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود و از توزیع نرمال استاندارد تبعیت می‌کند (عساکره، ۱۳۹۰):

$$Z_0 = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{(n_1)(n_2)(n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \quad (13)$$

آماره‌ی آزمون محاسبه شده Z_0 با جدول توزیع نرمال مقایسه می‌شود. در صورتی که Z_0 بزرگ‌تر از Z جدول باشد فرض صفر (برابری دو سری تفکیک شده بر اساس نقطه‌ی جهش) تأیید نمی‌شود و سری زمانی در دو طرف نقطه‌ی جهش (در این پژوهش سال جهش) با همدیگر رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهند. ولی برعکس اگر Z_0 کوچک‌تر از Z جدول باشد فرض صفر (برابری دو سری تفکیک شده بر اساس نقطه‌ی جهش) تأیید می‌شود. در نمونه‌های کوچک‌تر از ۲۰ مشاهده U بحرانی از جدول مخصوص آزمون استخراج می‌شود و با U کوچک‌تر در رابطه‌های بالا مقایسه می‌شود.

جدول ۱- نمایه‌های فرین دما برگرفته از وبسایت تیم تحقیقاتی شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها

نمایه	تعریف	یکا
FD	روزهای یخبندان: تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه‌ی روزانه کوچک‌تر از صفر درجه سانتی گراد باشد	روز
SU25	روزهای تابستانی: تعداد روزهایی از سال که دمای بیشینه‌ی روزانه بزرگ‌تر از ۲۵ درجه سانتی گراد باشد	روز
ID	روزهای یخی: تعداد روزهایی از سال که دمای بیشینه‌ی روزانه کوچک‌تر از صفر درجه سانتی گراد باشد	روز
TR20	شب‌های حاره‌ای: تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه‌ی بیش تر از ۲۰ درجه سانتی گراد باشد	روز
GSL	طول فصل رشد در سال (اول ژانویه تا ۳۱ دسامبر در نیمکره شمالی؛ اول ژوئیه تا ۳۰ ژوئن در نیمکره جنوبی): تعداد روزهایی از سال که بین اولین رخدادی که دست کم ۶ روز پی‌پی میانگین دمای روزانه بیش تر از ۵ درجه سانتی گراد و اولین رخدادی که دست کم ۶ روز پی‌پی بعد از اول ژوئیه (اول ژانویه در نیمکره جنوبی) میانگین دمای روزانه کوچک‌تر از ۵ درجه سانتی گراد باشد را طول فصل رشد گویند	روز
TXx	بزرگ‌ترین دمای بیشینه: میزان حداکثر دمای بیشینه‌ی روزانه در ماه	سانتی گراد
TXn	کوچک‌ترین دمای بیشینه: میزان حداقل دمای کمینه‌ی روزانه در ماه	سانتی گراد
TNx	بزرگ‌ترین دمای کمینه: میزان حداکثر دمای کمینه‌ی در ماه	سانتی گراد
TNn	کوچک‌ترین دمای کمینه: میزان حداقل دمای کمینه‌ی در ماه	سانتی گراد
TN10p	شب های سرد: درصدی از روزها که دمای شبانه کوچک‌تر از صدک ۱۰ام دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد	روز
TX10p	روزهای سرد: درصدی از روزها که دمای روزانه کوچک‌تر از صدک ۱۰ام دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد	روز
TN90p	شب های گرم: درصدی از روزها که دمای شبانه بزرگ‌تر از صدک ۹۰ام دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد	روز
TX90p	روزهای گرم: درصدی از روزها که دمای روزانه بزرگ‌تر از صدک ۹۰ام دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد	روز
WSDI*	موج گرما: تعداد روزهای از سال که حداقل ۶ روز پی‌پی دمای روزانه بیش تر از صدک ۱۰ام دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد	روز
CSDI*	موج سرما: تعداد روزهای از سال که حداقل ۶ روز متوالی دمای شبانه کوچک‌تر از صدک ۱۰ام دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد	روز
DTR	دامنه‌ی دمای شبانه‌روزی: تفاوت میانگین ماهانه دمای روزانه و شبانه. فرض کنید که T_{xij} و T_{nij} به ترتیب دمای بیشینه‌ی روزانه و دمای کمینه‌ی روزانه در روز i ام در دوره‌ی j ام است. اگر I بیانگر تعداد روزهای دوره‌ی j ام باشد، بنابراین دامنه‌ی	سانتی گراد

	<p>دمای روزانه از رابطه‌ی زیر به دست می آید</p> $DTR_j = \frac{\sum_{i=1}^I (Tx_{ij} - Tn_{ij})}{I}$	
--	--	--

جدول ۲- نمایه‌های بارش فرین‌گرفته از وب سایت تیم تحقیقاتی شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI>

نمایه	تعریف	یکا
RX1day	بیشترین مقدار بارش یک روزه: بیشترین بارش یک روزه در ماه	میلیمتر
RX5day	بیشترین مقدار بارش پنج روزه: بیشترین بارش پنج روز متوالی در ماه	میلیمتر
SDII	نمایه‌ی ساده‌ی شدت بارش روزانه: از تقسیم مقدار کل بارش سالانه بر تعداد روزهای بارشی (دست کم یک میلی متر) سالانه به دست می آید. فرض کنید که RR_{wj} مقدار بارش روزانه در روزهای مرطوب (دست کم یک میلی متر) در دوره‌ی J ام است. اگر W بیانگر تعداد روزهای مرطوب در دوره‌ی J ام باشد، بنابراین نمایه‌ی ساده‌ی شدت بارش روزانه از رابطه‌ی زیر به دست می آید. $SDII_j = \frac{\sum_{w=1}^W RR_{wj}}{W}$	میلیمتر در روز
R10	تعداد روزهای همراه با بارش سنگین: تعداد روزهایی که در سال بارش دست کم ۱۰ میلی‌متر باشد	روز
R20	تعداد روزهای همراه با بارش ابر سنگین: تعداد روزهایی که در سال بارش دست کم ۲۰ میلی‌متر باشد	روز
R5	تعداد روزهای با بارش بیشتر از ۵ میلی متر: تعداد روزهایی که در سال بارش دست کم ۵ میلی‌متر باشد	روز
CDD*	روزهای متوالی خشک: بیشترین تعداد روزهای متوالی که بارش کمتر از یک میلی‌متر باشد.	روز
CWD*	روزهای متوالی مرطوب: بیشترین تعداد روزهای متوالی که بارش بیشتر از یک میلی‌متر باشد	روز
R95p	روزهای خیلی مرطوب: مجموع مقدار بارش روزهایی از سال که مقدار بارش بیش از صدک ۹۵ ام دوره‌ی مبنا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد. فرض کنید که RR_{wj} مقدار بارش روزانه در روزهای مرطوب (دست کم بارش یک میلی متر) در دوره‌ی J ام است و RR_{wn95} صدک ۹۵ ام بارش روزهای مرطوب در دوره‌ی مبنا ۱۹۷۱-۲۰۰۰ است. اگر W بیانگر تعداد روزهای مرطوب در دوره‌ی مبنا باشد، بنابراین روزهای خیلی مرطوب از رابطه‌ی زیر به دست می آید. $R95 p_j = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ where } RR_{wj} > RR_{wn95}$	میلی متر
R99p	روزهای بسیار مرطوب: مجموع مقدار بارش روزهایی از سال که مقدار بارش بیش از صدک ۹۹ ام دوره‌ی مبنا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد. فرض کنید که RR_{wj} مقدار بارش روزانه در روزهای مرطوب (دست کم بارش یک میلی متر) در دوره‌ی J ام است و RR_{wn99} صدک ۹۹ ام بارش روزهای مرطوب در دوره‌ی مبنا ۱۹۷۱-۲۰۰۰ است. اگر W بیانگر تعداد روزهای مرطوب در دوره‌ی مبنا باشد، بنابراین روزهای بسیار مرطوب از رابطه‌ی زیر به دست می آید. $R99 p_j = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ where } RR_{wj} > RR_{wn99}$	میلی متر

میلی متر	مقدار کل بارش روزهای مرطوب سالانه: مقدار کل بارش روزهای مرطوب (مقدار بارش دست کم از یک میلی متر بیشتر باشد) سالانه	PRCPTOT
----------	--	---------

علاوه بر ۲۷ نمایه‌ی معرفی شده‌ی تیم تحقیقاتی شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها (ETCCDI)، ۶ نمایه‌ی دیگر نیز که فهرست آن‌ها در جدول ۳ آمده است، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول ۳- فهرست ۶ نمایه‌ی معرفی شده توسط پژوهشگران

یکا	تعریف	نمایه
روز	تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه‌ی روزانه کوچک‌تر از ۵ درجه سانتی گراد باشد	FD5
روز	روزهای تابستانی: تعداد روزهایی از سال که دمای بیشینه‌ی روزانه بزرگ‌تر از ۳۰ درجه سانتی گراد باشد	SU30
روز	تعداد روزهایی از سال که دمای بیشینه‌ی روزانه کوچک‌تر از ۵ درجه سانتی گراد باشد	ID5
روز	تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه‌ی بیش‌تر از ۲۵ درجه سانتی گراد باشد	TR25
سانتی گراد	میانگین دمای بیشینه‌ی سالانه	TMAX Mean
سانتی گراد	میانگین دمای کمینه‌ی سالانه	TMIN Mean

یافته‌ها

نتایج حاصل از برازش آزمون‌های همگنی و روند بر روی سری زمانی کلی نمایه‌ها طی دوره‌ی مورد مطالعه در جدول ۴ آمده است. همان‌طور که قابل ملاحظه است طی دوره‌ی مورد مطالعه سری زمانی مربوط به اغلب نمایه‌های فرین بارش و دما در ایستگاه همدید کرمانشاه ناهمگن هستند. در بین ۳۳ نمایه‌ی مورد مطالعه تنها سری زمانی مربوط به نمایه‌ی RX1day همگنی را نشان می‌دهد. ناهمگنی سری زمانی مربوط به بقیه‌ی نمایه‌ها دست‌کم توسط یکی از آزمون‌های همگنی (ناهمگنی) در سطوح اطمینان ۹۵،۹۰ و ۹۹ درصد تأیید شده است. همچنین برازش آزمون ناپارامتریک من‌کندال بر روی سری زمانی کلی نمایه‌ها نشان می‌دهد که اغلب نمایه‌ها نیز روند معناداری را به لحاظ آماری در سطوح اطمینان ۹۵،۹۰ و ۹۹ درصد نشان می‌دهند. طبق نتایج به دست آمده از آزمون ناپارامتریک من‌کندال در بین شاخص‌های فرین دما در ایستگاه کرمانشاه همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود روزهای یخبندان روزهای تابستانی، طول فصل رشد، موج گرما، میانگین دمای بیشینه، میانگین دمای کمینه، شب‌های سرد، شب‌های گرم، بزرگ‌ترین دمای کمینه، شب‌های حاره‌ای، روزهای سرد و روزهای گرم، R10، R5، روزهای متوالی مرطوب و مجموع کل بارش سالانه دارای روند معنادار در سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ یا ۹۹ درصد هستند.

جدول ۴- معناداری همگنی و روند نمایه‌های فرین بارش و دمادرایستگاه همدید کرمانشاه

آزمون همگنی آزمون روند		انحرافات تجمعی		نمایه
آزمون من-کندال	درست نمائی ورسلی			
۲/۲۴	*۳/۴۷	**۱/۴۵		FD0
-۱/۶	**۲/۲	۰/۹۷		FD5
***۳/۷۶۶	***۶/۷۵	***۲/۳		SU25
***۳/۹۹	***۷/۳۴	***۲/۴۳		SU30
	*۱/۹۸	۰/۹۴		ID0
-۰/۹۴	**۲/۲۲	۱/۰۴		ID5
***۳/۶۴	***۴/۹۴	***۱/۹۹		TR20
	***۲/۵۶	**۱/۲		TR25
***۲/۶۶	***۴/۵	***۱/۸۶		GSL
۱/۱۹	***۲/۷	**۱/۲۱		TXx
۱/۳۶	***۲/۶۴	**۱/۲۲		TXn
***۲/۳۳	***۳/۰۱	**۱/۴		TNx
۱/۲۴	**۲/۲۳	۱/۰۴		TNn
***-۵/۷۷	***۷/۰۵	***۲/۳۴		TN10p
***-۳/۴۴	***۵/۵۸	***۲/۱		TX10p
***۵/۲۵	***۵/۹۹	***۲/۱۲		TN90p
***۳/۴۶	***۷/۷۹	***۲/۵		TX90p
***۲/۸۶	***۶/۰۲	***۲/۲		WSDI
	***۳/۰۴	**۱/۳۲		CSDI
-۰/۹۵	***۳/۰۷	**۱/۳		DTR
-۰/۰۷	۱/۵۲	۰/۷۶		RX1day
-۰/۸۴	*۱/۶۴	۰/۷		RX5day
۱/۴۲	**۲/۰۵	۰/۹۵		SDII
***-۲/۹۷	***۳/۷۸	***۱/۶		R5
***-۲/۶۳	***۳/۱۱	**۱/۳۷		R10
-۱/۱۴	*۱/۹۳	۰/۸۵		R20
***۳/۹۵	***۷/۳۵	***۲/۴۴		TMAX MEAN
***۵/۸۲	***۷/۱۶	***۲/۳۹		TMIN MEAN
۰/۰۷	*۱/۶۷	۰/۴۸		CDD
***-۳/۸	***۴/۰۹	***۱/۷		CWD
۰/۳۶	*۱/۵۸	۰/۶۵		R95p
-۰/۴۸	***۲/۷۲	۱/۰۶		R99p
۲/۱۳	*۳/۲۱	**۱/۴		PRCPTOT

+معنادار در سطح اطمینان ۹۰ درصد، *معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ***و** معنادار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

نرخ تغییرات نمایه‌های روند معنادار به ازای هر دهه در جدول ۵ آمده است. بیش‌ترین نرخ تغییرات در بین نمایه‌ها مربوط به نمایه‌ی طول فصل رشد (GSL) است که نرخ تغییرات این نمایه ۷/۵ روز به ازای هر دهه است. به بیانی دیگر هر ده سال ۷/۵ روز به طول فصل رشد کرمانشاه افزوده می‌شود. نرخ تغییرات روزهای تابستانی نیز افزایشی است و هر ده سال ۴/۶ روز به روزهای تابستانی اضافه شده است. همچنین به میانگین دمای کمینه (TMIN Mean) هر ده سال ۰/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد اضافه شده است. نرخ تغییرات طول امواج گرما (WSDI) ۲/۵ روز به ازای هر دهه است و امواج گرما طولانی‌تر شده‌اند. فراوانی رخداد شب‌های حاره‌ای (TR20) افزایش یافته است. برعکس به ازای هر دهه ۲/۵ روز از بسامد رخداد روزهای یخبندان (FDO) کاسته شده است. همچنین از بسامد شب‌های سرد (TN10P) و روزهای سرد (TX10P) به ترتیب ۲/۴ شب و ۱/۸ روز به ازای هر دهه کاسته شده است. به طور کلی می‌توان گفت که از بسامد رخداد دماهای فرین سرد ایستگاه کرمانشاه کاسته شده و فراوانی رخداد دماهای فرین گرم افزایش یافته است.

جدول ۵ - نرخ تغییرات نمایه‌های فرین دما به ازای هر دهه به کمک آزمون من‌کنندال در کرمانشاه

نمایه	معناداری	شیب	سطح ۹۹ درصد		سطح ۹۵ درصد		آماره آزمون
			حدپایین	حدبالا	حدپایین	حدبالا	
FDO	*	-۲/۵	۰/۴	-۵/۴۵	-۰/۲۸	۴/۴۷	-۲/۲۴
GSL	**	۷/۵	۱۵/۲۶	۰/۲۶	۱۳/۶۴	۱/۹۹	۲/۶۶
WSDI	**	۲/۵	۷/۵	۰	۶/۴۱	۰	۲/۸۶
SU25	***	۴/۶۳	۷/۴۹	۱/۵	۶/۴۱	۲/۳۲	۳/۷۶
SU30	***	۴/۶۳	۷/۱۴	۱/۷۶	۶/۶۷	۲/۵	۳/۹۹
TMAX MEAN	***	۰/۴۳	۰/۶۶	۰/۱۷	۰/۶	۰/۲۵	۳/۹۵
TMIN MEAN	***	۰/۵	۰/۶۸	۰/۳۲	۰/۶۵	۰/۳۷	۳/۸۲
TN10P	***	-۲/۴۱	-۱/۴۴	-۳/۵۳	-۱/۶۶	-۳/۲۴	-۵/۶۷
TN90P	***	۲/۴	۳/۴۴	۱/۳۵	۳/۰۹	۱/۵۷	۵/۲۵
TNX	*	۰/۵	۱/۰۹	۰	۰/۹۴	۰/۰۵	۲/۳۳
TR20	***	۱/۶۳	۳/۳۳	۰/۴۶	۲/۸۶	۰/۷	۳/۶۴
TX10P	***	-۱/۸	-۰/۷۷	-۲/۷۳	-۰/۹۸	-۲/۵۲	-۴/۴۴
TX90P	***	۲/۵۷	۴/۴۳	۰/۶۱	۳/۸۷	۱/۱۱	۳/۴۶

+معنادار در سطح اطمینان ۹۰ درصد، * معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، *** و ** معنادار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

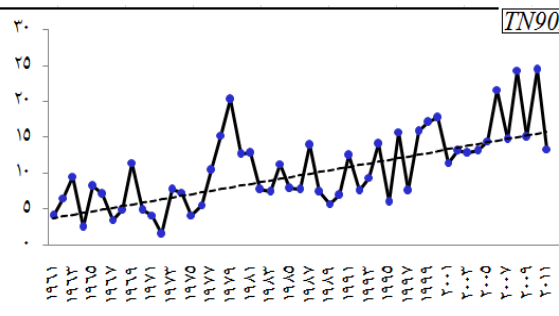
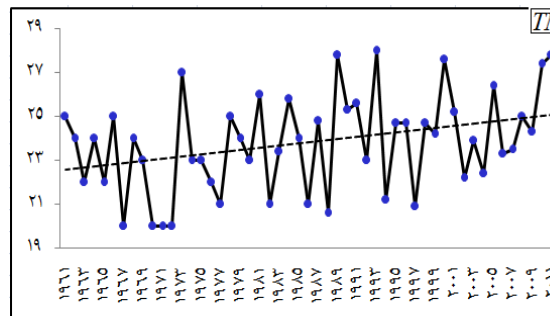
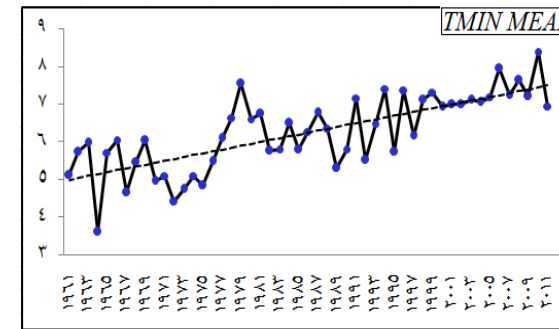
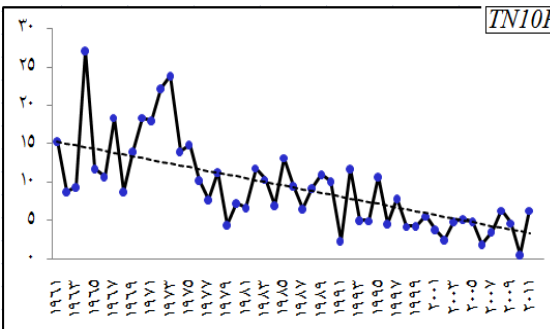
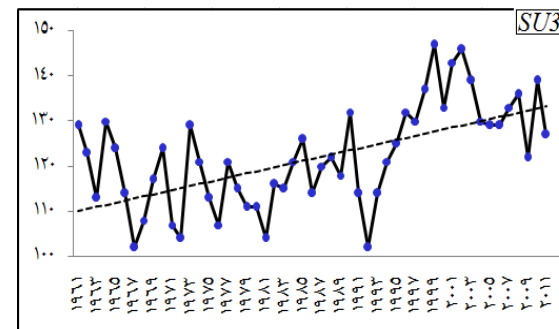
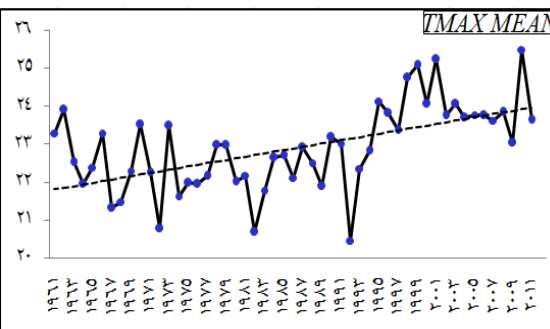
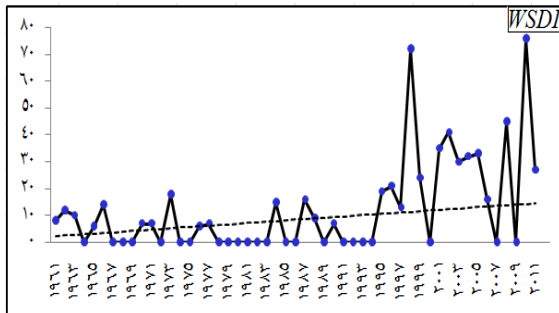
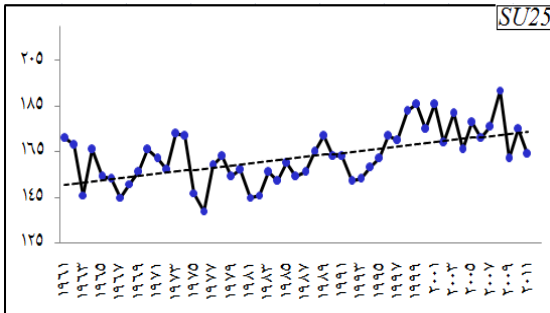
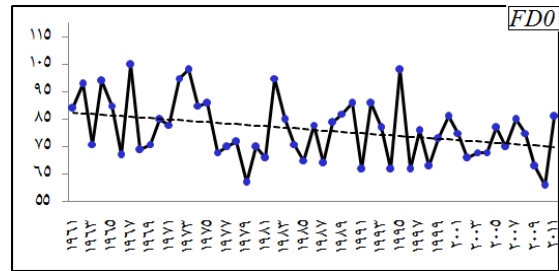
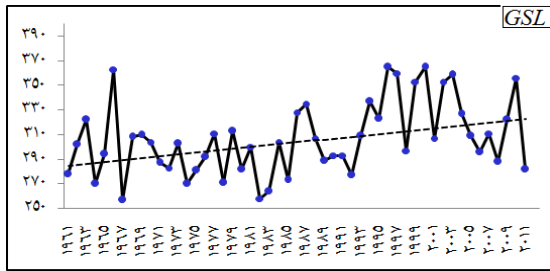
در بین نمایه‌های فرین بارش ۴ نمایه‌ی روزهای متوالی مرطوب (CWD)، روزهای همراه با بارش ۵ میلی‌متر و بیش تر (R5)، روزهای همراه با بارش ۵ میلی‌متر و بیش‌تر (R10) و مقدار کل بارش روزهای مرطوب سالانه (PRCTOTO) روند معناداری را به لحاظ آماری در سطوح اطمینان ۹۵، ۹۰ و ۹۹ درصد نشان می‌دهند. نرخ تغییرات همراه با حد بالا و پایین مقادیر تغییرات در سطوح اطمینان ۹۰ و ۹۵ درصد در جدول ۶ آمده است. روند تمام نمایه‌های معنادار بارش فرین کرمانشاه منفی است. نرخ تغییرات تعداد روزهای همراه با بارش ۵ میلی‌متر و بیش‌تر (R5) برابر با ۲/۳۱ روز به ازای هر دهه است و برای نمایه‌ی تعداد روزهای همراه با بارش ۱۰ میلی‌متر و بیش‌تر (R10) نرخ کاهشی بسامد رخداد برابر با ۱/۳۳ روز است که در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار است. بسامد رخداد روزهای متوالی مرطوب (CWD) در کرمانشاه نیز روبه کاهش است و نرخ کاهش روزهای متوالی مرطوب ۰/۴۴ روز به ازای هر دهه است. نرخ تغییرات کاهشی نمایه‌ی مقدار کل بارش روزهای مرطوب سالانه (PRCTOTO) بسیار زیاد است و در سطح اطمینان ۹۵ درصد به لحاظ آماری معنادار است و برابر با ۲۴/۶۹ میلی‌متر به ازای هر دهه است.

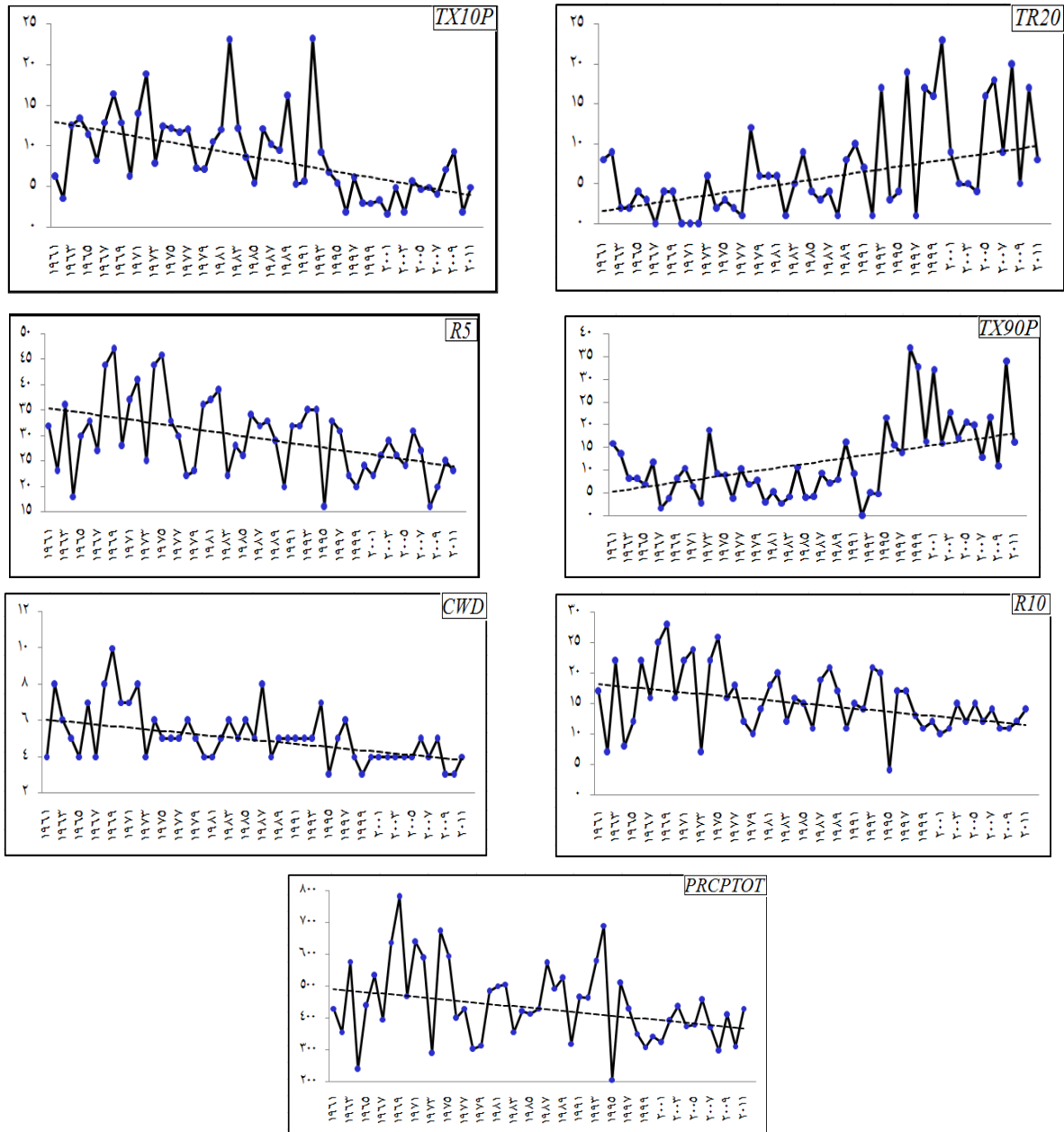
جدول ۶- نرخ تغییرات نمایه‌های فرین بارش به ازای هر دهه به کمک آزمون من‌کندال در کرمانشاه

سطح ۹۵ درصد		سطح ۹۹ درصد					
آماره آزمون	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	شیب	معناداری	نمایه
-۲/۹۷	-۳/۸۲	-۰/۷۲	-۰/۲۷	-۳/۸۲	-۲/۳۱	**	R5
-۶/۲	-۲/۳۲	-۰/۲۹	-۲/۶۱	۰	-۱/۳۳	**	R10
-۳/۸	-۰/۷۴	۰	-۰/۸۳	۰	-۰/۴۴	***	CWD
-۲/۱۳	-۴۹/۵۱	-۱/۴۲	-۵۷/۱	۶/۰۸	-۲۴/۶۹	*	PRCPTOT

+معنادار در سطح اطمینان ۹۰ درصد، * معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، *** و ** معنادار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

شکل ۱ برازش تخمین‌گر شیب سن را بر روی سری زمانی سالانه‌ی نمایه‌های معنادار فرین‌های دما و بارش را نشان می‌دهد. رفتار افزایشی و کاهشی بسامد رخداد و مقدار نمایه‌ها نیز از روی شکل نیز بیانگر تغییرات این نمایه‌ها طی دوره‌ی مورد بررسی می‌باشد.





شکل ۱: برازش تخمین گر شیب سن بر روی سری زمانی نمایه های معنادر کرمانشاه

جدول ۷ معناداری سال جهش سری زمانی نمایه‌های فرین بارش و دما را در ایستگاه همدید کرمانشاه نشان می دهد. در دو ستون اول سالی که جهش در آن اتفاق افتاده است به کمک دو آزمون انحرافات تجمعی و درست نمایی ورسلی آمده است و در ستون سوم معناداری جهش به کمک آزمون ویتنی نشان داده شده است. یافته‌ها نشان می دهند که اغلب نمایه‌ها طی دوره‌ی مورد مطالعه دچار جهش معنادار شده‌اند و تنها نمایه‌ی RX1day جهش معناداری را به لحاظ آماری در سطوح اطمینان مورد نظر نشان نمی دهد. در برخی از نمایه‌ها دو آزمون انحرافات تجمعی و

درست‌نمایی ورسلی سال مشابه‌ای را برای جهش در سری زمانی شناسایی کرده‌اند و برای برخی دیگر از نمایه‌ها سال جهش متفاوت است. آزمون انحرافات تجمعی برای حالتی که تغییر میانگین در میانه و وسط سری زمانی داده‌ها رخ دهد مناسب است در حالی که آزمون درست‌نمایی ورسلی تغییر میانگین در ابتدا و انتهای سری را بهتر نمایان می‌کند. لذا به کمک این دو آزمون می‌توان تغییرات میانگین سری را بهتر آشکار و شناسایی کرد (پیشاند، ۱۹۸۲ به نقل از مدرسی و همکاران، ۱۳۸۹). لازم به ذکر است که می‌توان از آزمون گرافیکی من‌کنندال نیز جهت شناسایی نقاط جهش در سری بهره جست. یافته‌های حاصل از این آزمون نیز نتایجی مشابهی را نشان می‌دهند. اغلب نمایه‌های فرین بارش و دما در سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۶ دچار جهش معنادار شده‌اند و برخی دیگر از نمایه‌ها در سال ۱۹۷۶ دچار تغییرات و جهش شده‌اند. جهش مشاهده شده در سال ۱۹۷۶ در اثر جابه‌جایی مکانی ایستگاه است که در این سال اتفاق افتاده است اما برای جهش سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۶ باید دنبال دلیلی دیگری باشیم. جهش مشاهده شده در سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۶ هماهنگ با جهش معنادار برای سایر ایستگاه‌های کشور است که در اغلب یافته‌های پژوهشگران (پروین، ۱۳۸۹؛ علیجانی و همکاران، ۱۳۹۰ و رحیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰) به آن اشاره شده است. به نظر می‌رسد که جهش مشاهده شده آغازی برای رخداد تغییر اقلیم است. اگر سری زمانی نمایه‌ها را به دو دوره‌ی قبل از جهش و بعد از آن تقسیم کنیم و سپس بر روی آن‌ها آزمون روند انجام دهیم واقعیت‌های نهان خود را بهتر نشان می‌دهند. جدول ۸ نرخ تغییرات روند نمایه‌های معنادار را در سال‌های قبل و بعد از جهش نشان می‌دهد. همان‌طور که قابل ملاحظه است در بین ۳۳ نمایه‌ی مورد بررسی در این پژوهش سه نمایه‌ی شب‌های سرد (TN10P)، دامنه‌ی دمای شبانه‌روزی (DTR) و میانگین دمای شبانه (TMIN Mean) دارای روند معناداری در دوره‌ی بعد از سال جهش روند معناداری را نشان می‌دهند. سال جهش این نمایه‌ها ۱۹۷۶-۱۹۷۷ است یعنی سالی که ایستگاه همدید کرمانشاه جابه‌جایی مکانی داشته است. بنابراین دلیل جهش معنادار نمایه‌های یاد شده طبیعی نیست و دلیل مصنوعی دارد ولی همان‌طور که نتایج حاصل از برازش آزمون من‌کنندال بر روی مقادیر بعد از سال جهش نشان می‌دهند روند نمایه‌ها در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد معنادار هستند. نمایه‌ی تعداد شب‌های سرد (TN10P) بعد از سال جهش روند منفی از خود نشان می‌دهد و نرخ کاهشی روند تغییرات این نمایه ۱/۷۱ روز به ازای هر دهه است. نمایه‌ی دامنه‌ی دمای شبانه‌روزی (DTR) روند مثبتی را بعد از سال جهش نشان می‌دهد و نرخ افزایش این نمایه ۰/۳۱ درجه‌ی سانتی‌گراد به ازای هر دهه است. برای نمایه‌ی میانگین دمای شبانه (TMIN Mean)

روند مثبتی در سطح اطمینان ۹۹ درصد مشاهده شد و یافته‌ها بیانگر آن است که به ازای هر دهه بعد از سال جهش ۰/۴۱ درجه‌ی سانتی‌گراد به میانگین دمای کمینه اضافه شده است.

جدول ۷- معناداری سال جهش در سری زمانی نمایه‌ها در کرمانشاه

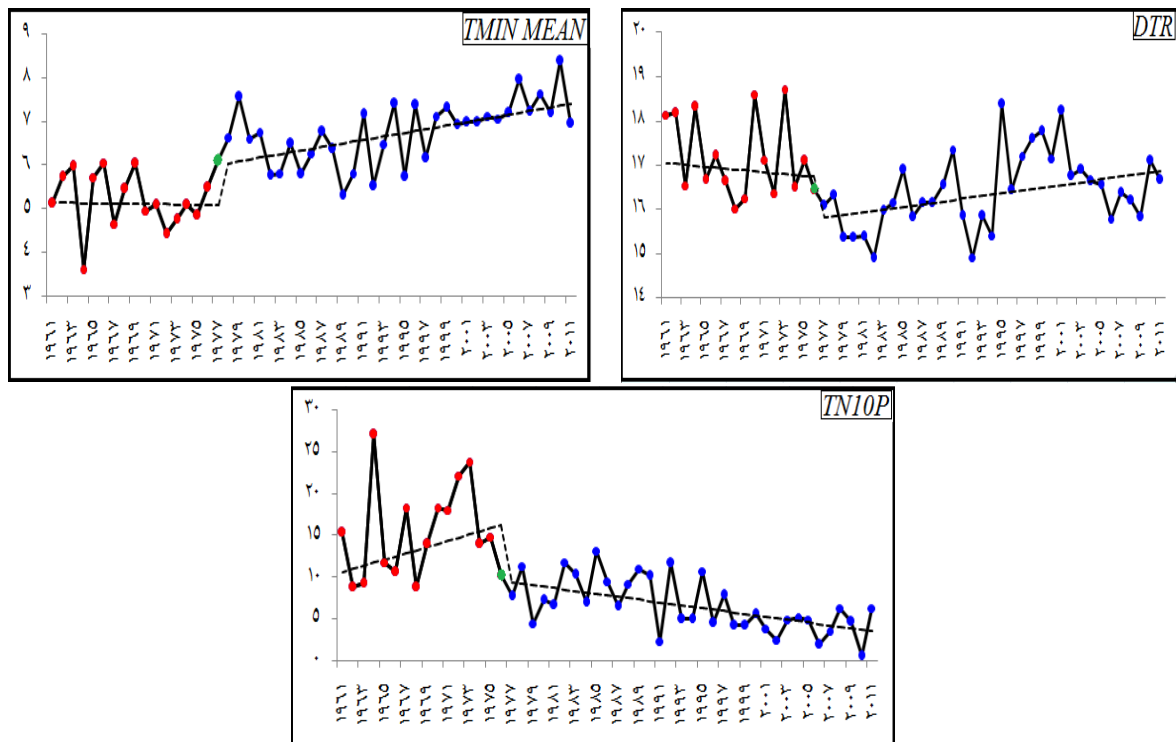
نمایه آزمون انحرافات تجمعی		آزمون درست‌نمایی ورسلی آزمون من ویتنی		
***-۲/۹۸۸		۱۹۷۶	۱۹۷۶	FD0
**_۲/۱۵۶		۱۹۷۶	۱۹۷۶	FD5
***_۵/۸۳۸		۱۹۹۶	۱۹۹۶	SU25
***_۶/۲۲۷	***_۶/۴۵۹	۱۹۹۶	۱۹۹۵	SU30
**_۲/۳۷۹		۱۹۹۳	۱۹۹۳	ID0
**_۱/۹۹۷		۱۹۹۳	۱۹۹۳	ID5
***_۳/۹۷۶		۱۹۹۳	۱۹۹۳	TR20
**_۲/۰۲		۱۹۸۱	۱۹۸۱	TR25
***_۴/۱۶	***_۴/۸۳	۱۹۹۴	۱۹۹۳	GSL
***_۲/۷۷۹		۱۹۹۵	۱۹۹۵	TXX
**_۲/۵۲۶	**_۲/۴۸۴	۱۹۹۳	۱۹۹۱	TXN
***_۲/۷۰۹		۱۹۸۹	۱۹۸۹	TNX
**_۲/۱۴۸		۱۹۹۴	۱۹۹۴	TNN
***_۵/۲۳۹	***_۴/۹۴۴	۱۹۷۶	۱۹۷۹	TN10P
***_۶/۲۳۴		۱۹۹۴	۱۹۹۴	TX10P
***_۵/۴۴۲	***_۵/۴۳۶	۱۹۹۸	۱۹۹۶	TN90P
***_۶/۲۴		۱۹۹۵	۱۹۹۵	TX90P
***_۵/۱۱۱		۱۹۹۵	۱۹۹۵	WSDI
***_۲/۶۷۹	***_۲/۹۹۲	۱۹۷۶	۱۹۷۹	CSDI
***_۲/۷۲۷	***_۲/۸۵۳	۱۹۷۴	۱۹۷۶	DTR
-۰/۷۵۱		۱۹۸۷	۱۹۸۷	RX1DAY
	-۱/۴۱۶	۲۰۱۱	۱۹۷۵	RX5DAY
	*-۱/۷۲۴	۲۰۱۱	۱۹۸۷	SDII
***_۳/۷۵۹		۱۹۹۵	۱۹۹۵	R5
***_۳/۰۶۶		۱۹۹۵	۱۹۹۵	R10
*-۱/۶۳۸		۱۹۷۵	۱۹۷۵	R20
***_۶/۳۰۳		۱۹۹۵	۱۹۹۵	TMAXMEAN
***_۶/۶۰۵	***_۵/۴۲۵	۱۹۷۷	۱۹۷۸	TMINMEAN
-۱/۵۹۷	-۰/۴۵۲	۲۰۰۸	۲۰۰۷	CDD
***_۴/۴۶۹		۱۹۹۵	۱۹۹۵	CWD
-۱/۴۹۶		۱۹۷۲	۱۹۷۲	R95P
***_۲/۶۷۹		۱۹۷۲	۱۹۷۲	R99P
***_۳/۲۶۴		۱۹۹۵	۱۹۹۵	PRCPTOT

+معنادار در سطح اطمینان ۹۰ درصد، *معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ***و**معنادار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

جدول ۸- نرخ تغییرات روند نمایه‌های معنادر در سال های قبل و بعد از جهش

سطح ۹۵ درصد		سطح ۹۹ درصد		شیب	دوره	نمایه
حدپایین	حدبالا	حدپایین	حدبالا			
۱۳/۲۹	-۹/۱۹	۱۰/۳۷	-۵/۰۷	۳/۷۶	۱۹۷۶-۱۹۶۱	TN10P
-۰/۷۶	-۲/۹۱	-۰/۹۳	-۲/۶۴	***-۱/۷۱	۲۰۱۱-۱۹۷۷	
۰/۶۸	-۲/۲۹	۰/۵۱	-۱/۶۹	-۰/۲۱	۱۹۷۶-۱۹۶۱	DTR
۰/۶۹	-۰/۰۵	۰/۵۹	۰/۰۳	*۰/۳۱	۲۰۱۱-۱۹۷۷	
۱/۳	-۱/۱۳	۰/۸۷	-۰/۸۷	-۰/۰۳	۱۹۷۷-۱۹۶۱	TMIN MEAN
۰/۷	۰/۱۱	۰/۶۲	۰/۱۸	**۰/۴۱	۲۰۱۱-۱۹۷۸	

+معنادر در سطح اطمینان ۹۰ درصد، * معنادر در سطح اطمینان ۹۵ درصد، *** و ** معنادر در سطح اطمینان ۹۹ درصد



شکل ۲- برازش تخمین گر شیب سن بر روی سری زمانی نمایه‌های معنادر قبل و بعد از نقاط جهش دار (دایره‌های قرمز رنگ مقادیر قبل از

جهش، دایره‌های آبی رنگ مقادیر بعد از جهش و دایره‌ی سبزرنگ نقطه‌ی جهش را نشان می دهند)

بحث و نتیجه گیری

هدف از انجام این پژوهش واکاوی رفتار فرین‌های بارش و دمای ایستگاه همدید کرمانشاه به کمک آزمون های آماری بود. برای انجام این پژوهش از داده‌های روزانه‌ی بارش، دمای کمینه (شبانه) و دمای بیشینه (روزانه) ایستگاه همدید کرمانشاه طی بازه‌ی زمانی ۱۹۶۱/۱/۱ تا ۲۰۱۱/۱۲/۳۱ استفاده شد. برای شناسایی نمایه‌های فرین دما و بارش

از ۲۷ نمایه‌ی معرفی شده‌ی تیم تحقیقاتی شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها و ۶ نمایه‌ی فرین دیگر بهره بردیم. قبل از انجام هرگونه تحلیلی ابتدا داده‌ها کنترل کیفی شدند و مقادیر پرت از سری زمانی داده‌ها حذف شدند. برای آگاهی در مورد رخداد تغییر اقلیم از آزمون‌های آماری پیشنهاد شده توسط سازمان هواشناسی جهانی جهت واکاوی تغییر اقلیم بهره بردیم. از آزمون‌های انحرافات تجمعی و آزمون نسبت درست نمایی ورسلی برای شناسایی همگنی یا ناهمگنی داده‌ها و مشخص کردن نقاط جهش و تغییر سری زمانی نمایه‌ها استفاده شد. از آزمون من-ویتنی جهت برآورد معناداری سال جهش بهره گرفتیم. سپس معناداری روند هر کدام از ۳۳ نمایه‌ی فرین یاد شده توسط روش ناپارامتریک من‌کندال مورد آزمون قرار گرفت و به کمک تخمین گر شیب سن نرخ شیب روند به ازای هر دهه برآورد و محاسبه شد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در کرمانشاه نمایه‌های فرین‌های سرد روزهای یخبندان، بزرگترین دمای کمینه، شب‌های سرد، روزهای سرد روبه کاهش است درحالیکه فرین‌های گرم روزهای تابستانی، شب‌های حاره‌ای، روزهای گرم، شب‌های گرم، تعداد امواج گرما، میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه افزایش یافته است. نمایه‌های فرین بارش روزهای همراه با بارش دست کم ۵ (R5) و ۱۰ (R10) میلی‌متر، دوره-های متوالی مرطوب و مجموع بارش روزهای مرطوب سالانه روند کاهشی نشان می‌دهند. اغلب نمایه‌های فرین بارش و دما در سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۶ دچار جهش معنادار شده‌اند و برخی دیگر از نمایه‌ها در سال ۱۹۷۶ دچار تغییرات و جهش شده‌اند. جهش مشاهده شده در سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۶ هماهنگ با سال جهش برای سایر ایستگاه‌های کشور می‌باشد و شاید بتوان دلیل آن را آغاز و شروع رخداد تغییر اقلیم دانست. ولی جهش سال ۱۹۷۶ در اثر جابه‌جایی مکانی ایستگاه است که در این سال اتفاق افتاده است. اگر سری زمانی نمایه‌ها را به دو دوره‌ی قبل از جهش و بعد از آن تقسیم کنیم و سپس بر روی آن‌ها آزمون روند انجام دهیم واقعیت‌های نهان خود را بهتر نشان می‌دهند. جدول ۸ نرخ تغییرات روند نمایه‌های معنادار را در سال‌های قبل و بعد از جهش نشان می‌دهد. همان‌طور که قابل ملاحظه است در بین ۳۳ نمایه‌ی مورد بررسی در این پژوهش سه نمایه‌ی شب‌های سرد، دامنه‌ی دمای شبانه‌روزی و میانگین دمای شبانه‌داری روند معناداری در دوره‌ی بعد از سال جهش روند معناداری را نشان می‌دهند. سال جهش این نمایه‌ها ۱۹۷۶-۱۹۷۷ است یعنی سالی که ایستگاه همدید کرمانشاه جابه‌جایی مکانی داشته است. افزایش فرین‌های گرم و کاهش میزان دریافت بارش در کرمانشاه یکی از نشانه‌های رخداد تغییر اقلیم است و تأییدی بر یافته‌های سایر پژوهشگران در مورد رخداد تغییر اقلیم در منطقه است که می‌تواند منجر به کم‌آبی و بحران آب، مشکلات اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی فراوانی در منطقه شود.

منابع

- عساکره، حسین (۱۳۹۰)، «*مبانی اقلیم‌شناسی آماری*»، انتشارات دانشگاه زنجان، ۵۴۸ ص.
- پروین، نادر (۱۳۸۹)، «مطالعه‌ی تغییر اقلیم نیم قرن اخیر با تاکید بر منطقه‌ی شمال غرب ایران»، چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، صص ۱-۱۳.
- امیدوار، کمال؛ جوانشیری، نسرین (۱۳۹۰)، «مطالعه تغییر اقلیم با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری»، یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر.
- محمدی، حسین، تقوی، فرحناز (۱۳۸۴)، «روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۳، پاییز ۱۳۸۴، صص ۱۷۶-۱۵۱.
- خسروی، محمود؛ اسمعیل نژاد، مرتضی؛ نظری پور، حمید (۱۳۸۹)، «تغییر اقلیم و تاثیر آن بر منابع آب خاورمیانه»، چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام.
- حجام، سهراب، خوشخو، یونس؛ شمس‌الدین‌وندی، رضا (۱۳۸۷)، «تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری»، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۱۵۷-۱۶۸.
- خورشیددوست، علی محمد، قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۸)، «پیش‌بینی دماهای کرانگین اصفهان با استفاده از روش سری‌های زمانی»، فضای جغرافیایی، ۲۶، صص ۳۱-۴۸.
- رحیم‌زاده، فاطمه؛ عسگری، احمد (۱۳۸۳)، «نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه‌روزی دما در کشور»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳، صص ۱۵۵-۱۷۱.
- رحیم‌زاده، فاطمه؛ هدایت‌دزفولی، اکرم؛ پوراصغریان، آرزو (۱۳۹۰)، «ارزیابی روند و جهش نمایه‌های حدی دما و بارش در استان هرمزگان»، جغرافیا و توسعه، ۲۱، صص ۹۷-۱۱۶.
- علیجانی، بهلول؛ محمودی، پیمان؛ سلیقه، محمد؛ الهه، ریگی چاهی (۱۳۹۰)، «بررسی تغییرات کمینه‌ها و بیشینه‌های سالانه دما در ایران»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۰۲، صص ۱۷۳۷۴-۱۷۳۵۲.

- مدرس، فرشته، شهاب عراقی نژاد، کیومرث؛ ابراهیمی خلی؛ مجید، خلی (۱۳۸۹)، «بررسی منطقه‌ای پدیده تغییر اقلیم با استفاده از آزمون های آماری مطالعه موردی: حوضه آبریز گرگانرود-قره‌سو»، *مجله آب و خاک*، شماره ۲۴، صص ۴۷۶-۴۸۹.

- Alexander, L. V et al. (2006), "Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation", *Journal of Geophysical Research*, 111:1-22.
- Bartolini, G et al. (2008), "Recent trends in Tuscany (Italy) summer temperature and indices of extremes", *International Journal of Climatology*, 28: 1751-1760.
- Bhutiyani, M. R, Kale, V. S and Pawar, N. J. (2007), "Long-term trends in maximum, minimum and mean annual air temperatures across the Northwestern Himalaya during the twentieth century", *Climate Change*, 85: 159-177.
- Caesar, J. , L. Alexander, and R.Vose (2006), "Large-scale changes in observed daily maximum and minimum temperatures: Creation and analysis of a new gridded data set", *J.Geophys.Res.* ,111, D05101, doi:10. 1029/ 2005JD006280.
- Gan, TY. (1998), "Hydro climatic trends and possible climatic warming in the Canadian Prairies", *Water.Resour.Res.*34: 3009-3015.
- Hamed K. H. , and Rao, A. R. (1998), "A modified Mann–Kendall trend test for autocorrelated data", *J.Hydrol*, 204: 182–196.
- Mann, H. B. , and Whitney, D. R. (1947), "On a test of whether one of 2 random variables is stochastically larger than the other", *Annual.Math.Statis.*18:50-60.
- Mann H. B. (1945), "Nonparametric tests against trend", *Econometrica*. 13: 245-259.
- Sen, P. K. (1968). "Estimate of the regression coefficients based on Kendals Tau". *J.Am.Pharm.Assoc.* 63: 1379-1389.
- Su, B. D, Jiang, T and Jin, W. B.(2006), "Recent trends in observed temperature and precipitation extremes in the Yangtze River basin, China", *Theoretical And Applied Climatology*, 83: 139-151.
- Worsley, K. J. (1979), "On the likelihood ratio test for a shift in location of normal populations". *J.Am.Stat.Assoc.* 74: 365-367.
- Vavrus, S et al. , (2006), "The behavior of extreme cold air outbreaks under greenhouse warming", *International Journal of Climatology*, 26: 1133-1147.