

بررسی تغییرات زمانی بارندگی و میانگین، حداقل و حداکثر دما (مطالعه موردی: ایستگاه شهر کرد)

عاطفه رئیسی نافچی^{۱*}، امیر سلطانی محمدی^۲

۱- دانشجوی دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب

۲- استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

(دریافت: ۹۵/۰۹/۲۰، پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۰)

چکیده

تغییر اقلیم یکی از عمده‌ترین چالش‌های پیش روی بشر در زمان حاضر است. این پدیده متأثر از عواملی چون فعالیت‌های خورشیدی، آتشفشان‌ها، اتمسفر و اقیانوس‌ها و افزایش درصد گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر می‌باشد که دارای اثرات متقابل می‌باشند. تغییر اقلیم می‌تواند باعث به وجود آمدن تغییرات در میزان بارندگی، گرم شدن جهانی و ذوب شدن یخ‌های قطبی، سیل، سرما و گرمای بی‌موقع و شدید در بسیاری از نقاط کره زمین گردد؛ بنابراین آگاهی از تغییرات پارامترهای هواشناسی در یک منطقه می‌تواند اطلاعات مفیدی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب و کشت منطقه در اختیار سیاست‌گذاران و محققین قرار دهد. در این مطالعه احتمال وجود روند در میانگین بارش و میانگین و حداقل و حداکثر دما در ایستگاه سینوپتیک شهر کرد طی دوره‌ی ۲۰۱۰-۱۹۶۱ با استفاده از آزمون من-کندال اصلاح شده در سطح معناداری ده درصد، پنج درصد و یک درصد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل‌ها نشان داد که اگرچه در مجموع بارش سالانه روند معناداری مشاهده نشد، مجموع میزان بارندگی در فصل تابستان به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است؛ که این امر می‌تواند حاکی از تغییر در توزیع زمانی بارش در منطقه مورد مطالعه باشد. افزایش میزان باران در فصل تابستان می‌تواند باعث بهبود وضعیت ذخایر رطوبتی خاک و کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی در تابستان گردد. به علاوه، میانگین و حداقل دما در فصل بهار، تابستان و پاییز و همچنین حداکثر دما در فصل تابستان دارای روند کاهشی معنادار بوده است. کاهش دما در فصول نام برده می‌تواند منجر به تغییر در زمان کشت و برداشت محصولات کشاورزی و تغییر الگو کشت در منطقه گردد.

کلمات کلیدی: من-کندال، روندیابی، شهر کرد، دما، بارندگی.

مقدمه

آب‌های جاری را باعث شده و ناهنجاری‌های هیدرولوژیکی^۱، همچون خشک‌سالی‌ها و سیلاب‌ها را تشدید کند. در این تغییر نقش انسان و فعالیت‌های متنوع او در زمینه‌های مختلف بسیار بارز است و روند تغییر مسیری را دنبال می‌کند که نتایج بعدی آن به طور کامل برای اقلیم‌شناسان روشن نیست. از این رو مسئله تغییر اقلیم و تمایل به گرم شدن کره زمین و پیامدهای اکولوژیکی^۲، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ناشی از آن علاوه بر صاحبان علم، افکار دولتمردان و سیاستمداران را نیز در سرتاسر دنیا به خود جلب کرده است. به طور کلی پیامدهایی نظیر خشک‌سالی‌ها، سیلاب‌های شدید و ناگهانی، امواج هوای سرد و گرم، از جمله آثار و شواهد ناهنجاری‌های اقلیمی است که کره

آب و هوا در طول هزاران و میلیون‌ها سال گذشته دگرگونی بنیادی داشته است. دگرگونی‌های اقلیم هم در قالب نوسانات کوتاه مدت و هم تغییرات بلند مدت بروز می‌کند. بر اساس مطالعات علیجانی (۱۳۸۰) آثار برج مانده در محیط چنین دگرگونی‌های اقلیمی را به اثبات رسانده است. دگرگونی از ویژگی‌ها و شاید با ثبات‌ترین اصل اقلیم است. درون این دگرگونی‌ها نوسانات و افت و خیزهایی نیز دیده می‌شود. بنا بر اهمیتی که تغییر اقلیم در ساختار محیطی کره زمین و ساکنان آن داشته و خواهد داشت، تلاش جهت شناخت هرچه بیشتر چگونگی رخدادهای تغییر اقلیم امری مسلم است. بزرگی افزایش دماهای پیش‌بینی شده تا ۵ درجه سانتی‌گراد در آخر قرن حاضر به طور بالقوه می‌تواند منجر به تغییر چرخه آب‌شده و بارش بیشتر، تبخیر سریع‌تر و تغییر در

1- Hydrologic
2- Ecological

من-کندال، تغییرات داده‌ها را شناسایی و سپس نوع و زمان آن را مشخص کردند. نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که زمان شروع بیشتر تغییرات ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان بوده است. در اکثر ایستگاه‌ها دمای حداقل روند مثبت و دمای حداکثر روند منفی نشان می‌دهد. بدین ترتیب از دامنه نوسان دما در طول دوره کاسته شده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که درصد تغییر در فصل زمستان و تابستان نسبت به بهار و پاییز بیشتر است و زمان شروع تغییرات در ایستگاه‌های منطقه یکسان نیست. اسدی و حیدری (۱۳۹۰)، میزان و روند تغییرات عناصر دما و بارش ایستگاه شیراز را طی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۵۱ در مقاطع سالانه و فصلی با استفاده از روش‌های رگرسیون سری‌های زمانی و روش میانگین‌های متحرک، آزمون‌های استقلال و همگنی، بتا (β) و من - کندال بررسی کردند. نتایج نشان داد که متوسط دمای سالانه دارای روند افزایشی به میزان ۱/۹ درجه سانتی‌گراد طی دوره مورد مطالعه، داشته است و این افزایش تقریباً در هر چهار فصل نیز قابل مشاهده است، اما متوسط بارش سالانه برعکس متوسط دمای سالانه در کل یک روند کاهشی از خود نشان داد و از نظر فصول سال نیز این روند کاهشی به غیر از فصل زمستان در سایر فصول مشاهده شد. با توجه به ضریب همبستگی رتبه‌ای من - کندال روند مشخصی در آماره بارش سالانه ایستگاه همدید شیراز یافت نشد. باهک (۱۳۹۲)، سری زمانی پارامترهای دمای کرمان را در سال ۱۳۹۰، دمای ایستگاه‌های بندرعباس، قشم و کیش را از بدو تأسیس تا سال ۲۰۰۵ میلادی مورد مطالعه قرار داد. نتایج بررسی‌های وی افزایش دما در ایستگاه‌های کرمان، کیش و قشم را نشان می‌دهد در حالی که سری درجه حرارت ایستگاه بندرعباس کاهش داشته است. طبری و حسین‌زاده طلایی (۲۰۱۱)، روند بارش سالانه و فصلی را در ۴۱ ایستگاه ایران در دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۶ با استفاده از آزمون من-کندال، برآوردگر شیب سن^۶ و رگرسیون^۷ خطی مورد مطالعه قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد روند کاهش در

زمین را با بحران‌های مختلف مواجهه کرده است. بدین ترتیب بدون شناخت و آگاهی از وضعیت اقلیمی حال و آینده، مدیران و برنامه‌ریزان قادر به اجرای برنامه‌های مختلف نخواهند بود. مطالعات انجام گرفته در مورد تغییرات اقلیم معاصر بر محور تغییرات دما متمرکز می‌باشد. در این مورد تحقیقات بسیار گسترده‌ای در ارتباط با روند افزایش متوسط دمای جهانی و منطقه‌ای انجام پذیرفته است. ارتباط با تغییرات صورت گرفته در الگوهای جهانی دمای متوسط کره زمین تحقیقاتی توسط هگرل^۱ و همکاران (۱۹۹۷) و جونز^۲ و هگرل (۱۹۹۸) انجام شده است. همچنین در ایران بر اساس نتایج طرح آشکارسازی تغییر اقلیم، در اکثر ایستگاه‌های ایران روند افزایش دما مشاهده گردیده است. بر اساس تحلیل فضایی که بر روی دمای ماهانه ایران انجام شده، نواحی دارای روند افزایشی و کاهشی دما در ایران مشخص گردیده است. عزیزی و همکاران (۱۳۸۴)، ضمن مطالعه روند دمای چند دهه اخیر در ایران به ارتباط این روند با افزایش گاز CO₂ جو پرداختند. آن‌ها با بررسی ۱۲ ایستگاه برای تعیین صحت داده‌ها از آزمون خودهمبستگی مرتبه اول استفاده کردند و از آزمون ناپارامتریک^۳ من-کندال^۴ جهت تعیین میزان، جهت و معنی‌داری روند استفاده نمودند و دریافتند که در اکثر ایستگاه‌های سینوپتیک^۵ مورد مطالعه روند افزایشی دما با شدت‌های مختلف مشاهده می‌گردد که ممکن است متأثر از افزایش میزان CO₂ جو باشند. تغییرپذیری دما و بارش از ویژگی‌های اصلی اقلیم به شمار می‌رود و در مطالعات تغییرات اقلیمی، آمار بلندمدت می‌تواند تغییرات، چگونگی و خصوصیت آن را تا اندازه زیادی نمایش دهد. عزیزی و روشنی (۱۳۸۷)، انحراف احتمالی برخی عناصر رطوبتی و دمایی در سواحل جنوبی دریای خزر از حالت نرمال را بررسی نمودند و با محاسبه بر روی میانگین دمای حداقل، حداکثر، بارش، رطوبت و ابرناکی در مقطع زمانی یک دوره ۴۰ ساله بین سال‌های ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۴ در ایستگاه‌های بندرانزلی، رشت، رامسر، بابلسر با استفاده از روش رتبه‌ای

1- Hegerl

2- Jones

3- Nonparametric

4- Mann-Kendall

5- Synoptic

6- Sen

7- Regression

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

به منظور انجام این تحقیق در دوره آماری دراز مدت ۱۹۶۱-۲۰۱۰ آمار مربوط به میانگین پارامترهای ماهانه، حداقل و حداکثر درجه حرارت و مجموع بارندگی در ایستگاه شهرکرد (مرکز استان چهارمحال و بختیاری) واقع در ۵۰/۸۵ درجه شرقی و ۳۲/۲۸ درجه شمالی، از سازمان هواشناسی دریافت گردید و مورد مطالعه قرار گرفت.

بررسی میانگین ماهیانه دمای هوای شهرکرد نشان می‌دهد که مقدار این پارامتر در بهمن ۱/۷- درجه سانتی‌گراد است که کمترین مقدار در طول سال می‌باشد. مقدار این پارامتر در مرداد ۲۳/۹ درجه سانتی‌گراد است که بیشترین مقدار را در طول سال دارد و به تدریج از میانگین ماهیانه دمای شهرکرد کاسته می‌شود. میانگین سالیانه دمای شهرکرد در دوره آماری ۵۰ ساله برابر ۱۱/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین بررسی‌های انجام شده روی بارندگی نشان می‌دهد بیشترین بارندگی شهرکرد در سال ۱۳۸۵ به مقدار ۵۲۷/۵ میلی‌متر و کمترین آن در سال ۱۳۸۷ به مقدار ۱۴۰/۹ میلی‌متر می‌باشد. آمار و محاسبات مربوط به بارندگی‌های فصلی شهرکرد نشان می‌دهد که از کل بارندگی‌های سالیانه شهرکرد ۱۱۳، میلی‌متر آن در بهار، ۳ میلی‌متر آن در تابستان، ۴۴ میلی‌متر آن در پاییز و ۱۷۲ میلی‌متر آن در زمستان رخ می‌دهد. به این ترتیب ۳۲ درصد بارندگی‌های سالانه در بهار، ۱ درصد در تابستان، ۱۳ درصد در پاییز و ۵۳ درصد در زمستان رخ می‌دهد و بیشترین آن مربوط به زمستان است.

همچنین آزمون همگنی نرمال استاندارد مشرام و همکاران، (۲۰۱۶) به منظور بررسی همگنی سری‌های مورد مطالعه، در سطح معناداری ۵ درصد، بر اساس روش ارائه شده در الکساندرسون (۱۹۸۶)، الکساندرسون و موبرگ (۱۹۹۷)، مورد استفاده قرار گرفت. که در این روش اگر مقدار آماره آزمون همگنی نرمال استاندارد برای یک سری از داده از ۹/۱۷ کمتر باشد، سری مورد نظر در سطح اعتماد

بارش سالانه در حدود ۶۰ درصد ایستگاه‌ها وجود دارد. آذرخشی و همکاران (۱۳۹۲)، روند تغییرات فصلی و سالانه بارش و دما را در سطح کشور در ۲۴ ایستگاه سینوپتیک در طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۵۶ با استفاده از آزمون من-کندال و رگرسیون خطی مطالعه کردند. نتایج به دست آمده نشان داد ترکیبی از روندهای افزایشی و کاهشی در داده‌های بارش سالانه مناطق مختلف کشور دیده می‌شود. روند تغییرات دما در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه روندی مثبت است. ایستگاه‌های اهواز و خرم‌آباد در فصول سال به سمت سردتر شدن پیش می‌روند. ایستگاه ارومیه در فصول پاییز و تابستان روند منفی دارد و ایستگاه‌های شهرکرد و بندرعباس در فصول تابستان و زمستان به سمت سردتر شدن پیش می‌روند. جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۹۳)، روند تغییرات ۲۷ شاخص مرتبط با درجه حرارت و بارش‌های حدی در تبریز را طی دوره آماری ۲۰۱۱-۱۹۶۱ با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک من-کندال و تخمین گر شیب سن مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که طی ۰/۵ سده گذشته، روند شاخص‌های مربوط به روزهای تابستانی، شب‌های حاره‌ای و شب‌های گرم افزایشی بوده و از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد. شاخص‌های روزهای یخی و روزهای سرد دارای روند رو به پایین و معنی‌دار می‌باشد. کمترین مقدار سالانه دمای حداکثر و حداقل روزانه روند افزایشی معنی‌داری را نشان می‌دهد.

بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعات انجام شده روند معنادار برای تغییرات دما و بارندگی برای اکثر ایستگاه‌های کشور وجود دارد و این روند برای دما بیشتر به صورت افزایشی و برای بارندگی به صورت کاهشی می‌باشد. در این تحقیق به منظور مطالعه تغییرپذیری اقلیمی در استان چهارمحال و بختیاری از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک شهرکرد که طولانی‌ترین مدت آمار را نسبت به سایر ایستگاه‌های این استان دارد، استفاده شد. محاسبات و تحلیل‌ها بر روی پارامتر دما و بارش در یک دوره آماری دراز مدت (۱۹۶۱-۲۰۱۰) انجام شده است.

در واقع در این آزمون هر داده با تمامی داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود. در این مرحله می‌توان به جای استفاده از مقادیر اصلی داده‌ها از مرتبه داده‌ها در مجموعه مورد نظر (سری زمانی) استفاده کرد و مرتبه‌ها را به همین روش مقایسه نمود. آماره S از رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(X_j - X_k) \quad (1)$$

در رابطه فوق $\text{sgn}(x_j - x_k)$ تابع علامت است و از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$\text{sgn} = \begin{cases} +1 & \text{if } (X_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (X_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (X_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

با فرض اینکه داده‌ها مستقل بوده و توزیع یکنواختی دارند میانگین و واریانس s از روابط (۳) و (۴) به دست می‌آید.

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$\text{VAR}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (4)$$

که در آن n تعداد داده‌ها، m تعداد گره‌ها و T تعداد داده در هر گره می‌باشد. منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده یا بیشتر از یکی وجود داشته باشد این مقادیر مساوی تشکیل یک گره را می‌دهند و تعداد این مقادیر مساوی در گره m برابر t می‌باشد.

آماره این آزمون دارای توزیع نرمال بوده و از رابطه (۵) به دست می‌آید.

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (5)$$

این آزمون یک آزمون دو طرفه است. بنابراین در صورتی که $|Z| \leq Z_{\frac{\alpha}{2}}$ باشد فرض صفر پذیرفته می‌شود. این بدین معنی است که در نتایج حاصل از اعمال آزمون من-کنندال اعداد با علامت مثبت روند افزایشی، اعداد با علامت منفی روند کاهشی و یا عدم وجود روند را نشان می‌دهند. در این آزمون اعداد با $1/96 \leq |Z| \leq 1/64$ در سطح ۱۰ درصد، $1/96 \leq |Z| \leq 32$ در سطح ۵ درصد و $|Z| \leq 2/33$ در سطح ۱ درصد معنادار می‌باشند.

۹۵ درصد همگن تلقی می‌شود (خلیق و اواردا، ۲۰۰۷). به علاوه، جهت بررسی وجود جهش در سری‌های مورد مطالعه از روش بایسین (بویشاند، ۱۹۸۲) در سطح اعتماد ۹۵ و آزمون پتیت (کیلی و همکاران، ۱۹۹۸) استفاده گردید.

آزمون روند

پارامترهای اقلیمی در مقیاس زمانی و مکانی به دلایل زیادی تغییر می‌کنند که باید نحوه تغییرات آن‌ها بر اساس مشاهدات و با بهره‌گیری از روش‌های آماری تعیین شود. تحلیل روند از جمله مهم‌ترین روش‌های آماری است که به طور گسترده برای ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر روی سری‌های زمانی مانند سری‌های مشاهداتی دما، بارش، جریان رودخانه و... در نقاط مختلف جهان استفاده شده است. روش‌های پارامتریک عمدتاً بر اساس رابطه رگرسیونی بین سری داده‌ها با زمان استوار می‌باشند. روش‌های ناپارامتریک از کاربرد نسبتاً وسیع‌تر و چشمگیرتری نسبت به روش‌های پارامتریک برخوردارند. برای سری‌هایی که توزیع آماری خاصی بر آن‌ها قابل برآزش نیست و چولگی یا کشیدگی زیادی دارند استفاده از روش‌های ناپارامتریک مناسب‌تر است. آزمون من-کنندال جزء متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های به شمار می‌روند با استفاده از روش من-کنندال تغییرات داده‌ها شناسایی، نوع و زمان آن مشخص می‌شود. در این تحقیق وجود روند با استفاده از روش من-کنندال مطالعه گردیده است.

آزمون ناپارامتری من-کنندال که توسط من-کنندال ارائه شده است و بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی استوار می‌باشد. این آزمون برای بررسی عدم وجود روند در مقابل وجود روند در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و هواشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مزیت این آزمون نسبت به سایر آزمون‌های تعیین روند، استفاده از رتبه داده‌ها در سری زمانی بدون در نظر داشتن مقدار متغیرهاست که به دلیل وجود چنین خاصیتی می‌توان از این آزمون برای داده‌های دارای چولگی نیز استفاده کرد و داده‌ها نباید در قالب توزیع خاصی در آیند.

برآوردگر شیب سن

اگر یک روند خطی در سری زمانی وجود داشته باشد می توان از آن شیب واقعی (تغییر در واحد زمان) را با استفاده از یک ناپارامتری ساده برآورد کرد.

تخمین شیب از N جفت داده برای بار نخست از رابطه (۶) محاسبه می شود:

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad \text{for } i = 1, \dots, N \quad (6)$$

که در آن x_j و x_k به ترتیب مقادیر داده ها در زمان j و k ($j > k$) هستند. متوسط این مقادیر N از Q_i برآوردگر شیب سن است.

اگر N فرد باشد شیب سن به صورت رابطه (۷) محاسبه می شود.

$$Q_{med} = Q_{[(N+1)/2]} \quad (7)$$

و اگر N زوج باشد شیب سن به صورت رابطه (۸) محاسبه می شود.

$$Q_{med} = \frac{1}{2} \left(Q_{\lfloor \frac{N}{2} \rfloor} + Q_{\lceil \frac{N+2}{2} \rceil} \right) \quad (8)$$

نتایج و بحث

میانگین دما

ماهانه: اطلاعات مربوط به روند تغییرات ماهانه میانگین دما در جدول (۱) ارائه شده است. این جدول نشان می دهد که آماره Z برای میانگین دما بین $-۴/۱۹$ تا $۰/۳۲$ تغییر می کند که در ۲ ماه مثبت و در ۱۰ ماه منفی است. در بین این ۱۰ ماه که آماره Z منفی بوده است ۶ ماه دارای روند معنادار در

سطح ادرصد و یک ماه دارای روند معنادار در سطح ۵ درصد است.

شیب سن برای میانگین دمای ماهانه در جدول (۲) ارائه شده است. شیب سن برای این پارامتر بین $-۰/۰۴$ تا $۰/۰۱$ درجه سانتی گراد در سال تغییر کرده که بیشترین مقدار آن $۰/۰۴$ درجه سانتی گراد در سال است که مربوط به ماه های اوت و سپتامبر می باشد.

فصلی: اطلاعات مربوط به روند تغییرات فصلی میانگین دما طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ در جدول (۳) ارائه شده است. تغییرات آماره Z برای میانگین دمای فصلی بین $۰/۱۵$ تا $-۴/۱۴$ می باشد. آماره Z در زمستان مثبت و در سه فصل دیگر منفی و دارای روندی در سطح ادرصد است.

شیب سن برای میانگین دمای فصلی در جدول (۴) آورده شده است و تغییرات آن برای این پارامتر بین $۰/۰۰۲$ تا $۰/۰۳$ است. بیشترین مقدار شیب سن برای روند میانگین دمای فصل $۰/۰۳$ درجه سانتی گراد در سال است که مربوط به فصل تابستان و پاییز است.

سالانه: روند تغییرات سالانه برای میانگین دما طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ در جدول (۳) نشان می دهد که آماره Z برای میانگین دما در این دوره برابر $-۳/۳$ و دارای روند معنادار در سطح یک درصد است.

شیب سن برای روند تغییرات سالانه میانگین دما در جدول (۴) ارائه گردیده است و برابر با $-۰/۰۲$ درجه سانتی گراد در سال می باشد.

جدول ۱- آماره Z برای میانگین، حداقل و حداکثر دما و میانگین بارندگی ماهانه (۱۹۶۱-۲۰۱۰)

ماه	میانگین دما	میانگین حداقل دما	میانگین حداکثر دما	میانگین بارندگی
ژانویه	۰/۳۲	-۰/۲۵	۰/۷۶	-۰/۷۳
فوریه	۰/۲	-۰/۴۳	۰/۷۱	۰/۰۴
مارس	-۰/۸۵	-۳/۱۶ ^{oo}	۰/۴۹	۰/۰۸
آوریل	-۰/۳۷	-۲/۶۹ ^{oo}	۰/۷۴	-۰/۲۳
می	-۲/۸۸ ^{oo}	-۴/۰۹ ^{oo}	-۱/۳۲	-۰/۹۴
ژوئن	-۳/۷۶ ^{oo}	-۴/۳۵ ^{oo}	-۲/۴۳ ^{oo}	-۲/۲۵*
ژوئیه	-۱/۹۷ ^o	-۲/۷۶ ^{oo}	-۱/۶۸	۱/۵۸

ادامه جدول ۱

ماه	میانگین دما	میانگین حداقل دما	میانگین حداکثر دما	میانگین بارندگی
اوت	-۴/۱۹ ^{oo}	-۴/۸۳ ^{oo}	-۲/۳۷ ^{oo}	-۰/۲
سپتامبر	-۳/۶۴ ^{oo}	-۳/۳۱ ^{oo}	-۲/۸ ^{oo}	۰/۵۲
اکتبر	-۲/۸۱ ^{oo}	-۲/۵۹ ^{oo}	-۱/۵۴	۰/۴۸
نوامبر	-۲/۷۲ ^{oo}	-۱/۷۲	-۱/۴۸	۱/۲۴
دسامبر	-۰/۹۲	-۱/۴۳	۰/۲۵	۰/۱۵

(توجه: اعداد پررنگ، * و ** به ترتیب معناداری در سطح ۱۰ درصد، ۵ درصد و ۱ درصد را نشان می‌دهند.)

جدول ۲- شیب سن برای میانگین، حداقل و حداکثر دما و میانگین بارندگی ماهانه (۱۹۶۱-۲۰۱۰)

ماه	میانگین دما	میانگین حداقل دما	میانگین حداکثر دما	میانگین بارندگی
ژانویه	۰/۰۱	۰	۰/۰۳	۰/۰۱
فوریه	۰	-۰/۰۱	۰/۰۱	۰
مارس	-۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۰۱	-۰/۰۵
آوریل	۰	-۰/۰۳	۰/۰۱	-۰/۰۸
می	-۰/۰۳	-۰/۰۵	-۰/۰۲	۰
ژوئن	-۰/۰۳	-۰/۰۴	-۰/۰۲	۰
ژوئیه	-۰/۰۲	-۰/۰۳	-۰/۰۲	۰
اوت	-۰/۰۴	-۰/۰۵	-۰/۰۳	۰
سپتامبر	-۰/۰۴	-۰/۰۳	-۰/۰۴	۰
اکتبر	-۰/۰۳	-۰/۰۴	-۰/۰۲	۰
نوامبر	-۰/۰۳	-۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۲۸
دسامبر	-۰/۰۲	-۰/۰۳	۰	۰/۰۸

جدول ۳- آماره برای میانگین، حداقل و حداکثر دما و میانگین بارندگی فصلی و سالانه (۱۹۶۱-۲۰۱۰)

فصل	میانگین دما	میانگین حداقل دما	میانگین حداکثر دما	میانگین بارندگی
بهار	-۲/۵۹ ^{oo}	-۵/۱۹ ^{oo}	-۰/۳۵	-۱/۰۷
تابستان	-۴/۱۴ ^{oo}	-۴/۲۶ ^{oo}	-۳/۱۱ ^{oo}	۱/۸۱
پاییز	-۲/۵۶ ^{oo}	-۲/۷ ^{oo}	-۱/۲۲	۰/۶۳
زمستان	۰/۱۵	-۱/۳	۰/۹۴	-۰/۱۳
سالانه	-۳/۳ ^{oo}	-۴/۰۷ ^{oo}	-۱/۱۹	-۰/۳

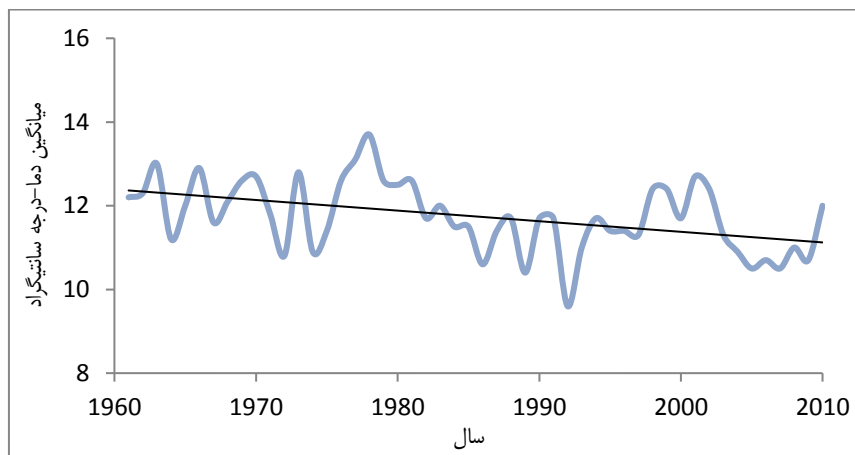
(توجه: اعداد پررنگ، * و ** به ترتیب معناداری در سطح ۱۰ درصد، ۵ درصد و ۱ درصد را نشان می‌دهند.)

جدول ۴- شیب سن برای میانگین، حداقل و حداکثر دما و میانگین بارندگی فصلی و سالانه (۱۹۶۱-۲۰۱۰)

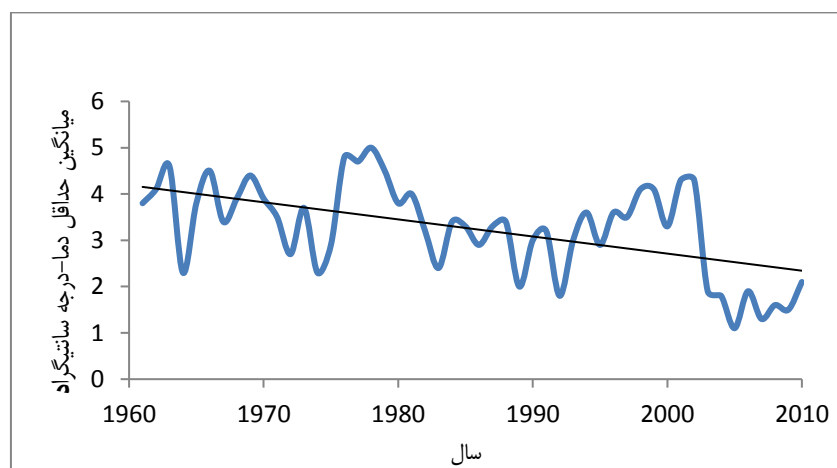
فصل	میانگین دما	میانگین حداقل دما	میانگین حداکثر دما	میانگین بارندگی
بهار	-۰/۰۲	-۰/۰۴	۰	-۰/۳۵
تابستان	-۰/۰۳	-۰/۰۴	-۰/۰۳	۰
پاییز	-۰/۰۳	-۰/۰۳	-۰/۰۲	۰/۴۴
زمستان	۰/۰۰۲	۰	-۰/۰۱	-۰/۰۹
سالانه	-۰/۰۲	-۰/۰۴	-۰/۰۱	-۰/۲۹

این دوره منفی می‌باشد. همچنین نمودار سری زمانی تغییرات بارندگی در شکل (۴) نشان داده شده است. این نمودار روند معناداری برای بارندگی نشان نمی‌دهد.

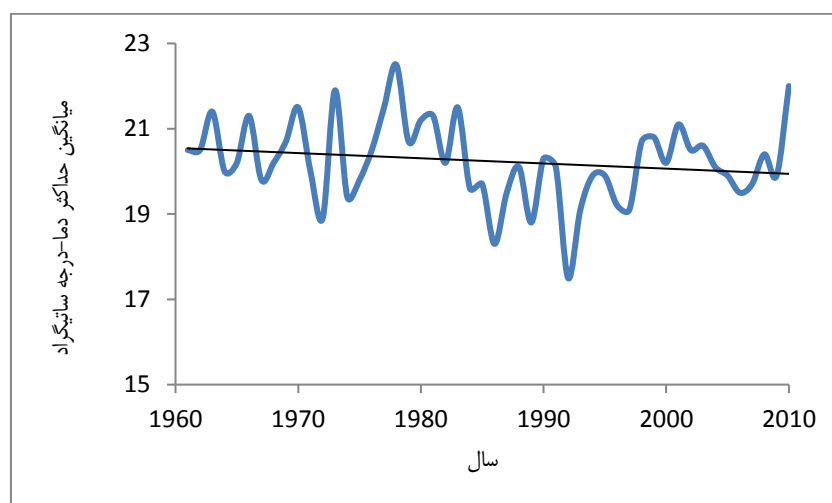
نمودار سری زمانی میانگین، میانگین حداقل و میانگین حداکثر دما به ترتیب در شکل (۱)، (۲) و (۳) نشان داده شده است. بر اساس این شکل روند تغییرات هر ۳ پارامتر دما در



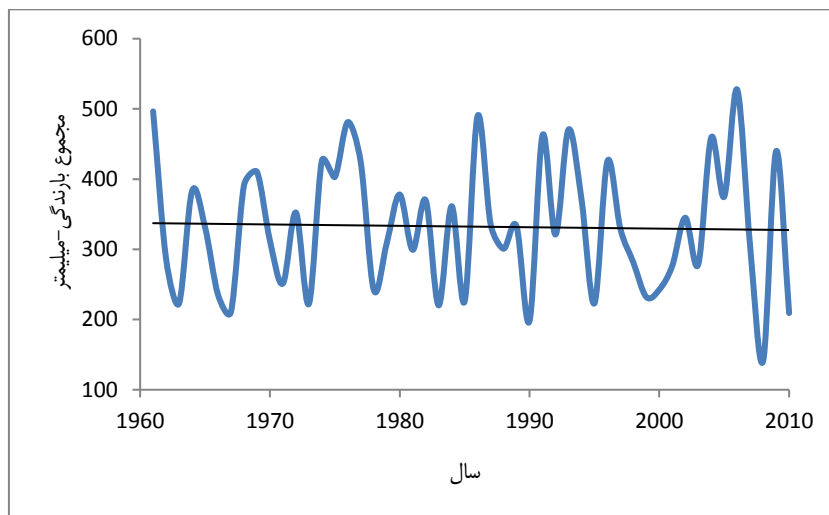
شکل ۱- تغییرات زمانی میانگین دما برحسب درجه سانتی گراد (۱۹۶۱-۲۰۱۰)



شکل ۲- تغییرات زمانی میانگین حداقل دما برحسب درجه سانتی گراد (۱۹۶۱-۲۰۱۰)



شکل ۳- تغییرات زمانی میانگین حداکثر دما برحسب درجه سانتی گراد (۱۹۶۱-۲۰۱۰)



شکل ۴- تغییرات زمانی میانگین بارندگی برحسب میلی‌متر (۱۹۶۱-۲۰۱۰)

میانگین حداقل دما

ماهانه: اطلاعات مربوط به روند تغییرات ماهانه میانگین حداقل دما در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که آماره Z برای میانگین حداقل دما بین $-۰/۰۲۵$ تا $-۴/۸۳$ تغییر می‌کند که در همه ماه‌ها منفی است. طبق این جدول میانگین حداقل دما در ۸ ماه دارای روند معنادار در سطح ۱ درصد است و این روند به صورت کاهشی می‌باشد.

شیب سن برای میانگین حداقل دمای ماهانه در جدول (۲) ارائه شده است. شیب سن برای این پارامتر بین $-۰/۰۵$ تا $-۰/۰۵$ درجه سانتی‌گراد در سال تغییر کرده که بیشترین مقدار آن $۰/۰۵$ درجه سانتی‌گراد در سال است که مربوط به ماه‌های می و اوت است.

فصلی: اطلاعات مربوط به روند تغییرات فصلی میانگین حداقل دما در دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۱۰ در جدول (۳) وجود دارد. تغییرات آماره Z برای میانگین حداقل دمای فصلی بین $-۱/۳$ تا $-۵/۱۹$ می‌باشد. آماره Z در تمام فصل‌ها منفی است و در بهار و تابستان و پاییز دارای روند معنادار در سطح ۱ درصد می‌باشد.

شیب سن برای میانگین حداقل دمای فصلی در جدول (۴) آورده شده است و تغییرات آن برای این پارامتر بین $-۰/۰۴$ تا $-۰/۰۴$ است. بیشترین مقدار شیب سن برای روند میانگین حداقل دمای فصل $۰/۰۴$ درجه سانتی‌گراد در سال است که مربوط به فصل بهار و تابستان است.

سالانه: روند تغییرات سالانه برای میانگین حداقل دما در دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۱۰ در جدول (۳) نشان می‌دهد آماره Z برای میانگین حداقل دما در این دوره برابر $-۴/۰۷$ و دارای روند معنادار در سطح ۱ درصد است.

شیب سن برای روند تغییرات سالانه میانگین حداقل دما در جدول (۴) ارائه شده است و برابر با $-۰/۰۳$ درجه سانتی‌گراد در سال می‌باشد.

نمودار سری زمانی میانگین حداقل دما در شکل (۲) روند کاهشی را در این دوره نشان می‌دهد.

میانگین حداکثر دما

ماهانه: اطلاعات مربوط به روند تغییرات ماهانه میانگین حداکثر دما در جدول (۱) ارائه شده است. مطابق این جدول آماره Z برای میانگین حداکثر دما بین $۰/۷۶$ تا $-۲/۸$ تغییر می‌کند که در ۵ ماه مقدار آن مثبت و در ۷ ماه دیگر منفی است. طی ۷ ماهی که آماره Z منفی بوده است ۳ ماه دارای روند معنادار در سطح ۱ درصد و ۱ ماه دارای روند معنادار در سطح ۱۰ درصد می‌باشد.

شیب سن برای میانگین حداکثر دمای ماهانه در جدول (۲) ارائه شده است. شیب سن برای این پارامتر بین $۰/۰۳$ تا $-۰/۰۴$ درجه سانتی‌گراد در سال تغییر کرده که بیشترین مقدار آن $۰/۰۴$ درجه سانتی‌گراد در سال است که مربوط به ماه سپتامبر می‌باشد.

سطح ۱۰ درصد است. شیب سن برای بارندگی در جدول (۴) آورده شده است و تغییرات آن برای این پارامتر بین ۰/۳۵- تا ۰/۴۴ است. بیشترین مقدار شیب سن برای روند بارندگی ۰/۴۴ میلی متر در سال است که مربوط به فصل پاییز می باشد. سالانه: مطابق جدول (۳)، روند تغییرات سالانه بارندگی در طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ نشان می دهد آماره Z برای بارندگی در این دوره برابر ۰/۳- است. روند معناداری برای بارندگی سالانه مشاهده نمی شود. شیب سن برای روند تغییرات سالانه بارندگی در جدول (۴) ارائه گردیده و برابر با ۰/۲۹- میلی متر در سال است.

با توجه به مطالعات انجام شده توسط (عزیزی، ۱۳۸۳؛ رحیمزاده، ۱۳۸۲؛ باهک، ۱۳۹۰؛ آذرخشی و همکاران، ۱۳۹۲ و جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۳) روند افزایش دما در اکثر ایستگاه های ایران گزارش شده است، در این میان ایستگاه های اهواز، خرم آباد در همه فصول و ایستگاه ارومیه در فصول پاییز و تابستان روند منفی دارد و ایستگاه های شهرکرد و بندرعباس در فصول تابستان و زمستان به سمت سردتر شدن پیش می روند.

در مطالعه حاضر، تغییرات دراز مدت (۲۰۱۰-۱۹۶۱) مقادیر ماهانه، فصلی و سالانه پارامترهای میانگین، حداقل و حداکثر دما در ایستگاه سینوپتیک شهرکرد با استفاده از آزمون روند ناپارامتری من-کندال مورد بررسی قرار گرفت. هر ۳ پارامتر میانگین، حداقل و حداکثر دما در بهار، تابستان و پاییز دارای روند منفی معنادار در سطح ۱ درصد می باشند که این موضوع کاهش درجه حرارت در این فصل را نشان می دهد. این در حالی است که بر اساس مطالعات آذرخشی و همکاران (۱۳۹۲) روند کاهش دما برای ایستگاه شهرکرد مربوط به تابستان و زمستان بوده است. که تفاوت این موضوع می تواند به دلیل تفاوت در دوره آماری مورد مطالعه باشد.

کاهش دما در منطقه مورد مطالعه از یک سو می تواند منجر به طولانی تر شدن دوره یخبندان، به تأخیر انداختن زمان کشت، برداشت و صدمه به محصولات کشاورزی و از سوی دیگر باعث کاهش میزان تبخیر و تعرق گردد.

فصلی: اطلاعات مربوط به روند تغییرات فصلی میانگین حداکثر دما در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ در جدول (۳) ارائه شده است. تغییرات آماره Z برای میانگین حداکثر دمای فصلی بین ۰/۹۴ تا ۳/۱۱- می باشد. آماره Z در بهار، تابستان و پاییز منفی و در زمستان مثبت است. میانگین حداکثر دما در تابستان دارای روند معنادار در سطح ۱ درصد می باشد.

شیب سن برای میانگین حداکثر دمای فصلی در جدول (۴) آورده شده است و تغییرات آن برای این پارامتر بین ۰ تا ۰/۰۳- است. بیشترین مقدار شیب سن برای روند میانگین حداکثر دمای فصل ۰/۰۳ درجه سانتی گراد در سال است که مربوط به تابستان است.

سالانه: روند تغییرات سالانه برای میانگین حداکثر دما در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ در جدول (۳) نشان می دهد آماره Z برای میانگین حداکثر دما در این دوره برابر ۱/۱۹- و روند معناداری برای آن مشاهده نشده است.

شیب سن برای روند تغییرات سالانه میانگین حداکثر دما در جدول (۴) ارائه گردیده است و برابر با ۰/۰۱- درجه سانتی گراد در سال می باشد.

مجموع بارندگی

ماهانه: اطلاعات مربوط به روند تغییرات ماهانه بارندگی در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که آماره Z برای بارندگی بین ۰/۹۴- تا ۲/۲۵ تغییر می کند که در ۴ ماه منفی و در ۸ ماه دیگر مثبت است. بارندگی در ماه ژوئن دارای روند افزایشی معنادار در سطح ۵ درصد است.

شیب سن برای بارندگی در جدول (۲) ارائه شده است. شیب سن برای این پارامتر بین ۰/۳۱- تا ۰/۲۸ میلی متر در سال تغییر کرده که بیشترین مقدار آن ۰/۲۸ میلی متر که مربوط به نوامبر است. این شیب برای ۶ ماه برابر ۰ می باشد.

فصلی: اطلاعات مربوط به روند تغییرات فصلی بارندگی در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ در جدول (۳) ارائه شده است. تغییرات آماره Z برای بارندگی بین ۱/۰۷- تا ۱/۸۱ می باشد. آماره Z در بهار و زمستان منفی و در بهار و تابستان مثبت است. بارندگی در تابستان دارای روند افزایشی معنادار در

در این منابع مشخص گردید که ایستگاه شهرکرد در طی دوره آماری مورد مطالعه، در فصل تابستان و زمستان با کاهش دما مواجه شده اند که مطابق با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد با این تفاوت که کاهش دما در زمستان معنادار نبوده بلکه در سه فصل دیگر کاهش دما در سطح یک درصد رخ داده است. که این تفاوت در نتیجه را می‌توان به دلیل تفاوت در دوره‌های آماری مورد استفاده قلمداد کرد.

با توجه به نمودارهای سری زمانی میانگین، حداقل و حداکثر دما، شیب روند در حداقل دما بیشتر از میانگین و حداکثر دما می‌باشد و شیب روند میانگین دما بیشتر از حداکثر دما است.

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد میزان بارندگی در ایستگاه شهرکرد دارای روند معنی‌دار مثبت در ماه ژوئن و فصل تابستان است. اما روند کلی بارش در این ایستگاه در طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ منفی می‌باشد.

با وجود اینکه آزمون من- کندال وجود روند مثبت معنی‌دار را برای مجموع بارندگی در ماه ژوئن و فصل تابستان نشان می‌دهد، شیب سن در این ماه و فصل برای میانگین بارندگی صفر است که به دلیل ماهیت روش سن و صفر شدن شیب‌های جزئی می‌باشد.

منابع

۱- اسدی، ا. و ع. حیدری. ۱۳۹۰. تحلیل تغییرات سری‌های دما و بارش شیراز طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۵۱. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۱، شماره ۱. صص ۱۵۲-۱۳۷.

۲- آذرخشی، م. فرزاد مهر، ج. اصلاح، م. و ح. صحابی. ۱۳۹۲. بررسی روند تغییرات سالانه و فصلی بارش و پارامترهای دما در مناطق مختلف آب و هوایی ایران. نشریه مرتع و آبخیزداری مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۶، شماره ۱.

۳- باهک، ب. ۱۳۹۲. بررسی احتمال تغییر اقلیم در استان کرمان با روش من- کندال (مطالعه موردی ایستگاه کرمان). فصل‌نامه جغرافیایی سرزمین، سال ۱۰، شماره ۳۹.

بر اساس مطالعات طبری و حسین‌زاده طلایی (۲۰۱۱) روند کاهش بارش سالانه در حدود ۶۰ درصد ایستگاه‌ها وجود دارد. نتایج تحقیقات آذرخشی و همکاران (۱۳۹۲) ترکیبی از روندهای افزایشی و کاهش‌ی در داده‌های بارش سالانه مناطق مختلف کشور را نشان می‌دهد. روند تغییرات بارش سالانه در دامنه شمالی البرز و دامنه غربی زاگرس منفی است در بخش‌های مرکزی ایران مثبت، در بخش‌های شرقی و جنوب شرقی منفی و در بخش‌های جنوبی کشور مثبت است.

بررسی روند تغییرات مقدار بارش با استفاده از روش من- کندال در این مطالعه نشان می‌داد که مقدار سالیانه نزولات جوی به صورت بارش در منطقه مورد مطالعه، طی دوره ۱۹۶۱-۲۰۱۰ روند معناداری نداشته است، در حالی که مقادیر مجموع بارش تابستان طی دوره یاد شده به شکل معناداری افزایش یافته است که این امر می‌تواند منجر به افزایش تغذیه منابع آب زیر سطحی و سطحی و همچنین تأمین ذخایر رطوبتی خاک و در نتیجه تثبیت خاک در طول تابستان گردد. با این حال روند کلی بارندگی در این دوره منفی می‌باشد. دوره آماری مورد استفاده در مطالعات طبری و حسین‌زاده طلایی مربوط به ۲۰۰۵-۱۹۶۶ می‌باشد و برای ایستگاه شهرکرد هیچ روند معناداری را در افزایش یا کاهش بارندگی نشان نمی‌دهد. علت تفاوت نتایج این تحقیق با نتایج مطالعات طبری و حسین‌زاده طلایی می‌تواند به دلیل تفاوت در دوره آماری مورد استفاده باشد.

نتیجه‌گیری

هر سه پارامتر میانگین، حداقل و حداکثر دما در فصل بهار، تابستان و پاییز دارای روند منفی معنادار در سطح ۱ درصد است که این موضوع کاهش درجه حرارت در این فصل را نشان می‌دهد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میانگین و حداقل دما در ایستگاه شهرکرد در طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۶۱ دارای روند منفی معنی‌دار در فصل بهار، تابستان و پاییز است و همچنین حداکثر دما دارای روند منفی معنی‌دار در تابستان می‌باشد.

- 15- Ghil, M. and R. Vautard. 1991. Interdecadal Oscillations and the Warming Trend in Global Temperature Time Series. *Science*. 199. 1065-1068.
- 16- Gleick, P.H. 1989. Climate change. *Hydrology and water resources. Reviews in Geophysics*. 27:329-344.
- 17- Hasselmann, K 1997. Climate change. Are We Seeing Global Warming?. *Science*. 276:914-915.
- 18- Hegerl, G. C. K. Hasselmann. U. Cubasch, J. F. B. Mitchell. E. Roeckner. R. Voss. and J. 1997. Waskewitz, on Multi-fingerprint Detection and Attribution of Greenhouse Gas and Aerosol Forced climatic change. *Climate Dynamics*. 13: 613-634.
- 19- Jones, P. D. and G. C. Hegerl. 1998. Comparisons of Two Methods of Removing Anthropogenically Related Variability from the Near-surface Observational Temperature Field. *J. Geophys. Res.* 103. (D12):13,777-13,786.
- 20- Kendall MG. 1975. Rank Correlation Methods, 4th ed. Charles Griffin, London.
- 21- Khaliq MN, Ouarda TBMJ (2007) Short communication on the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT). *Int J Climatol* 27:681-687.
- 22- Kiley G, Alberson JD, Parlange MB. 1998. Recent Trends in Diurnal Variation of Precipitation at Valentia on the West Coast of Ireland. *Journal of Hydrology*. 207: 270-297.
- 23- Mann HB. 1945. Non-parametric tests against trend. *Econometrica* 33:245-259.
- 24- Meshram SG, Singh VP, Meshram C. Long-term trend and variability of precipitation in Chhattisgarh State, India. *Theoretical and Applied Climatology*. 2016 Apr:1-6.
- 25- Morel, P. 2001. Why GEWEX? The Agenda for a Global Energy and Water Cycle Research Program. in Twitchell. 403 P. (ed.).
- 26- Nijssen, B. O'Donnell. G.M. Hamlet. A.F. and Lettenmaier. D.P. 2001. Hydrologic Sensitivity of Global Rivers to Climate Change. *Climate Change* 50 (1-2).143-175.
- 27- North, G. R. and K.-Y. Kim.1995. Detection of Forced Climate Signals. Part II: Simulation results, *Journal of Climate*.6: 409-417.
- 28- Sen, P.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association* 63 (324), 1379-1389.
- 29- Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex B, Midgley BM. IPCC, 2013: climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working
- ۴- باهک، ب. ۱۳۹۰. تغییرات دما و تأثیر آن بر گردشگری قشم (مطالعه موردی ایستگاه‌های بندرعباس و کیش). همایش ملی قشم و چشم‌انداز آینده.
- ۵- جهانبخش اصل، س. خورشید دوست، ع. دین‌پژوه، ی و ف. سرافروزه. ۱۳۹۳. تحلیل روند و تخمین دوره‌های بازگشت دما و بارش‌های حدی در تبریز. نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۸، شماره ۵۰، صفحات ۱۳۳-۱۰۷.
- ۶- رحیم‌زاده، ف. عسگری، ا. و ک. نوحی. ۱۳۸۲. نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه‌روزی دما در کشور، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم.
- ۷- عزیزی، ق. و م. روشنی. ۱۳۸۷. مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من- کندال. پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴. صص ۱۳-۲۸.
- ۸- عزیزی، ق. کریمی احمدآباد، م. و ز. سبک خیز. ۱۳۸۴. روند دمایی چند دهه اخیر ایران و افزایش CO2 نشریه علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم، جلد ۴، شماره ۵، صص ۲۵-۴۳.
- ۹- عزیزی، ق. ۱۳۸۳. تغییر اقلیم. انتشارات قومس تهران.
- ۱۰- علیجانی، ب. و م. کاویانی. ۱۳۸۰. مبانی آب و هواشناسی. انتشارات سمت.
- ۱۱- مسعودیان، ا. ۱۳۸۳. تحلیل ساختار دمای ماهانه ایران. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی). جلد پانزدهم- شماره ۲.
- 12- Alexandersson H, Moberg A (1997) Homogenization of Swedish temperature data. Part I: a homogeneity test for linear trends. *Int J Climatol* 17:25-34.
- 13- Alexandersson H (1986) A homogeneity test applied to precipitation data. *J Climatol* 6:661-675.
- 14- Buishand, T.A., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of hydrology*, 58(1), pp.11-27.

30- Tabari, H. and P. Hosseinzadeh Talae. 2011. Temporal variability of precipitation over Iran: 1966–2005. Journal of Hydrology 396 : 313–320.

group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.