

## بررسی روند تغییرات دمای ایستگاه همدید شیراز به روش آماری من-کندال<sup>۱</sup>

### غلامرضا قهاری

دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، ایران

### امیر گندمکار\*

استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، ایران

### بهرام نجفپور

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، شیراز، ایران

### مسعود نجابت

استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، ایران

تاریخ دریافت ۹۳/۴/۱۰ تاریخ پذیرش ۹۴/۳/۱۱

### چکیده

مسأله‌ی تغییر اقلیم و تمایل به گرم شدن کره‌ی زمین و پیامدهای ناشی از آن علاوه بر صاحبان علم، افکار دولت‌مردان و سیاست‌مداران را نیز در سراسر دنیا به خود جلب کرده است. جهت بررسی دمای کرانگین سالانه‌ی ایستگاه همدید شیراز از داده‌های ۴۲ ساله با بازه‌ی زمانی ۱۳۹۱-۱۳۵۰ استفاده شد. از داده‌های متوسط جهانی ناهنجاری‌های دما در بازه‌ی زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۱، جهت بررسی رابطه‌ی بین دماهای کرانگین با گرمایش جهانی استفاده شد. روش‌های آماری رگرسیون خطی و آماری من-کندال برای آزمون معنی‌داری روند تغییرات سری‌های دمایی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که به‌رغم عدم وجود روند در دوره‌ی درازمدت، پس از شروع پدیده‌ی آغاز سرد، حداقل مطلق دمای روزانه‌ی شیراز با شیئی نزولی رو به کاهش نهاده است. حداکثر سالانه‌ی مطلق دمای روزانه‌ی شیراز با شیئی صعودی رو به افزایش است که نشان‌دهنده‌ی افزایش تدریجی دماهای بیشینه و شدت گرفتن گرمای تابستانه است.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، دمای کرانگین، ایستگاه همدید شیراز، آزمون من-کندال، رگرسیون خطی.

### مقدمه

افزایش گازهای گلخانه‌ای موجب افزایش میانگین دمای کره‌ی زمین در دهه‌های اخیر شده است. گرمایش کلی کره‌ی زمین علاوه بر افزایش دمای سطح زمین، می‌تواند موجب افزایش دمای سطح پهنه‌های آبی گردد (رسولی، ۱۳۹۲: ۲۰).

<sup>۱</sup>- این مقاله برگرفته از رساله‌ی دکتری تخصصی جغرافیای طبیعی، اقلیم شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، تحت عنوان "تحلیل اثرات تغییرات اقلیمی و کاربری‌های اراضی بر رواناب سطحی حوضه‌ی آبخیز رودخانه مند" می‌باشد.

سناریوی گرمایش جهانی یکی از سناریوهای مطرح در سطوح ملی، منطقه‌ای و جهانی است. امروزه، سرعت افزایش درجه‌ی حرارت در مقایسه با گذشته افزایش چشم‌گیری یافته است؛ به طوری که در طول تاریخ بشر بی‌سابقه بوده است (فرج‌زاده اصل، ۱۳۹۱: ۵۰). دما بر چرخه‌های طبیعی و جو به ویژه چرخه‌های آب و انرژی تأثیر زیادی داشته و بر فعالیت‌های انسانی و فرآیندهای طبیعی هر ناحیه مؤثر می‌باشد. در دهه‌های اخیر، نتایج کاربردی تحلیل دما باعث شده تا مطالعه‌ی اُفت و خیزهای آن در درازمدت (روند) و کوتاه مدّت (چرخه‌ی سالانه) به ویژه در عرصه‌ی جهانی مورد توجه جدی قرار گیرد. مسأله‌ی تغییر اقلیم و تمایل به گرم شدن کره‌ی زمین و پیامدهای اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ناشی از آن علاوه بر صاحبان علم، افکار دولت‌مردان و سیاست‌مداران را نیز در سراسر دنیا به خود جلب کرده است (سبزی پرور و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۱۸). دما از محسوس‌ترین عناصر اقلیمی است که ارتباط تنگاتنگ با سایر عناصر اقلیمی دارد و تغییرات آن باعث یک سلسله واکنش‌های زنجیره‌ای زیست محیطی دامنه‌دار می‌شود (زابل عباسی، و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۴). منابه (۱۹۷۵)، دمای جهان را به عنوان معیار عمومی برای پایداری تغییر اقلیم جهانی معرفی می‌کند (هانسن، ۲۰۰۶: ۱۴۲۹۰)؛ بر همین اساس این پارامتر به عنوان یکی از عناصر اقلیمی، شاخص مناسبی برای ردیابی تغییر اقلیم است (عساکره، ۱۳۸۳: ۱۱).

برونتی و همکاران (۲۰۰۵: ۳۶)، دو عامل دما و بارش را در قرن گذشته در ایتالیا بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داده که در طول این زمان، آب و هوای ایتالیا گرم‌تر و خشک‌تر شده است؛ آن‌ها اعلام کردند که تغییرهای اقلیمی می‌تواند بر متغیرهای متفاوت زیست‌محیطی تأثیر مهمی داشته باشد. به طور کلی در ناحیه‌ی مورد مطالعه روند را مثبت ارزیابی کرده‌اند. بارتلی و بونگراز (۲۰۰۷)، در تحقیقی بر روی شاخص‌های حداکثری دما و بارش در حوضه‌ی کارپتین (سال ۱۹۴۶ تا ۲۰۰۱)، روندهای افزایش جهانی و قاره‌ای دما در منطقه‌ی مرکز و شرق اروپا را در طول نیمه‌ی دوم قرن بیستم زیادتر دانسته‌اند. قبل از این دوره، دما و تعداد حداکثری بارش‌ها بین سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۱ افزایش یافته بود. تورکس (۱۹۹۶)، برمبنای تغییر روند میانگین‌های دمای سالانه، روند افزایش دما در ناحیه‌ی آناتولی شرقی ترکیه و روند کاهش را در نواحی ساحلی این کشور نشان داد. یکی از اصولی‌ترین کارها در زمینه‌ی مطالعه‌ی روند دماهای کرانگین، پژوهش یوکاشویچ (۲۰۰۵) می‌باشد، که با استفاده از روش‌های ساده، تغییرات روند دماهای کرانگین بلغارستان را مورد مطالعه قرار داده و میزان تغییرات مثبت و منفی آن را در طول دوره‌ی آماری تعیین کرده است.

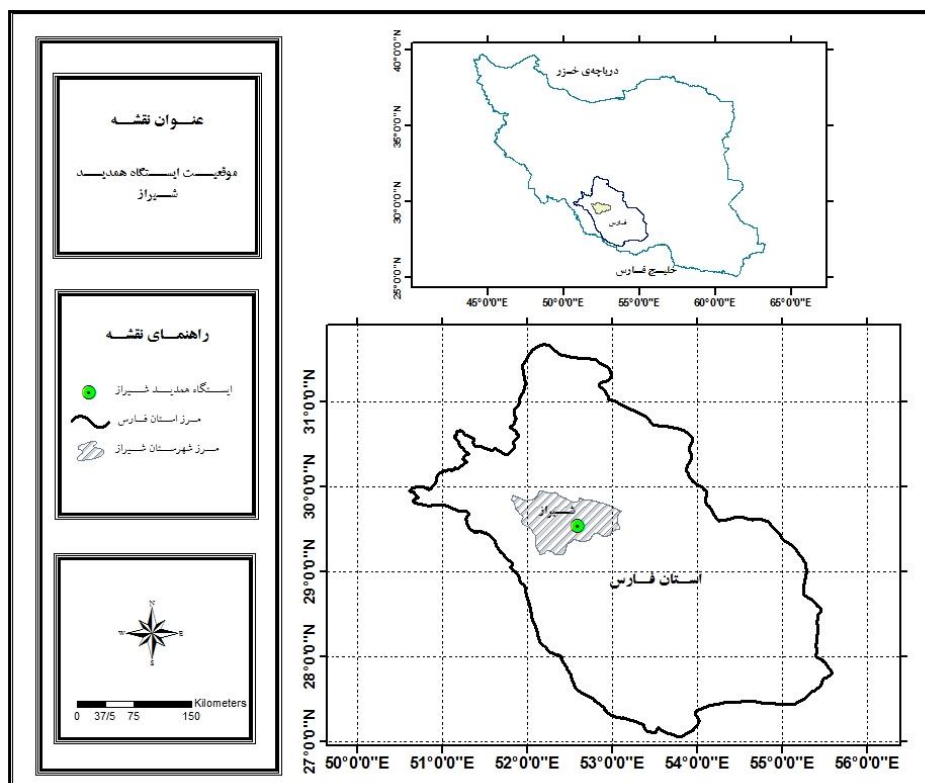
در زمینه‌ی تغییر اقلیم در ایران، پژوهش‌های زیادی انجام شده است. علیجانی و قویدل رحیمی (۱۳۸۴)، داده‌های مربوط به ناهنجاری‌های دمایی در کره‌ی زمین و دماهای متوسط ایستگاه تبریز را طی دوره‌ی آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ بررسی کردند. نتایج تحلیل هم‌بستگی پیرسون، هم‌بستگی مثبت و مستقیم معنی‌داری بین دمای سالیانه‌ی تبریز و ناهنجاری دمایی کره‌ی زمین نشان می‌دهد. فرج‌زاده اصل (۱۳۹۱)، متغیرهای اقلیمی (دما و بارش) را در ۴۰ ایستگاه ایران در دوره‌ی زمانی ۲۰۰۵-۱۹۶۶ با استفاده از آزمون آماری، گرافیکی مَن-کِنْدال و میانگین متحرک پنج ساله تحلیل کرد. نتایج نشان داده که زمان شروع بیشتر تغییرها ناگهانی و از نوع روند و نوسان است. در بیشتر ایستگاه‌ها، در

متغیرهای دما (میانگین حداکثر و حداقل)، روند مثبت و در متغیرهای بارش روند منفی را نشان داده است. در متغیرهای حداقل و حداکثر دما در ماه‌های مختلف سال، تغییرهای ناگهانی افزایشی به وضوح دیده می‌شود. خوشحال دستجردی (۱۳۸۷)، در پژوهشی کاربرد آزمون ناپارامتری من-کندال در برآورد تغییرات دمایی اصفهان در دوره‌ی آماری ۲۰۰۵-۱۹۵۱ را مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق از روش‌های رگرسیون خطی و آمار من-کندال برای آزمون معنی‌داری روند تغییرات سری‌های دمایی استفاده شد. نتایج، نشانگر عدم تغییرات معنی‌دار در روند بلندمدت‌ده‌های کرانگین اصفهان بوده است؛ با این حال دماهای کرانگین این ایستگاه از سال ۱۹۹۰ به بعد تحت تأثیر پدیده‌ی آغاز سرد قرار گرفته و دچار تحول شده و روند رو به تغییری را طی کرده است.

## داده‌ها و روش‌ها

### موقعیت ایستگاه همدید مورد مطالعه

ایستگاه همدید شیراز در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۲ درجه‌ی شمالی واقع شده و ارتفاع آن ۱۴۸۴ متر از سطح دریا می‌باشد. اقلیم شیراز به علت واقع شدن در منطقه‌ی کوهستانی، معتدل است. حداکثر درجه‌ی حرارت در گرم‌ترین روز تابستان ۴۰/۲ درجه، حداقل درجه‌ی حرارت در سردترین روز زمستان ۱۴/۴- درجه و متوسط درجه‌ی حرارت سالانه‌ی آن ۱۸ درجه‌ی سانتی‌گراد است. تعداد روزهای یخبندان ۴۲ روز و متوسط بارندگی سالانه ۳۳۳/۱ میلی‌متر می‌باشد. شکل ۱ موقعیت ایستگاه همدید شیراز را در ایران، استان فارس و شهرستان شیراز نشان می‌دهد.



شکل ۱: نقشه‌ی موقعیت ایستگاه همدید شیراز (منبع: نگارندگان)

### داده‌های پژوهش

مقطع زمانی این پژوهش یک دوره‌ی ۴۲ ساله از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۱ ه.ش. است. داده‌های آماری بازه‌ی زمانی ذکر شده برای دماهای کرانگین، حدآقل، حداکثر و دامنه‌ی تغییرات مطلق سالانه دما از ایستگاه همدید شیراز (اداره کل هواشناسی فارس) تهیه گردید. برای بررسی و صحت همگنی اطلاعات تجربی با توزیع‌های آماری منتخب و سنجش نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. این آزمون همگنی در نرم افزار SPSS16، اجرا گردید که نتایج آن مؤید همگن بودن داده‌های موجود بود. برای بررسی ارتباط بین دماهای حدآقل و حداکثر مطلق با گرمایش جهانی و بررسی پدیده آغاز سرد از داده‌های متوسط جهانی ناهنجاری‌های دما، داده‌های حدآقل، حداکثر و تغییرات سالانه مطلق دما در بازه زمانی ۱۳۶۱-۱۳۹۱ (سال ۱۹۹۰ م. آغاز پدیده سرد)، استفاده شد.

### روش پژوهش

روش اصلی روندیابی در این پژوهش، براساس آزمون آماری من-کندال می‌باشد که جهت بررسی بیشتر توسط آزمون رگرسیون خطی نیز معنی‌داری آن مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

جهت شناخت رفتار خطی و ترسیم خط روند و محاسبه‌ی شیب آن، از رگرسیون خطی براساس حدآقل مربع‌ها استفاده شده است (غیور و عساکره، ۱۳۸۲: ۱۴). هدف از رگرسیون خطی این است که با برآورد کردن شیب و عرض از

مبدأ، مدل خطی ساده‌ای را به داده‌ها برازش دهیم. در این روش، معادله‌ی خط برازنده طوری تشکیل می‌شود که مجموع مربع‌ها توان‌های دوم انحراف عمودی از خط برازش شده حداقل باشد. به دلیل عمومیت روش‌های رگرسیون از توضیح بیشتر صرف‌نظر می‌شود.

برای محاسبه‌ی ناهنجاری عنصر اقلیمی دما از معادله‌ی ۱ استفاده شده است.

$$A_e = C_i - \bar{C}_1 \quad \text{معادله‌ی ۱}$$

$A_e$  ناهنجاری،  $C_i$  عنصر اقلیمی دما در بازه‌ی زمانی مفروض،  $\bar{C}_1$  میانگین بلند مدت عنصر اقلیمی دما در طول دوره‌ی آماری.

آزمون من-کندال برای بررسی تصادفی بودن و تعیین روند در سری‌ها استفاده می‌شود. در ابتدا این آزمون برای مشخص کردن غیر پارامتری بودن سری‌ها به کار می‌رود. به این ترتیب که سری‌های آماری به ترتیب صعودی مرتب می‌شوند. در این آزمون تصادفی بودن داده‌ها با عدم وجود روند مشخص می‌شود. در صورت وجود روند، داده‌ها غیر تصادفی بوده و برای تعیین تصادفی بودن داده‌ها، مراحل زیر براساس معادلات داده شده طی می‌شوند (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷: ۲۸-۱۳؛ ازبر و همکاران، ۲۰۰۷: ۶۷۹-۶۶۷).

$$t = \sum_i n_i \quad \text{معادله‌ی ۲}$$

در فرض صفر، توزیع  $t$  در حد نرمال بوده که مقدار قابل انتظار و واریانس مربوطه طبق معادلات ۳ و ۴ قابل برآورد می‌باشد.

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad \text{معادله‌ی ۳}$$

$$var(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad \text{معادله‌ی ۴}$$

در صورت وجود روند، فرضیه‌ی صفر با مقادیر بالای قدر مطلق  $U(t)$  طبق معادله‌ی ۵ رد خواهد شد.

$$U(t) = \frac{|t - E(t)|}{\sqrt{var(t)}} \quad \text{معادله‌ی ۵}$$

بنابراین طبق رابطه‌ی  $U(t) > 0$  مقادیر روند مثبت، و در حالت عکس طبق رابطه‌ی  $U(t) < 0$  روند در سری مشاهدات منفی خواهد بود. در پژوهش جاری، سطح اطمینان در حد ۹۵ درصد در نظر گرفته شد؛ و اصل فوق برای سری‌های زمانی معکوس نیز براساس معادله‌ی ۶ محاسبه گردید.

$$U'_i = -U(t'_i) \quad \text{معادله‌ی ۶}$$

چنانچه دو منحنی  $U$  و  $U'$  با یکدیگر در محدوده‌ی ۹۵ درصد اطمینان در داخل محدوده‌ی بحرانی ( $\pm 1/49$ ) همدیگر را قطع کنند، نشانه‌ی زمان آغاز تغییر ناگهانی (جهش) و در صورتی که خارج از محدوده‌ی بحرانی همدیگر را قطع کنند بیانگر وجود روند در سری‌های زمانی است. اگر دو دنباله‌ی  $U_i$  و  $U'_i$  بر اساس  $i$  به صورت نموداری ترسیم

شوند، در صورت معنی‌داری روند، دو نمودار در نقطه‌ی آغازین همدیگر را قطع می‌کنند. ولی در صورت عدم وجود روند تقریباً به صورت موازی حرکت و یا با چند بار برخورد به طوری که به تغییر جهت آن‌ها منجر نشود، عمل خواهند کرد.

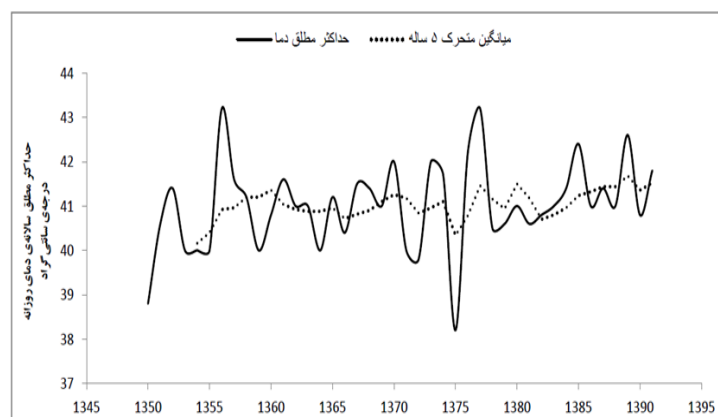
### یافته‌ها

با استفاده از نرم‌افزار مَتَلَب، ویژگی آماری داده‌های ۴۲ ساله‌ی دماهای حدّ اقل و حداکثر سالانه‌ی مطلق ایستگاه همدید شیراز تعیین، که در جدول ۱ دیده می‌شود.

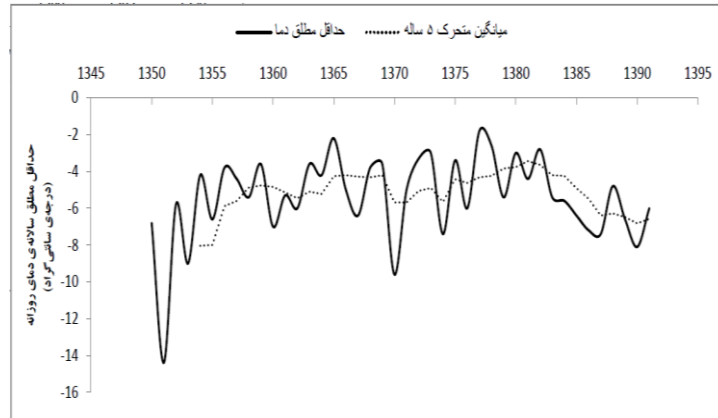
جدول ۱: ویژگی‌های آماری حداکثرها و حدّ اقل‌های سالانه‌ی دمای روزانه‌ی ایستگاه همدید شیراز (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

ردیف	عامل	ارزش حداکثر سالانه‌ی دمای روزانه	ارزش حدّ اقل سالانه‌ی دمای روزانه
۱	کمینه	۳۸/۲	-۱۴/۴
۲	بیشینه	۴۳/۲	-۱/۸
۳	میانگین	۴۱	-۵/۳۹
۴	میانه	۴۱	-۵/۳۵
۵	انحراف معیار	۱/۰۰۹	۲/۳۱۱
۶	پراش	۱/۰۱۹	۵/۳۴
۷	نما	۴۱	-۶
۸	چولگی	-۰/۲۲۶	-۱/۴۳۴
۹	کشیدگی	۳/۷۶	۶/۷۶۳
۱۰	درصد ضریب تغییر	۲/۴۶	-۴۲/۸۹
۱۱	دامنه	۵	۱۷/۶
۱۲	چارک اول	۴۰/۵	-۶/۶
۱۳	چارک سوم	۴۱/۶	-۳/۶

مقادیر جدول ۱ نشان از بزرگی میزان پراش و انحراف معیار بوده که نشان‌دهنده‌ی تغییرپذیری زیاد مجموعه‌ی داده‌ها است. دامنه و ضریب تغییر پذیری دماهای حدّ اقل در این ایستگاه بالا می‌باشد. متوسط درجه‌ی حرارت ایستگاه همدید شیراز ۱۸ درجه‌ی سانتی‌گراد بوده که دارای اختلاف زیادی با میانگین، کمینه و بیشینه‌ی مقادیر کرانگین مطلق این ایستگاه می‌باشد. تغییرات زمانی مقادیر سالیانه‌ی دمای حداکثر و حدّ اقل همراه با میانگین متحرک ۵ ساله در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

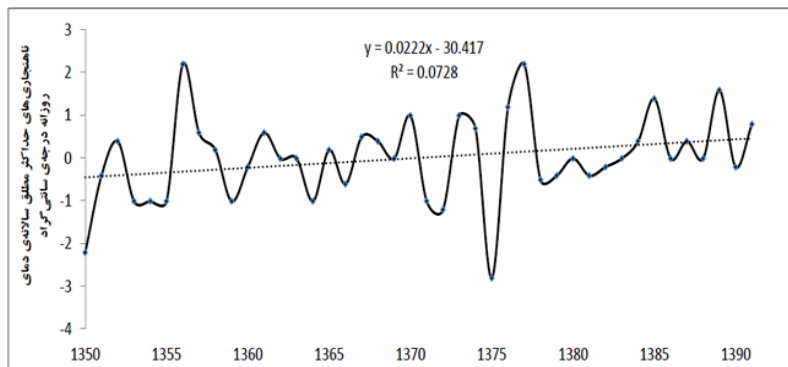


شکل ۲: تغییرات سری حداکثر مطلق دما و میانگین متحرک ۵ ساله‌ی آن (۱۳۹۱-۱۳۵۰)، (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

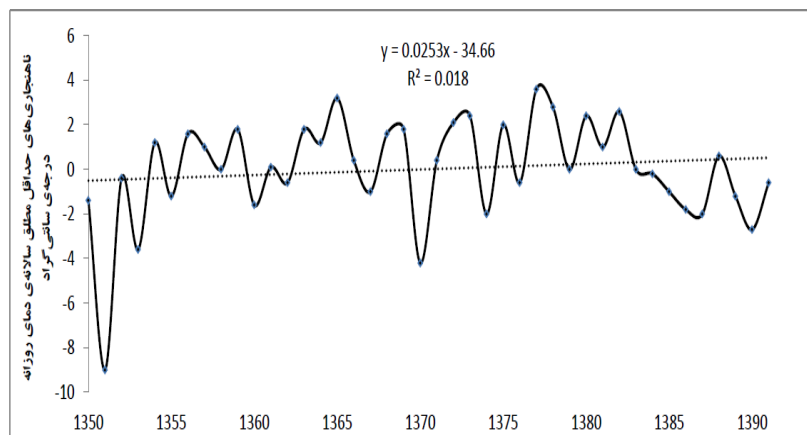


شکل ۳: تغییرات سری حداقل مطلق دما و میانگین متحرک ۵ ساله آن (۱۳۵۰-۱۳۹۱)، (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

نمودار ناهنجاری (آنومالی) سری‌های زمانی حداقل و حداکثر مطلق سالانه‌ی دمای روزانه در شکل‌های ۴ و ۵ دیده می‌شوند. برای بررسی وضعیت تبیین تغییرات زمانی داده‌های مربوط به آنومالی‌های فوق با رگرسیون خطی برازش داده شد که مقدار آن معنی‌دار نبوده و نتیجه‌ی قابل قبولی بدست نیامد.

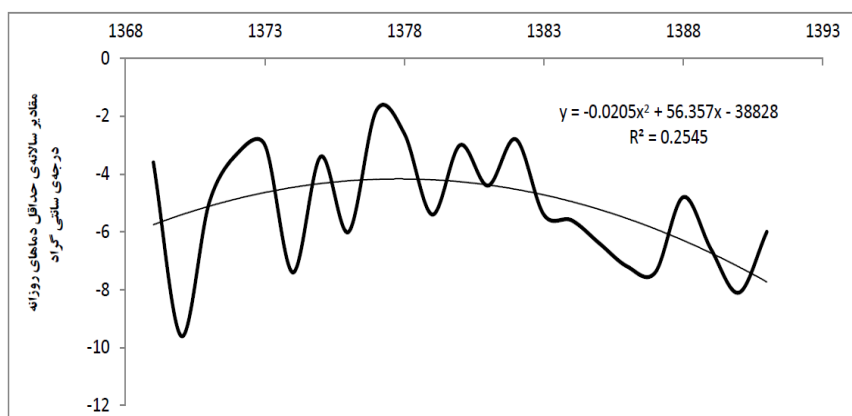


شکل ۴: نمودار ناهنجاری‌های سری حداکثر مطلق دمای روزانه‌ی شیراز، ۱۳۵۰-۱۳۹۱، (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

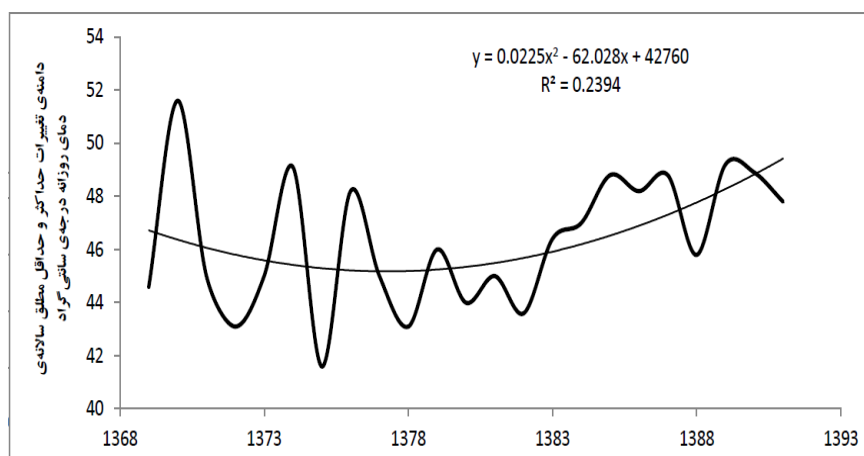


شکل ۵: نمودار ناهنجاری‌های سری حداقل مطلق دمای روزانه‌ی شیراز، ۱۳۵۰-۱۳۹۱، (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

به طور قراردادی سال ۱۹۹۰ را مبدأ واضح شروع گرم شدن زمین بر اثر گازهای گلخانه‌ای قلمداد و آن را سال شروع پدیده آغاز سرد می‌نامند. پدیده‌ی آغاز سرد یکی از نشانه‌های تغییر اقلیم محسوب می‌شود. چنانچه یک سری دمایی دارای بیش از ۱۲ درصد تبیین تغییرات زمانی از سال ۱۹۹۰ م. به بعد باشد، از پدیده‌ی آغاز سرد تأثیر پذیرفته است. جهت بررسی این موضوع، تغییرات زمانی عناصر حداقل و دامنه‌ی تغییرات سالانه‌ی دمای روزانه ایستگاه همدید شیراز ترسیم شد. در رابطه با میزان تبیین رگرسیونی داده‌ها، تغییرات زمانی دو سری حداقل و دامنه‌ی تغییرات سالانه‌ی دمای روزانه‌ی شیراز تحلیل شد. نتایج نشان می‌دهد که سری حداقل با تبیین ۲۵/۴ درصد در گام دوم رگرسیون پلی‌نومیال به شکل محدب و سری دامنه‌ی تغییرات با تبیین ۲۳/۹ درصد در گام دوم رگرسیون پلی‌نومیال به شکل مقعر ظاهر شد (شکل‌های ۶ و ۷). رابطه‌ی بین سری‌های حداکثر سالانه‌ی مطلق دمای روزانه و ناهنجاری‌های کوه‌ی زمین در شکل ۸ دیده می‌شود.

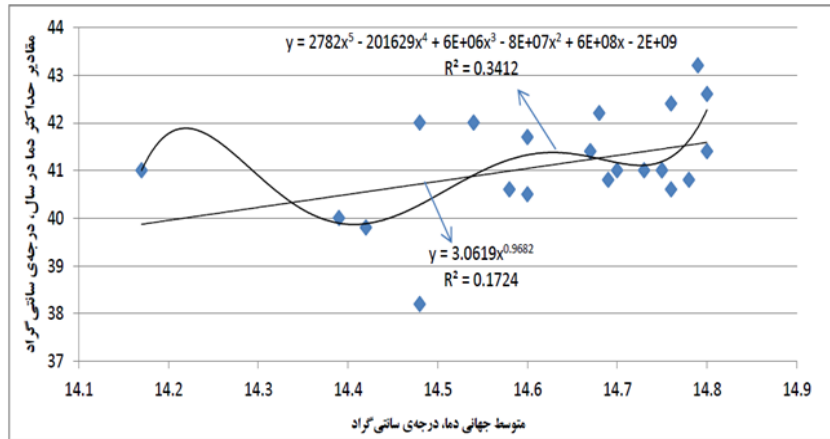


شکل ۶: نمودار رگرسیون قوس محدب سری حداقل‌های سالانه‌ی دمای مطلق روزانه در بازه‌ی زمانی ۱۳۶۹-۱۳۹۱ ه.ش. (مأخذ: یافته‌های پژوهش)



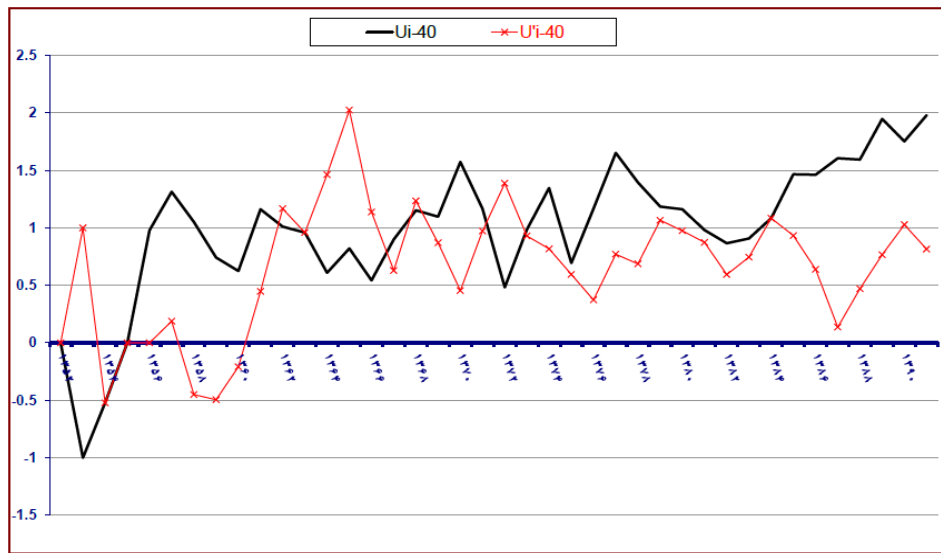
شکل ۷: نمودار رگرسیون قوس مقعر سری دامنه‌ی تغییرات سالانه‌ی دمای مطلق روزانه در بازه‌ی زمانی ۱۳۶۹-۱۳۹۱ ه.ش. (مأخذ: یافته‌های پژوهش)



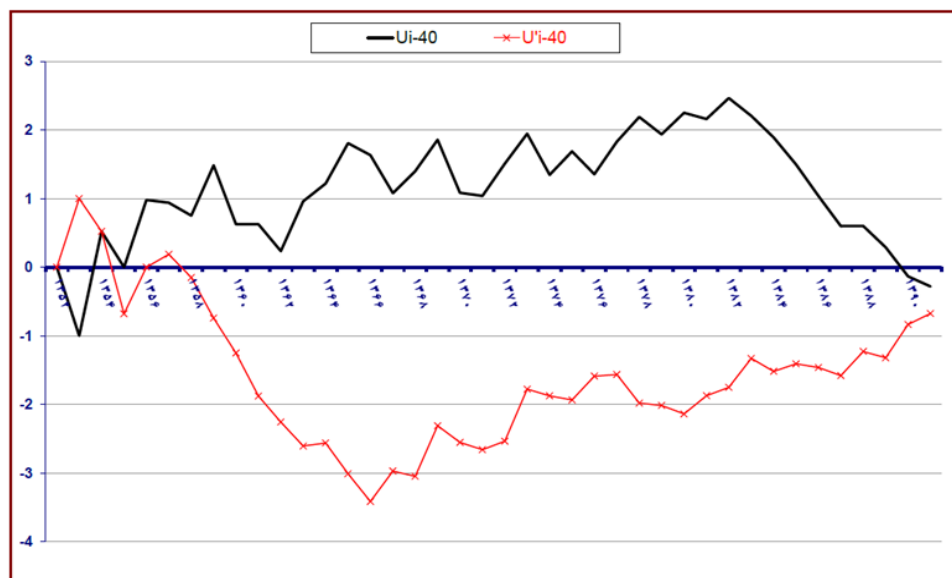


شکل ۸: نمودار رابطه‌ی بین سری‌های حداکثر سالانه‌ی مطلق دمای روزانه و ناهنجاری‌های کوه‌ی زمین، ۱۳۹۱-۱۳۶۹ ه.ش. (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

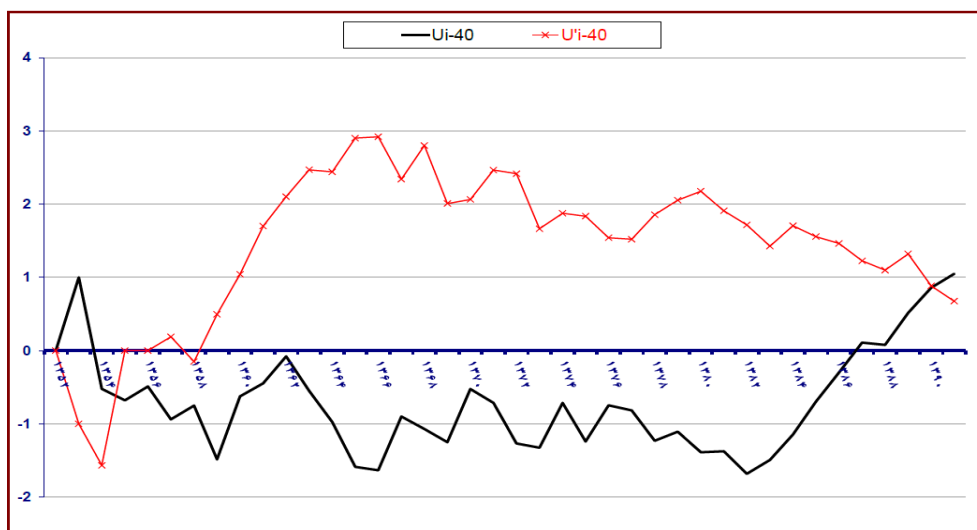
برای بررسی آزمون معنی‌داری روند تغییرات سری‌های دمایی، از آماره‌ی من-کندال استفاده شد. پس از به‌دست آوردن آماره‌ی کندال، برای تعیین جهش و سال شروع روند یا جهش ناگهانی، باید نمودارهای  $U$  و  $U'$  رسم شوند؛ این نمودارها در سه سری زمانی حداکثر، حداقل و دامنه‌ی تغییرات سالانه‌ی دمای روزانه در بازه‌ی زمانی ۴۰ ساله (۱۳۹۱-۱۳۵۲) ترسیم شد (شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱).



شکل ۹: نمودار آزمون معنی‌داری من-کندال سری حداکثر مطلق سالانه‌ی دمای روزانه در بازه‌ی ۱۳۹۱-۱۳۵۲ (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

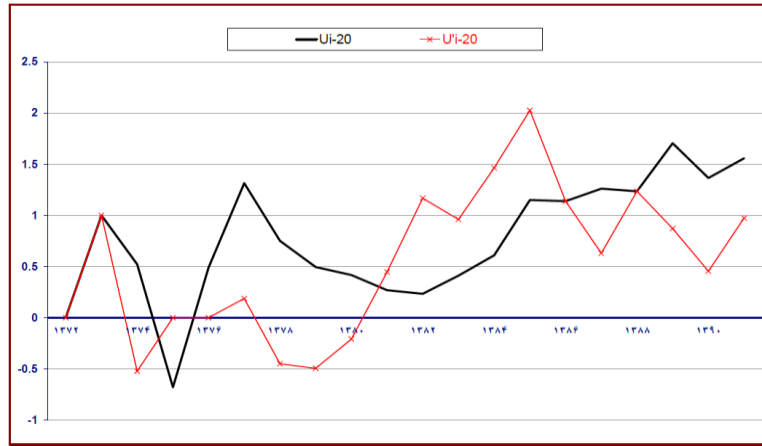


شکل ۱۰: نمودار آزمون معنی‌داری من-کندال سری حداقل مطلق سالانه‌ی دمای روزانه در بازه‌ی ۱۳۵۲-۱۳۹۱ (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

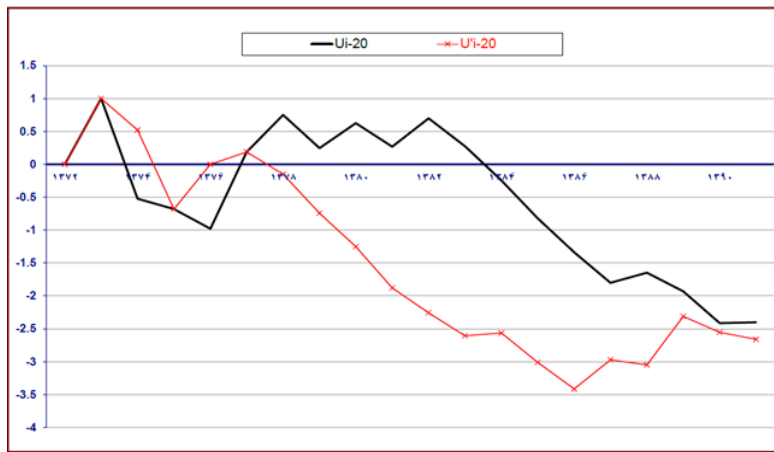


شکل ۱۱: نمودار آزمون معنی‌داری من-کندال سری دامنه‌ی تغییرات مطلق سالانه‌ی دمای روزانه در بازه‌ی ۱۳۵۲-۱۳۹۱ (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

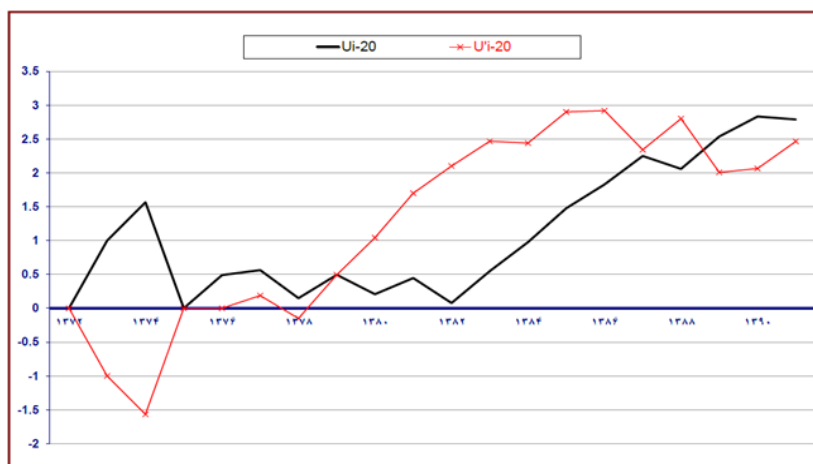
برای روشن شدن نقش پدیده‌ی آغاز سرد، نمودارهای آزمون معنی‌داری من-کندال سری حداکثر مطلق، حداقل مطلق و دامنه‌ی تغییرات مطلق سالانه‌ی دمای روزانه در بازه‌ی ۱۳۷۲-۱۳۹۱ نیز ترسیم شد که در شکل‌های ۱۲ تا ۱۴ نشان داده شده است.



شکل ۱۲: نمودار آزمون معنی‌داری من-کندال سری حداکثر مطلق سالانه‌ی دمای روزانه در بازه‌ی ۱۳۷۲-۱۳۹۱ (مأخذ: یافته‌های پژوهش)



شکل ۱۳: نمودار آزمون معنی‌داری من-کندال سری حداقل مطلق سالانه‌ی دمای روزانه در بازه‌ی ۱۳۷۲-۱۳۹۱ (مأخذ: یافته‌های پژوهش)



شکل ۱۴: نمودار آزمون معنی‌داری من-کندال سری دامنه‌ی تغییرات مطلق سالانه‌ی دمای روزانه در بازه‌ی ۱۳۷۲-۱۳۹۱ (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

## بحث و نتیجه‌گیری

جهت بررسی تأثیر میزان ارتباط بین دماهای کرانگین شیراز و ناهنجاری‌های دمایی کره‌ی زمین، ضریب همبستگی پیرسون بین سه عنصر حدآقل، حداکثر و دامنه‌ی تغییرات سالانه‌ی دمای روزانه‌ی شیراز با ناهنجاری‌های دمایی کره‌ی زمین در نرم‌افزار SPSS16 محاسبه شد. از بین سه عنصر مزبور فقط ضریب همبستگی حداکثر مطلق سالانه‌ی دمای روزانه‌ی شیراز به میزان  $0/527$  و در سطح  $1$  درصد معنی‌دار بود. با استفاده از رگرسیون، میزان تأثیر ناهنجاری‌های دمایی کره‌ی زمین بر حداکثر مطلق سالانه‌ی دمای روزانه‌ی شیراز بررسی شد. نتایج نشان داد که این مقدار در رگرسیون خطی  $17/2$  درصد و در رگرسیون پلی‌نومیال درجه‌ی پنجم با  $34/1$  درصد در نوسان است. بنابراین در این بازه‌ی زمانی، حداکثر مطلق سالانه‌ی دمای روزانه‌ی شیراز حدآقل  $7/2$  و حداکثر تا  $34/1$  درصد متأثر از گرمایش جهانی یا اثر گلخانه‌ای می‌باشد. این رابطه‌ی معنی‌دار فقط در بازه‌ی زمانی  $1990$  م. به بعد که زمان بروز و آشکارسازی اقلیم است دیده می‌شود (شکل ۸). دو سری حدآقل و دامنه‌ی تغییرات سالانه‌ی دمای روزانه‌ی شیراز با توجه به تأثیر میکروکلیم و توپوکلیم با ناهنجاری‌های دمایی کره‌ی زمین یا اثر گلخانه‌ای همبستگی معنی‌دار نشان نمی‌دهند.

در سه نمودار گرافیکی (بازه‌ی  $1391-1352$  ه.ش.) من-کندال روندی مشاهده نمی‌گردد، زیرا محل برخورد دو منحنی در داخل محدوده‌ی معنادار  $\pm 1/49$  می‌باشد. در هر سه سری یعنی حداکثر، حدآقل و دامنه‌ی تغییرات، زمان تغییر در دهه‌ی اول دوره اتفاق افتاده است. سری حداکثر مطلق دماهای روزانه‌ی شیراز دارای جهش‌های زیادی است که نشان‌گر تغییرات میانگین بلند مدت می‌باشد. زمان شروع تغییرات ناگهانی (جهش) در سری حدآقل، سال  $1354$  بوده که تا سال مورد بررسی در این پژوهش با افزایش دما ادامه داشته است.

نمودارهای من-کندال بازه‌ی  $1391-1372$  (شکل‌های  $12$  تا  $14$ )، نشان‌دهنده‌ی تحرک خارج از محدوده همراه با چندین جهش بارز در هر سه سری می‌باشد. تغییرات سه عنصر مورد بررسی از سال  $1990$  بر اثر گرمایش جهانی همسویی پیدا کرده و رو به تغییر است که در این میان حداکثر مطلق سالانه‌ی دمای روزانه دارای شدت بیشتر و نقاط جهش زیادتری است. در نمودار سری حدآقل مطلق سالانه‌ی دمای روزانه جهشی در سال  $1377$  اتفاق افتاده که تا انتهای دوره‌ی آماری ادامه داشته و سیر نزولی دما را نشان می‌دهد. در نمودار سری دامنه‌ی تغییرات مطلق سالانه‌ی دمای روزانه، در سال  $1379$  جهشی اتفاق افتاده و منحنی، سیر افزایش دما را نشان می‌دهد. در سال  $1389$  جهش دیگری خارج از محدوده‌ی معنادار  $\pm 1/49$  اتفاق افتاده که نشان‌دهنده‌ی وجود روند و سیر صعودی دما می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی این پژوهش براساس نتایج تجزیه و تحلیل مدل‌های آماری استفاده شده، نشان می‌دهد که دماهای کرانگین شیراز به رغم وجود نوسان‌ها، فاقد روند می‌باشند. ولی به علت پدیده‌ی آغاز سرد از سال  $1990$  م. دچار تحوّل شده است. نتایج آزمون آماری من-کندال نشان می‌دهد که پس از شروع پدیده‌ی آغاز سرد، حدآقل مطلق دمای روزانه شیراز با شیئی نزولی رو به کاهش بوده و همچنین حداکثر و دامنه‌ی تغییرات سالانه‌ی دمای روزانه‌ی شیراز با شیئی صعودی رو به افزایش است. حداکثر مطلق سالانه‌ی دمای روزانه‌ی شیراز حدآقل  $17/2$  و حداکثر تا  $34/1$  درصد متأثر از

گرمایش جهانی یا اثر گلخانه‌ای است. این رابطه‌ی معنی‌دار فقط در بازه‌ی پدیده‌ی آغاز سرد دیده می‌شود. نتایج آماری من - کندال با دیگر روش‌های آماری انجام شده در این پژوهش، تأیید کننده‌ی هم می‌باشند.

## منابع

- ۱- خوشحال دستجردی، جواد و یوسف قویدل رحیمی، (۱۳۸۷): کاربرد آزمون ناپارامتری من - کندال در برآورد تغییرات دمایی، مجله‌ی علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، سال هشتم، شماره‌ی ۲۲، صص ۳۸-۲۱.
- ۲- رسولی، علی اکبر، ایمان باباییان، هوشنگ قائمی و پیمان زوار رضا، (۱۳۹۲): بررسی تغییرات دمای سطح پهنه‌های آبی مؤثر بر ایران در دوره‌ی ۲۰۰۸-۱۸۵۴، فصل‌نامه‌ی علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، سال سیزدهم، شماره‌ی ۴۲، صص ۳۱-۱۷.
- ۳- زابل عباسی، فاطمه، مرتضی اثمیری و شراره ملبوسی، (۱۳۸۶): تحلیل مقدماتی سربهای زمانی دمای هوای شهر مشهد، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت منابع آب. ۲۴ بهمن.
- ۴- سبزی‌پرور، علی اکبر، زهرا سیف و فرشته قیامی، (۱۳۹۲): تحلیل روند دما در برخی از ایستگاه‌های مناطق خشک و نیمه خشک کشور، فصل‌نامه‌ی جغرافیا و توسعه، شماره‌ی ۳۰، صص ۱۳۸-۱۱۷.
- ۵- عزیزی، قاسم و محمود روشنی، (۱۳۸۷): مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال، مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره‌ی ۶۴، تهران.
- ۶- عساکره، حسین، (۱۳۸۳): تحلیلی آماری بر تغییرات میانگین سالانه دمای شهر زنجان طی دهه‌های اخیر، مجله نیوار. بهار و تابستان. شماره‌ی ۵۳ و ۵۲. تهران.
- ۷- علیجانی، بهلول و یوسف قویدل رحیمی، (۱۳۸۴): مقایسه تغییرات دمای سالانه تبریز با ناهنجاری‌های دمایی کره‌ی زمین با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و شبکه عصبی، جغرافیا و توسعه، شماره‌ی ۶، صص ۳۸-۲۱.
- ۸- غیور، حسنعلی و حسین عساکره، (۱۳۸۲): کاربرد مدل‌های فوریه در برآورد دمای ماهانه و آینده‌نگری آن، مطالعه موردی: دمای مشهد، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. دانشگاه اصفهان.
- ۹- فرج‌زاده اصل، منوچهر و وحید فضلی، (۱۳۹۱): آشکارسازی تغییرهای زمانی - مکانی عناصر دما و بارش در ایران، فصل‌نامه‌ی مدرس علوم انسانی - برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره‌ی شانزدهم، شماره‌ی ۴، صص ۶۶-۴۹.

10. Bartholy, J. & R. Pongrácz, (2007): Regional Analysis of Extreme Temperature and Precipitation Indices for the Carpathian Basin From 1946 to 2001, *Global and Planetary Change*, No. 57, Pp. 83-95.
11. Brunetti, M., M. Maugeri, F. Montib & T. Nanni, (2005): Temperature and Precipitation Variability in Italy in the Last Two Centuries from Homogenized Instrumental Time Series.
12. Ezber Y, Lutfi Sen O, Kindap T, Karaca M, (2007): Climate Effects of Urbanization in Istanbul: a Statistical and Modeling Analysis, *International Journal of Climatology*, Vol. 27, PP 667-679.
13. Hansen, J., Sato, M. Ruedy, R. Lo, K. Lea, D. and Elizade, M., (2006): Global Temperature Change, *Science*, 39.
14. Manabe, Syukuro, Richard T. Wetherald, (1977): The Effects of Doubling The CO2 Concentration on The Climate of a General Circulation Model, *Journal of Atmospheric Sciences*, 32.
15. Turkes, M., (1996): Observed Change Temperature in Turkey, *International Journal of Climatology* Vol. 16. PP 463-477.

16. Ukasevic, M., D., Vujovic, and I., Totic, (2005): Trends in Extreme Summer Temperature at Belgrade, *Theoretical and Applied Climatology*, 82: 199-205.