

صص ۷۵-۹۵

بررسی پراکنش زمانی - مکانی اختلاف دمای شبانه‌روزی در استان فارس**حکیمه اژدرنیا**

دانش آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

اشرف اسدی*

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۹

چکیده

اختلاف دمای شبانه‌روزی یک نمایه مهم برای شناسایی تغییرات آب و هوا است. هدف این پژوهش تحلیل و بررسی روند فصلی و سالانه اختلاف دمای شبانه‌روزی و تغییرات آن در طی دوره آماری ۲۰ ساله از ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۹ در استان فارس می‌باشد. بدین جهت داده‌های دمای کمینه و بیشینه ماهانه که از مهم‌ترین پارامترهای مرتبط با تغییر اقلیم و اثرگذار بر فعالیت‌های اکولوژیکی هستند در ۲۶ ایستگاه استان از سازمان هواشناسی اخذ شد. از بین ایستگاه‌های استان تنها ۱۳ ایستگاه دارای طول آماری بیش از ۲۰ سال بود که به دلیل دوره مشترک جهت بررسی و مقایسه برای این پژوهش انتخاب شد و نمایه مورد نظر برای ایستگاه‌های منتخب محاسبه گردید. پس از انجام آزمون همگنی ران تست بر روی داده‌ها، آزمون آماری و گرافیکی من - کندال جهت تعیین روند و آزمون شیب سن جهت تعیین نرخ شیب روند استفاده شد. بیشترین نرخ روند و تغییرات از نظر زمانی در فصل تابستان و کمترین در فصل پاییز مشاهده شد. در برآورد شیب سن برای تعیین جهت روند نمایه آشکار گردید که برخی ایستگاه‌ها تغییرات افزایشی بیش از ۲ درجه سانتی‌گراد را تجربه کرده‌اند. نقشه‌های نوع روند و مقدار تغییرات نیز ترسیم شد و نشان داد نیمه غربی استان بیشتر روند افزایشی و بیشترین نرخ تغییرات را تجربه کرده است.

واژگان کلیدی: اختلاف دمای شبانه‌روزی، روند، آزمون من کندال، آزمون تخمین گر شیب سن، فارس.

مقدمه

آب و هوا در طول هزاران و میلیون‌ها سال گذشته دگرگونی‌های بنیادی داشته است. دگرگونی‌های اقلیم هم در قالب نوسانات کوتاه مدت و هم تغییرات بلند مدت بروز می‌کند. آثار برج مانده در محیط چنین دگرگونی‌های اقلیمی را به اثبات رسانده است. یکی از مباحث بسیار مهم و جالب توجه که ذهن بسیاری از کاوشگران و پژوهشگران را به خود جلب نموده است، بحث تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین می‌باشد. تغییر اقلیم، تغییر معنی‌دار متوسط داده‌های هواشناسی در طی یک دوره زمانی معین است که علل وقوع آن به عوامل کیهانی، زمینی و انسانی نسبت داده می‌شود. (عزیزی،

۱۳۸۳، ۵). در دهه‌های اخیر، نقش علل انسانی در تغییر نوسانات اقلیمی در برخی مناطق کره زمین بیش از گذشته خود را نشان داده است. نقش انسان و فعالیت‌های متنوع او در زمینه‌های مختلف بسیار بارز است و روند تغییرات مسیری را دنبال می‌کند که نتایج بعدی آن به‌طور کامل برای اقلیم شناسان روشن نیست. تغییر اقلیم بر بسیاری از پدیده‌ها، عناصر و محیط‌زیست اطراف ما همچون اقتصاد، انرژی، کشاورزی، منابع آب، زندگی شهری، حمل و نقل، بهداشت و سلامت مؤثر است. پژوهش‌های انجام شده در جهان به‌طور عمده بیانگر افزایش تدریجی دمای متوسط است. پژوهشگران مهم‌ترین عامل گرم شدن کره زمین و افزایش دمای متوسط جهانی را مربوط به افزایش گازهای گلخانه‌ای دانسته‌اند. افزایش گازهای گلخانه‌ای موجب افزایش دمای میانگین کره زمین در دهه‌های اخیر شده است. این افزایش سبب می‌شود تا امواج مادون‌قرمز ساطع شده از زمین بیش از پیش توسط گازهای گلخانه‌ای جذب شده و باعث گرم‌تر شدن جو کره زمین می‌گردد. گرم شدن جو کره زمین به‌نوبه خود بر وضعیت اجزاء دیگر سیستم اقلیم تأثیر گذاشته و پدیده تغییر اقلیم را سبب می‌شود. سناریوی گرمایش جهانی یکی از سناریوهای مطرح در سطوح ملی، منطقه‌ای و جهانی است. امروزه سرعت افزایش درجه حرارت در مقایسه با گذشته افزایش چشم‌گیری داشته است. به‌طوری که در تاریخ بشر بی‌سابقه بوده است (فرج زاده اصل، ۱۳۹۱، ۴۹).

در بین عناصر مختلف اقلیم، دما به دلیل تأثیر بر سایر عوامل و بخصوص اثراتی که بر فعالیت‌های بشر دارند از اهمیت خاصی برخوردار است. دما از محسوس‌ترین عناصر اقلیمی است که ارتباط تنگاتنگ با سایر عناصر اقلیمی دارد و تغییرات آن باعث یک سلسله واکنش‌های زیست‌محیطی می‌گردد. یکی از نمایه‌های مناسب جهت پیش‌بینی تغییرات دما و بررسی روند آن طی سال‌های آینده، بررسی سری‌های زمانی در یک دوره آماری بلند مدت است. تحلیل روند یکی از مهم‌ترین روش‌های آماری است که به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر روی سری‌های زمانی هیدرولوژیکی مانند سری‌های مشاهداتی دما، بارش و جریان‌ات رودخانه‌ای در نقاط مختلف جهان توسط پژوهشگران استفاده می‌شود. در ادبیات اقلیم‌شناسی جهان تاکنون مطالعات فراوانی پیرامون تغییر اقلیم در مناطق مختلف صورت گرفته است. بسیاری از مطالعات با محوریت تغییرات بلند مدت دما و تغییرات آن‌ها در ارتباط با روند افزایش دمای متوسط جهانی منطقه‌ای صورت گرفته و روش آماری گرافیکی من - کندال به‌دفعات بیشتری مورد استفاده قرار گرفته است. رحیم زاده و عسگری (۱۳۸۳، ۱۵۴) به‌مرور مطالعات پروژه آشکارسازی آماری تغییر اقلیم در ایران و بررسی تغییرات دمای شبانه‌روزی پرداخته است. نتایج ایشان نشان داد روند دامنه تغییرات دمای شبانه‌روزی و افزایش دمای حداقل در برخی شهرهای بزرگ نرخ کاهشی قابل ملاحظه‌ای دارد. سبزی پرور و همکاران (۱۳۹۰، ۲۷) روند احتمالی تغییرات اختلاف دمای شبانه‌روزی در برخی اقلیم‌های خشک کشور طی پنج دهه گذشته را با استفاده از آزمون نا پارامتریک من کندال و رگرسیون خطی مورد ارزیابی قرار داده و متوجه شدند که ۸۲ درصد از ایستگاه‌های مورد بررسی روند منفی داشتند. تحلیل تغییرات سری‌های دما و بارش شیراز طی دوره ۱۹۵۱-۲۰۰۵ توسط اسدی و حیدری (۱۳۹۰، ۱۳۷) با کمک آزمون من کندال و رگرسیون خطی انجام شد و نشان دادند که افزایش روند دما در هر چهار فصل قابل

مشاهده است. منتظری (۱۳۹۱) واکاوی روند ماهانه دامنه شبانه‌روزی در ایران طی دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۸ و منتظری و روحی (۱۳۹۱) تحلیل روند دامنه شبانه‌روزی^۱ (DTR) استان اصفهان را انجام دادند. دارند (۱۳۹۲، ۷۵) ارزیابی تغییرات نمایه‌های فرین دما بر روی پهنه استان کردستان طی نیم سده اخیر را به کمک روش رگرسیون خطی انجام داد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که بر روی مناطق کم ارتفاع و پست در بخش‌های غربی و شرقی استان روند نمایه‌های فرین گرم مثبت و روند نمایه‌های فرین سرد منفی است. دارند (۱۳۹۳، ۱) به واکاوی تغییرات مقادیر حدی بارش و دما در ارومیه به‌عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم پرداخته است و بیان می‌کند که نمایه‌های فرین گرم روند صعودی و نمایه‌های فرین سرد، روند نزولی را تجربه کرده‌اند. بررسی نقطه شکست و روند تغییرات دامنه شبانه‌روزی دمای هوای شهر مشهد توسط شمس و موسوی بایگی (۱۳۹۵، ۱۶۷۳) با استفاده از آزمون‌های Neumann-Von, Pettitt, Buishand, SNHT و کندال-تاو انجام شده است. نتایج به دست آمده از این مطالعه حاکی از وجود روند کاهشی اختلاف دمای شبانه‌روزی در طی ۶۰ سال گذشته (۱۹۵۱-۲۰۱۰) است. جوان (۱۳۹۸) بررسی نوسانات دامنه شبانه‌روزی دمای هوای شهر ارومیه و پیش‌بینی آن برای دوره‌های آتی را با استفاده از آزمون من-کندال و سن، روند تغییرات و شیب آن‌ها محاسبه نموده است. نتایج به دست آمده حاکی از وجود روند افزایشی اختلاف دمای شبانه‌روزی در طی ۳۰ سال گذشته (۱۹۸۷-۲۰۱۶) در ایستگاه ارومیه است. استون و ویور (۲۰۰۳) عوامل مؤثر در روند دامنه دمای شبانه‌روزی در شبیه‌سازی‌های قرن بیستم و یکم را بررسی نموده‌اند. براگنزا و همکاران (۲۰۰۴) دامنه تغییرات دمای شبانه‌روزی را به‌عنوان یک نمایه تغییر اقلیم جهانی در قرن بیستم بررسی نموده و بیان می‌کنند که کاهش مشاهده شده در این نمایه بسیار زیاد است. روند نمایه‌های حدی دما و بارش در ۱۵ کشور خاورمیانه از جمله ایران توسط ژانگ و همکاران (۲۰۰۵) تحلیل شده است. ایشان روند ۲۷ نمایه را با استفاده از آزمون کندال در دوره ۱۹۵۱-۲۰۰۳ مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که روندهای افزایشی معنی‌دار در درجه حرارت‌های کمینه و بیشینه در کل منطقه خاورمیانه حاکم است.

سان و همکاران (۲۰۱۹) تغییرات دامنه دمای شبانه‌روزی (DTR) را بین سال‌های ۱۹۰۱ و ۲۰۱۴ تجزیه و تحلیل نمودند نتایج ایشان نشان داد که در نیمه اول قرن بیستم نمایه DTR افزایش بزرگ و قابل توجه ۰/۰۴۸ درجه سانتی‌گراد در دهه تجربه خواهد کرد. ارزیابی تأثیرات تغییرات اقلیمی بر دامنه دمای شبانه‌روزی (DTR) در جنوب شرقی ایران با استفاده از خروجی‌های AOGCM توسط زهرایی و همکاران (۲۰۲۰: ۹۴۳) انجام شد. نتایج به دست آمده ایشان از بررسی تأثیر اجزای میانگین دما در طول سال نشان داد که تغییرات آب و هوایی در تابستان و پاییز باعث کاهش اختلاف دمای شبانه‌روزی در جنوب شرقی ایران می‌شود. حداکثر کاهش اختلاف دمای شبانه‌روزی در اواخر تابستان و اواسط پاییز اتفاق می‌افتد. ژوهو و همکاران (۲۰۲۰، ۱۰۴) در بررسی ارتباط دامنه دمای روزانه با بستری روزانه در بیمارستان برای تشدید بیماری‌های مزمن تنفسی در ۲۱ شهر چین نشان دادند با افزایش اختلاف دمای شبانه‌روزی روند بستری در بیمارستان افزایش می‌یابد. استان فارس دارای محدوده جغرافیایی با وسعت تقریبی ۱۲۲۶۰۸ کیلومتر مربع در جنوب کشور واقع شده و بر اساس اطلاعات مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ چهارمین استان کشور از نظر جمعیت (۶/۰۷)

^۱- Diurnal Temperature Range

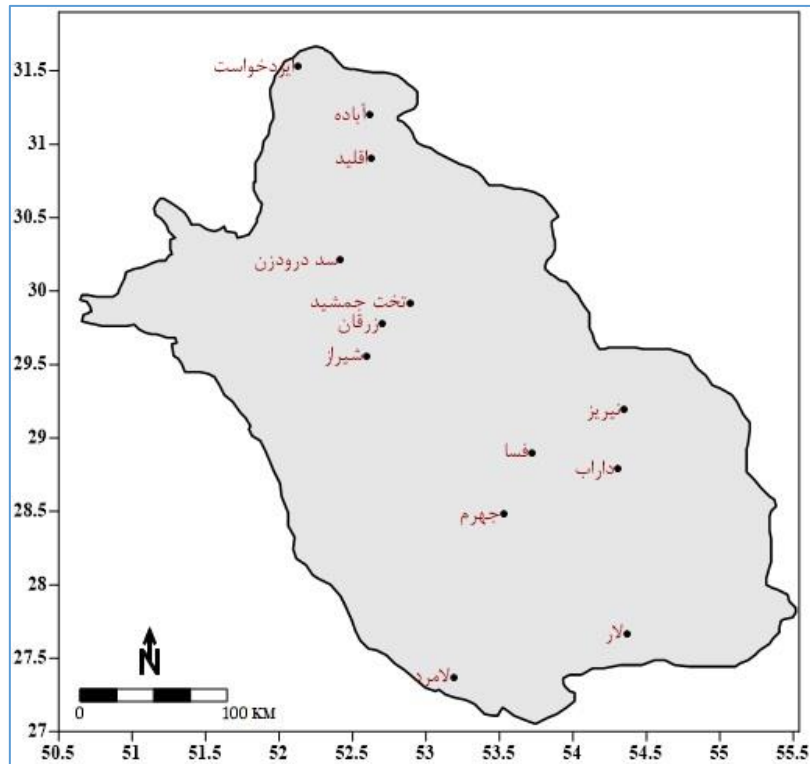
درصد جمعیت کشور) و مساحت بوده است. مرکز استان فارس، شهر شیراز است که بر طبق برآورد جمعیتی سال ۱۳۹۵ خورشیدی سازمان آمار ایران به همراه حومه خود، جمعیتی معادل ۱۸۶۹۰۰۱ نفر داشته که پرجمعیت‌ترین شهر این استان و پنجمین شهر پرجمعیت کشور محسوب می‌شود. پس از شیراز، شهرهای مرودشت، کازرون، جهرم و فسا به ترتیب پرجمعیت‌ترین شهرهای این استان هستند. از کل جمعیت استان ۷۰/۱۲ درصد در نقاط شهری و ۲۹/۵۳ درصد در نقاط روستایی و ۰/۳۶ درصد به صورت غیر ساکن سکونت دارند. استان فارس در تولید محصولات باغی رتبه اول و در تولید محصولات زراعی رتبه دوم در کشور را دارد. این استان با تولید حدود ۱۰ درصد محصولات کشاورزی کشور رتبه دوم و در تولید ۹ محصول رتبه اول کشوری را دارد. در این پژوهش سعی شده است روند و شیب تغییرات دمای شبانه‌روزی به عنوان یک نمایه از تغییر اقلیم جهانی در استان فارس بررسی گردد و توزیع مکانی و زمانی آن نیز محاسبه و ترسیم شود. می‌توان از نتایج به دست آمده، در جهت مدیریت منابع آبی، برنامه‌ریزی کشاورزی در اکوسیستم‌های محلی، برنامه‌ریزی شهری و ... استفاده کرد.

داده‌ها و روش‌ها

استان فارس بر طبق سالنامه آماری سال ۱۳۹۸ جمعیتی بالغ بر ۴۸۵۱۲۷۴ نفر دارد. متوسط دمای استان ۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد است. ایستگاه صفاشهر با متوسط دمای ۱۱/۹ و ایستگاه قیر و کارزین ۲۵/۶ درجه سانتی‌گراد به ترتیب خنک‌ترین و گرم‌ترین نقاط استان هستند. در این پژوهش برای بررسی روند و میزان تغییرات دمای شبانه‌روزی در گستره استان فارس و دستیابی به یک الگوی مناسب زمانی و مکانی داده‌های دمای کمینه و بیشینه دمای ماهانه و سالانه ۲۶ ایستگاه هواشناسی استان فارس اخذ شد. تعداد ۱۳ ایستگاه که طول دوره آماری مشترک بیش از ۲۰ سال داشتند جهت این پژوهش انتخاب گردید (شکل ۱ و جدول ۱).

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های منتخب همدید استان فارس

نام ایستگاه	سال تأسیس	ارتفاع از سطح دریا به متر	عرض جغرافیائی شمالی	طول جغرافیائی شرقی
آباده	۱۳۵۶	۲۰۳۰	۳۱-۱۱	۵۲-۴۰
داراب	۱۳۷۳	۱۰۹۸	۲۸-۴۷	۵۴-۱۷
اقلید	۱۳۷۲	۲۳۰۰	۳۰-۵۴	۵۲-۳۸
ایزدخواست	۱۳۷۸	۲۱۸۸	۳۱-۱۹	۵۲-۶۱
فسا	۱۳۵۴	۱۲۸۸	۲۸-۵۸	۵۳-۴۱
جهرم	۱۳۵۸	۱۰۸۲	۲۸-۴۷	۵۳-۰۶
لامرد	۱۳۷۲	۴۱۱	۲۷-۱۸	۵۳-۷۱
لار	۱۳۶۸	۷۹۲	۲۷-۴۱	۵۴-۱۷
تبریز	۱۳۷۹	۱۶۳۲	۲۹-۱۱	۵۴-۱۹
درودزن	۱۳۶۵	۱۶۵۰	۳۰-۱۱	۵۲-۲۷
شیراز	۱۳۵۰	۱۴۴۸	۲۹-۳۲	۵۲-۳۶
تخت جمشید	۱۳۷۷	۱۶۰۵	۲۹-۵۵	۵۲-۵۳
زرقان	۱۳۶۱	۱۵۹۶	۲۹-۴۷	۵۲-۴۳



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: پراکنش ایستگاه‌های همدید مورد مطالعه در استان فارس

ابتدا همگنی داده‌ها توسط آزمون ران تست بررسی شد. سپس آزمون نا پارامتری من - کندال در سطح اطمینان ۹۵ درصد جهت بررسی روند انجام شد. جهت بررسی میزان تغییرات، شیب روند و کمینه و بیشینه آن توسط آزمون تخمین گر شیب سن برای سری‌های زمانی نمایه مورد نظر در سطح اطمینان ۹۵ درصد به تفکیک در مقیاس فصلی و سالانه برای تمام ایستگاه‌ها محاسبه شد. نمودار گرافیکی من - کندال نیز پس از محاسبات فوق جهت تعیین زمان آغاز تغییرات ترسیم گردید. مطالعه اختلاف تغییرات دمای شبانه‌روزی یکی از نمایه‌های مهم در ارزیابی تغییر اقلیم و محیط‌زیست در یک منطقه و یکی از آماره‌های مؤثر در تغییر روند اقلیم است. این پارامتر از اختلاف دمای بیشینه روز و دمای کمینه شب محاسبه می‌شود. تغییرات اقلیم و افزایش دما باعث تغییر در چرخه هیدرولوژیکی می‌شود. اختلاف دمای شبانه‌روزی (DTR) یک پارامتر مناسب برای به دست آوردن اثر متقابل تابش خورشیدی طول موج بلند و طول موج کوتاه است، زیرا حداقل دمای شبانه‌روزی رابطه نزدیکی با شار طول موج بلند و حداکثر دما رابطه نزدیکی با شار تابش طول موج کوتاه دارد. تغییرات این نمایه تحت تأثیر ابرناکی، تغییرات رطوبت، باد، آلودگی سطح و بازخورد تغییرات آب قرار می‌گیرد (سبزی پرور و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۸). نمایه (DTR) در طول زمان ممکن است، روند افزایشی یا کاهشی داشته باشد. این تغییرات متأثر از تغییرات دمای حداقل و دمای حداکثر است. روند افزایشی این نمایه ممکن است به دلیل روند افزایشی دمای حداکثر یا روند کاهشی دمای حداقل یا تأثیر هم‌زمان این دو عامل باشد. برای تهیه این نمایه، ابتدا میزان اختلاف دمای بیشینه و کمینه محاسبه گردید.

برای رسیدن به نتایج مطلوب در بررسی یک جامعه آماری باید توالی مقادیر متغیرهای مورد بررسی، کاملاً تصادفی باشد. آزمون توالی بر اساس دقتی که یک سری زمانی افقی با مقادیر خطای مستقل نسبت به میانه، میانگین، مد و یا شرایط خاص سری که نوسان داشته باشد، محاسبه می‌شود. آزمون گردش حول میانگین (میانه یا مد) یا آزمون ران تست، یک آزمون آماری غیر پارامتری است که ابتدا توسط والد ولفوویتس پیشنهاد گردید. این آزمون برای آزمایش تصادفی بودن ثبت رویدادها در یک نمونه به کار می‌رود. آزمون ران تست، یکی از رایج‌ترین آزمون‌های غیر نموداری برای تصادفی بودن داده‌هاست. این آزمون، مبتنی بر رتبه‌هاست و شیوه تحلیل آن این‌گونه است که با توجه به چگونگی رخ دادن و تعداد دورها، سطح احتمال و اطمینان تصادفی بودن داده را می‌دهد. مبنای کار در این روش، مشخص نمودن دنبال‌های کمتر و بیشتر از مبنای داده‌هاست که در سطح اطمینان مشخص به دست می‌آید. سطح اطمینان یا معنی‌داری ۹۵ درصد است. این آزمون بر دو فرض استوار است: فرض صفر (H_0): داده‌ها کاملاً تصادفی هستند. فرض یک (H_1): داده‌ها تصادفی نیستند. اگر sig (سطح معناداری) آماره آزمون بیشتر از ۵ درصد باشد، فرض صفر رد نشده و تصادفی بودن داده‌ها پذیرفته می‌شود. برای بررسی همگنی سری زمانی داده‌ها از آزمون ران تست استفاده شد. سپس جهت بررسی روند و معنی‌داری آن از آماره T آزمون نا پارامتریک من - کندال کمک گرفته شد. مقدار شیب و نرخ تغییرات ایستگاه‌ها به کمک آزمون تخمین گر شیب سن (Sen) محاسبه شده و جهت انجام این محاسبات از نرم‌افزارهای Excel, spss و MATLAB استفاده گردید.

کاربرد روش‌های آماری به منظور شناخت رفتار خطی و غیرخطی عناصر اقلیمی از بهترین روش‌های ارزیابی روند دراز مدت اقلیم است. به دلیل اینکه برخی سری‌های اقلیمی به‌طور کلی از توزیع نرمال (بهنجار) تبعیت نمی‌کند (علیزاده، ۴۲۲، ۱۳۸۱)، در این صورت برای بررسی روند می‌توان از آزمون‌های رتبه‌ای استفاده نمود (WMO، ۱۹۶۶). از جمله این آزمون‌ها می‌توان به آزمون من - کندال اشاره کرد. در آزمون من - کندال نیاز به توزیع فراوانی نرمال یا خطی بودن رفتار داده‌ها نیست، این آزمون در برابر مقادیر فرین (برای مثال داده‌هایی که کشیدگی زیاد دارند) و داده‌هایی که از رفتار خطی انحراف چشمگیری دارند بسیار قوی است (WMO، ۲۰۰۰). جهت برآورد نمودن شیب واقعی یک‌روند در یک سری زمانی، استفاده از روش نا پارامتریک سن می‌تواند یکی از روش‌های مناسب در این زمینه باشد. (sens slop Estimator Nonparametric Method). این روش ابتدا توسط تیل در سال ۱۹۵۰ ارائه و سپس توسط سن در سال ۱۹۶۸ بسط و گسترش داده شد. این روش نیز همانند بسیاری دیگر از روش‌های نا پارامتریک همچون من - کندال بر تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی استوار است.

از این آزمون برای نمایان ساختن روند یکنواخت و نه لزوماً خطی استفاده می‌شود. در این روش فرض می‌شود که سری زمانی مورد استفاده ایستا، مستقل و تصادفی با توزیع احتمال برابر است این آزمون در داده‌های غیر همبسته به کار می‌رود زیرا بر اساس برخی گزارش‌ها، اگر در داده‌ها همبستگی متوالی وجود داشته باشد فرض صفر به‌اشتباه رد می‌شود. این آزمون معنی‌داری جهت روند را نشان می‌دهد ولی بزرگی روند را نشان نمی‌دهد (موحدی، ۲۰۱۲: ۶۳). آزمون من -

کندال در مواردی به کار می‌رود که فرض می‌شود که مقادیر داده سری‌های زمانی از مدل رابطه ۱ پیروی می‌کنند. در این رابطه تابع یکنواخت در حال افزایش یا کاهش در زمان و باقی‌مانده‌های از همان توزیع با میانگین صفر هستند. از این رو فرض می‌شود که پراش (واریانس) توزیع در طی زمان ثابت است (سالمی و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۰) در این آزمون فرضیه صفر نبود روند را، یعنی مشاهدات به‌طور تصادفی در زمان مرتب شده‌اند را آزمون کرده و برعکس در فرض مقابل یک‌روند افزایشی و یا کاهشی در داده‌ها وجود دارد (دراپلا، ۲۰۱۱: ۱۳۶).

$$x_i = f(t_i) + \varepsilon_i \quad (\text{رابطه ۱})$$

اگر یک سری زمانی با n نقطه داده (n طول سری زمانی داده‌ها) را در نظر بگیریم که x_k و x_j دو داده متوالی k ام و j ام زیرمجموعه باشند. به گونه‌ای که $k \leq j$ و $k \neq j$ باشد.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (\text{رابطه ۲})$$

که با قبول فرض H_0 توزیع S در حد توزیع $n \rightarrow \infty$ بهنجار است. sgn تابع علامت است که از رابطه زیر مشخص می‌شود.

$$\text{sgn} = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۳})$$

آزمون آماره‌های S میانگین صفر دارد. واریانس S نیز توسط رابطه ۴ به دست می‌آید.

$$\text{VAR}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (\text{رابطه ۴})$$

در رابطه بالا t اندازه یک بازه زمانی در سری داده‌ها است و $\sum t$ مجموع بازه‌ها (سری زمانی داده‌ها) است برای مواردی که مدت سری زمانی داده‌ها بیشتر از ۱۰ باشد ($n > 10$)؛ مقادیر s و $\text{var}(s)$ برای محاسبه آماره Z با رابطه زیر صورت می‌گیرد

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}_s}} \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}_s}} \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۵})$$

وجود معنی‌داری آماری روند با ارزیابی مقدار Z انجام می‌شود مقدار مثبت (منفی) Z یک‌روند روبه بالا (روبه پایین) را مشخص می‌کند آماره Z توزیع بهنجار دارد. برای آزمون وجود روند یکنواخت روبه بالا یا روبه پایین (آزمون دوطرفه) در سطح معنی‌داری α ، فرضیه صفر اگر قدر مطلق Z بیشتر از $Z_{1-\alpha/2}$ باشد رد می‌شود. جایی که $Z_{1-\alpha/2}$ از جداول توزیع تجمعی بهنجار استاندارد به دست می‌آید (سالمی و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۰). به سخنی دیگر، در آزمون دوطرفه روند، اگر $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$ رابطه در فاصله اطمینان ۹۵ درصد برقرار باشد فرضیه H_0 صفر (قبول تصادفی بودن سری داده‌ها) را پذیرفت و در غیر این صورت باید فرضیه H_1 (وجود روند) را قبول کرد اگر معنی‌داری در سطح $\alpha = 0.05$ (فاصله اطمینان ۹۵ درصد) آزمون شد فرضیه H_0 در صورتی رد می‌شود که $|Z| \leq Z_{0.95} = 1.96$ برقرار باشد مقادیر مثبت Z روند

صعودی و مقادیر منفی روند Z نزولی سری را نشان می‌دهد. اگر روند در سری داده‌ها مشاهده شد، شیب واقعی (میزان تغییر در واحد زمان) را می‌توان با استفاده از روش نا پارامتری ساده سن برآورد کرد؛ این شیوه درجایی به کار می‌رود که فرض خطی بودن روند پذیرفته شود این به آن معنی است که $f(t)$ رابطه (۲) برابر است با :

$$f(t) = Qt + B \quad \text{رابطه (۶)}$$

در رابطه بالا Q شیب و B ثابت خط است. برای این کار نخست شیب هر جفت داده متوالی سری را از رابطه زیر به دست می‌آوریم.

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, n \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در رابطه x_j و x_k به ترتیب مقادیر داده‌ها در واحد زمان k و j است که با هم یک واحد زمانی اختلاف دارند. Q_i مقادیر میانه n برآورد شده شیب نمودار سن است. اگر n فرد باشد برآورد کننده شیب سن این‌گونه محاسبه خواهد شد:

$$Q_{med} = Q_{(n+2)/2} \quad \text{رابطه (۸)}$$

و اگر n زوج باشد برآورد کننده شیب سن از این رابطه به دست می‌آید:

$$Q_{med} = (Q_{(n)/2} + Q_{(n+2)/2}) / 2 \quad \text{رابطه (۹)}$$

اگر مقدار Q_{med} با آزمون دوطرفه در فاصله اطمینان $(\alpha-1)$ 100 درصد بررسی شود شیب واقعی نمودار روند را می‌توان به دست آورد. اگر عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده قرار بگیرد فرض صفر تأیید شده و در نتیجه بر سری زمانی مورد آزمون نمی‌توان هیچ روندی را در فاصله اطمینان مورد نظر نسبت داد. در غیر این صورت فرض صفر رد شده و می‌توان پذیرفت که سری زمانی دارای روند معنی‌داری در فاصله اطمینان مورد آزمون است (محمدی، ۱۳۹۰: ۱۰۲).

هرگاه روند در سطح معنی‌داری انتخاب شده قابل قبول باشد می‌توان با کمک آزمون نموداری من کندال نقطه تغییر را پیدا کرد. روابط زیر روش محاسبه این آزمون نموداری را نشان می‌دهد این روش مقادیر T در زمان i را محاسبه می‌کند. در این آزمون به هر سال یک شماره ردیف ($n_i = 1, 2, 3, \dots$) تعلق می‌گیرد. برای هر فرا سنج یک مرتبه (m) در نظر گرفته می‌شود که تعداد رتبه‌های کوچک‌تر از ردیف است که قبل از آن قرار می‌گیرد.

$$E_i = n_i(n_i - 1) / 4 \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$V_i = \frac{n_i(n_i - 1)(2n_i + 5)}{72} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$T_i = T_{i-1} + m_i \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

$$U_i = \frac{(T_i - E_i)}{\sqrt{V_i}} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

در روابط بالا E_i امید ریاضی، V_i پراش، T_i آماره، m_i مرتبه مربوط به هر ردیف n_i است که در نهایت دنباله U از آن استخراج می‌شود. اگر دنباله U و بر اساس i (زمان) به صورت نموداری رسم شود، در حالت معناداری روند، دو نمودار در نقطه شروع پدیده در خارج از محدوده، $1/96$ یکدیگر را قطع کرده و در خلاف جهت یکدیگر حرکت خواهند کرد. به این

نقطه برخورد، جهش گفته می‌شود. در حالی که اگر روند وجود نداشته باشد، دو دنباله U تقریباً به صورت موازی حرکت خواهند کرد و یا با چند بار برخورد به طوری که به تغییر جهت منجر نشود، عمل خواهند کرد (سبزی پرور و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۱). نمودار U نسبت به سال رسم شده و برای اینکه معنی‌داری روند و نقطه جهش آن به دست آید، دنباله مانند U محاسبه می‌شود با این تفاوت که سال‌ها به ترتیب نزولی قرار می‌گیرند. در حالتی که $-1.96 < U < 1.96$ باشد نمی‌توان روند خاصی را برای سری متصور شد و سری تصادفی است. در حالت $-1.96 < U < 1.96$ روند مثبت و $U < +1.96$ حکایت از روند منفی در داده‌های سری دارد.

در این پژوهش ابتدا وجود یا عدم وجود روند توسط آزمون نا پارامتری من کندال مورد آزمون قرار گرفت. شیب و نرخ تغییرات در مقیاس فصلی و سالانه در نمایه DTR در ایستگاه‌های به کمک آزمون تخمین گر شیب سن (sen) محاسبه شد. نمودار گرافیکی من - کندال نیز جهت بررسی نقاط جهش و تأیید روند محاسبه و ترسیم گردید؛ سپس در محیط نرم‌افزار Surfer و با استفاده از میانبایی کریجینگ نقشه‌های هم‌روند و میزان تغییرات نمایه در طی ۲۰ سال اخیر در مقیاس‌های فصلی و سالانه تهیه شد.

بحث و یافته‌ها

نتایج آزمون ران تست در جدول ۲ قرار داده شده است همان‌طور که نتایج این آزمون نشان می‌دهد، داده‌های نمایه در برخی از ایستگاه‌ها با توجه به نتایج آزمون توزیع نرمال ندارند و تصادفی نیستند بنابراین جهت تعیین روند از آزمون نا پارامتری من - کندال استفاده شد. آزمون نا پارامتریک من کندال و سن بر روی ایستگاه‌های منتخب بر روی داده‌ای نمایه DTR به بازه زمانی فصلی و سالانه محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت که در ادامه به تفکیک فصل و بازه زمانی سالانه بحث خواهد شد. در این آزمون مقدار آماره Q برآورد شیب سن و نشان‌دهنده میزان تغییرات نمایه به درجه سانتی‌گراد در یک سال است و مقدار Q_{min} و Q_{max} به ترتیب کمینه و بیشینه تغییرات نمایه یا شیب سن در یک سال در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان است. مقدار B ثابت شیب‌خط روند در این آزمون را بیان می‌کند. Z نیز آماره آزمون من کندال را نشان می‌دهد. مقادیر مثبت Z بیش از $1/96$ نشان‌دهنده روند افزایشی و مثبت و مقادیر منفی کمتر از $-1/96$ نشان‌دهنده روند کاهشی و منفی مقدار DTR است.

جدول ۲: نتایج سطح معناداری آزمون ران تست در ایستگاه‌های منتخب استان فارس

نام ایستگاه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
آباده	۰/۸۱	۰/۲۵	۰/۸۱	۱	۰/۴۵
داراب	۰/۸۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۸۱	۱
اقلید	۰/۲۵	۰/۴۹	۰/۸۱	۱	۰/۷۸
ایزدخواست	۰/۲۵	۰/۴۹	۰/۸۱	۰/۲۵	۰/۸۱
فسا	۰/۰۴	۰/۰۰۳	۰/۸۱	۰/۴۹	۰/۴۹
چهرم	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۴۹	۱	۰/۴۹
لامرد	۰/۱۱	۰/۵۲	۱	۰/۸۲	۰/۴۹
لار	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۱۱	۰/۲۵	۰/۴۹
نیریز	۰/۸۵	۰/۴۹	۰/۱۱	۰/۸۲	۰/۲۵
سد درود زن	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۵۲	۰/۲۵	۰/۲۵
شیراز	۰/۸۲	۰/۲۵	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲
تخت جمشید	۰/۸۲	۰/۴۹	۰/۸۲	۰/۰۴	۰/۵۲
زرقان	۰/۲۵	۰/۰۴	۰/۴۹	۰/۲۵	۰/۸۲

مأخذ: نگارندگان

فصل بهار

نتایج آزمون شیب سن در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر روی داده‌های نمایه DTR در فصل بهار در جدول ۳ آورده شده است. بر اساس آماره آزمون من - کندال ایستگاه‌های آباده، داراب، فسا، چهرم، لار، نیریز، تخت جمشید و زرقان نشان‌دهنده روند کاهشی و ایستگاه سد درود زن نشان‌دهنده روند افزایشی است. زمانی که میزان نمایه روند کاهشی داشته باشد بیان‌کننده افزایش بیشتر دمای کمینه است.

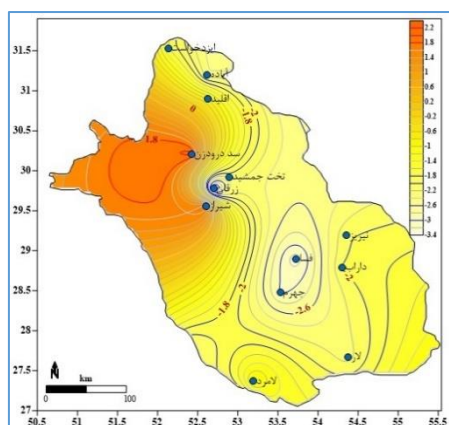
بر اساس نتایج آزمون شیب سن ایستگاه‌های چهرم، فسا و زرقان بیشترین تغییرات و نرخ کاهش در نمایه را در فصل بهار استان فارس نشان می‌دهند. پس از محاسبه آماره‌های مورد نیاز، نقشه‌های روند و میزان تغییرات نمایه ترسیم گردید. جهت میانبایی و ترسیم و اطمینان بیشتر به نقشه‌ها از داده‌های ایستگاه‌های پیرامون استان مانند یاسوج، دو گنبدان، جم، پارسیان، حاجی‌آباد، یزد و شهرضا نیز استفاده شد. روند نمایه و تغییرات آن برای این ایستگاه‌ها نیز محاسبه شد. پس از ترسیم نقشه‌های روند و میزان آماره برآورد شیب سن در ۲۰ سال اخیر، تغییرات مکانی این نمایه نمود بیشتری پیدا کرد. شکل‌های ۲ و ۳ نشان‌دهنده نرخ افزایشی در غرب و شمال غرب استان است؛ اما در مرکز و نیمه شرقی استان روند کاهشی مشاهده می‌شود. بر اساس تحلیل نقشه تغییرات آماره شیب سن (Q) و نتایج درصد تغییرات مکانی آن مجموعاً ۷۷ درصد استان شاهد نرخ کاهش شیب نمایه DTR است و نزدیک به ۱۳ درصد استان شاهد نرخ شیب افزایشی بین ۱ تا ۲ درجه سانتی‌گراد در اختلاف دمای شبانه‌روزی است.

برای تعیین نقاط جهش و روند برای نمونه در شکل ۳ نمودار گرافیکی من - کندال ایستگاه فسا که بیشترین تغییرات در این فصل را داشت، آورده شده است. این تصویر بیان‌کننده نرخ کاهشی نمایه در این ایستگاه از سال ۱۳۸۷ به بعد می‌باشد. نمودارهای دمای کمینه و بیشینه فصل بهار (شکل ۵) نیز علت نرخ کاهشی در روند شاخص DTR در ایستگاه

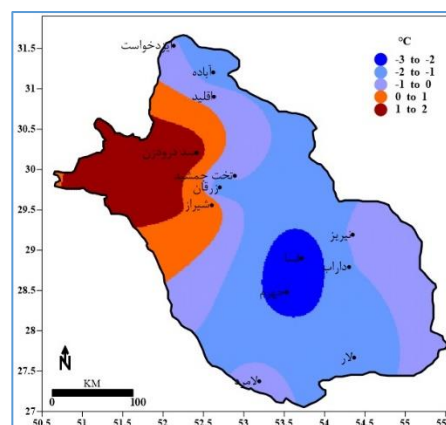
فسا را نشان می‌دهد. همان گونه که مشاهده می‌شود علت این نرخ کاهش افزایش دمای شبانه و کاهش دمای روزانه در ۲۰ سال اخیر در فصل بهار در این ایستگاه است.

جدول ۳: نتایج حاصل از آزمون سن در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای ایستگاه‌های منتخب استان فارس در فصل بهار

Z	Qx20	B	Qmax95	Qmin95	Q	نام ایستگاه
-۲/۳۴	-۱/۶۴	۱۶/۱۴	-۰/۰۱۶	-۰/۱۴۶	-۰/۰۸۲	آباده
-۱/۹۸	-۱/۱	۱۶/۹۹	-۰/۰۰۱	-۰/۱۱۱	-۰/۰۵۵	داراب
-۰/۸۱	-۰/۳۶	۱۳/۹۵	۰/۰۴۶	-۰/۱۰۷	-۰/۰۱۸	اقلید
-۱/۵۹	-۰/۸۶	۱۴/۱۵	۰/۰۱۹	-۰/۱۱۶	-۰/۰۴۳	ایزد خواست
-۳/۳۱	-۲/۸۶	۱۹/۵۶	-۰/۰۷۶	-۰/۲۰۱	-۰/۱۴۳	فسا
-۳/۰۲	-۲/۵	۱۹/۶۵	-۰/۰۶۱	-۰/۱۸۲	-۰/۱۲۵	جهرم
-۰/۹۱	-۰/۶۲	۱۸/۵۹	۰/۰۴۱	-۰/۱۱۸	-۰/۰۳۱	لامرد
-۲/۲۷	-۱/۴۲	۱۷/۶۸	-۰/۰۱۳	-۰/۱۳۵	-۰/۰۷۱	لار
-۲/۰۵	-۰/۸۲	۱۴	۰/۰۰۰	-۰/۰۹۶	-۰/۰۴۱	نیریز
۲/۰۵	۱/۵۶	۱۳/۷۸	۰/۱۵۳	۰/۰۰۵	۰/۰۷۸	سد درود زن
۱/۷۲	۰/۹۶	۱۵/۸۶	۰/۰۹۳	-۰/۰۰۹	۰/۰۴۸	شیراز
-۲/۱۱	-۰/۸۶	۱۷/۵۰	-۰/۰۰۴	-۰/۱۴۱	-۰/۰۴۳	تخت جمشید
-۳/۴۴	-۱/۹۸	۱۸/۸۳	-۰/۰۳۳	-۰/۱۴۷	-۰/۰۹۹	زرقان



مآخذ: نگارندگان

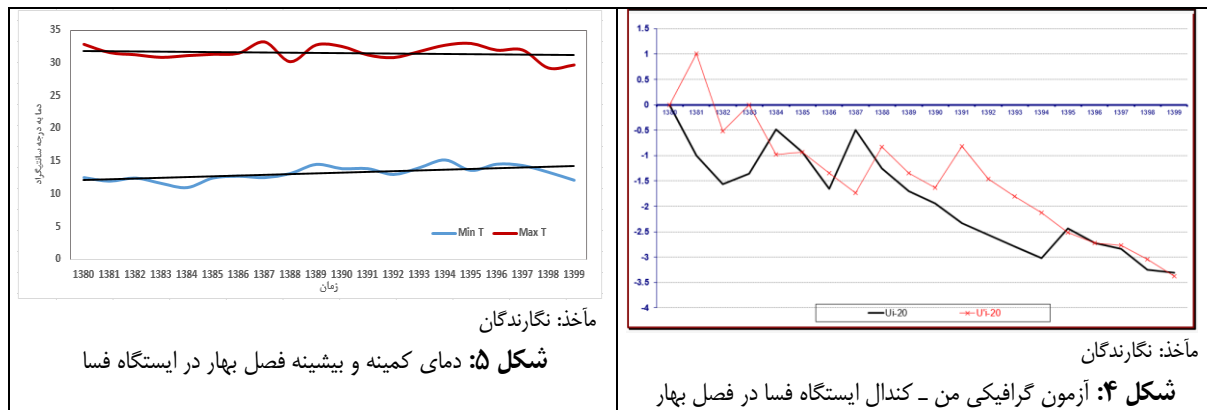


مآخذ: نگارندگان

شکل ۲: نقشه نرخ شیب سن در فصل بهار بر روی نمایه DTR در ۲۰ سال اخیر در استان فارس
شکل ۳: نقشه آماره آزمون من - کندال و نرخ روند فصل بهار بر روی نمایه DTR ۲۰ سال اخیر در استان فارس

جدول ۴: درصد تغییرات مکانی نرخ شیب نمایه DTR در ۲۰ سال اخیر به درجه سانتی‌گراد در فصل بهار

مقدار نرخ شیب نمایه	۱ - ۲	۰ - ۱	-۱ - ۰	(-۱) - (-۲)	(-۲) - (-۳)
درصد گستردگی مکانی	۱۲/۸	۱۰/۲	۲۸/۷	۴۲/۲	۶/۱



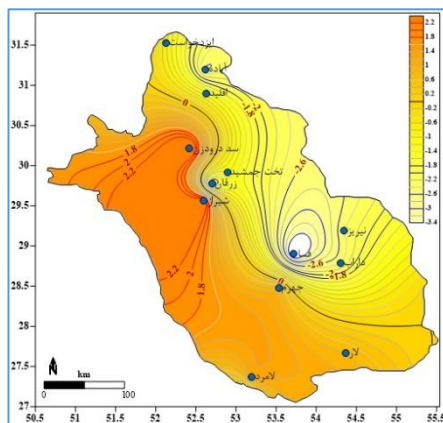
فصل تابستان

نتایج آزمون شیب سن در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر روی داده‌های نمایه DTR در فصل تابستان در جدول ۴ قابل مشاهده است. بر اساس آماره آزمون من - کندال ایستگاه‌های آباده، داراب، فسا، نیریز و زرقان شاهد روند کاهشی و ایستگاه‌های سد درود زن و شیراز روند افزایشی را نشان می‌دهند. جهت بررسی این موضوع نمودار دمای کمینه و بیشینه ایستگاه شیراز در ۲۰ سال اخیر ترسیم شد (شکل ۹) و مشخص شد علت این روند مثبت افزایش دمای بیشینه است. در حالی که دمای کمینه روند کاهشی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج آزمون شیب سن مقدار نمایه DTR در فصل تابستان بیشترین نرخ کاهش در ایستگاه فسا و بیشترین نرخ افزایش نمایه در ایستگاه سد درود زن مشاهده می‌شود. بررسی نقشه‌ها (شکل‌های ۶ و ۷) جهت بررسی تغییرات مکانی نمایه در فصل تابستان نشان می‌دهد که استان به دو نیمه تقسیم شده است. نیمه غربی و جنوبی روند مثبت و افزایشی و نیمه شمالی و شرقی روند کاهشی در نمایه را نشان می‌دهند. تقریباً ۵۷ درصد استان شاهد نرخ شیب افزایشی اختلاف دمای شبانه‌روزی است. در حالی که ۱۳ درصد سطح استان نیز شیب کاهش ۱- تا ۲- درجه سانتی‌گراد را در ۲۰ سال اخیر تجربه نموده است (جدول ۶). جهت کاهش حجم مطالب نمودار آزمون گرافیکی من - کندال ایستگاه سد درود زن که بیشترین تغییرات را نشان داد در اینجا آورده شده است همان‌طور که نمودار (شکل ۸) نشان می‌دهد از سال ۱۳۸۷ جهش و همین‌طور روند افزایش ناگهانی در نمایه مشاهده می‌شود.

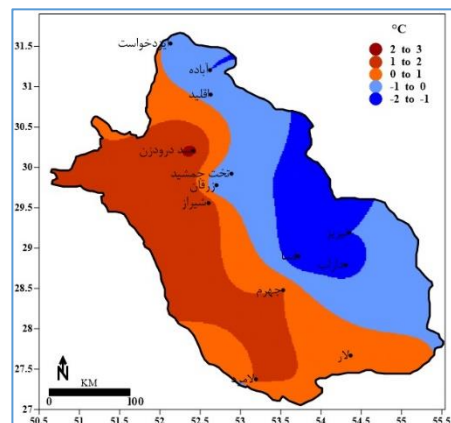
جدول ۵: نتایج حاصل از آزمون سن در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای ایستگاه‌های منتخب استان فارس در فصل تابستان

نام ایستگاه	Q	Qmin95	Qmax95	B	Q×20	Z
آباده	-۰/۰۵۰	-۰/۰۸۹	-۰/۰۱۱	۱۷/۳	-۱	-۲/۶۴
داراب	-۰/۰۶۷	-۰/۱۲۱	-۰/۰۱۷	۱۶/۲۷	-۱/۳۴	-۲/۴۴
اقلید	-۰/۰۱۶	-۰/۰۵۹	۰/۰۲۱	۱۵/۷۵	-۰/۳۲	-۱/۱۱
ایزدخواست	-۰/۰۱۶	-۰/۰۵۹	۰/۰۲۹	۱۵/۷۵	-۰/۳۲	-۰/۷۸
فسا	-۰/۰۹۲	-۰/۱۳	-۰/۰۵۶	۱۹/۴۵	-۱/۸۴	-۳/۸۷
جهرم	۰/۰۵۱	-۰/۰۴۰	۰/۱۴۶	۱۷/۶۴	۱/۰۲	۰/۸۸
لامرد	۰/۰۵۶	-۰/۰۳۳	۰/۱۱۵	۱۷/۹۹	۱/۱۲	۱/۳۳
لار	۰/۰۲۰	-۰/۰۴۳	۰/۰۸۲	۱۶/۳۷	-۰/۴	۰/۸۱
نیریز	-۰/۰۵۰	-۰/۱۰۹	-۰/۰۱۴	۱۴/۱۳	-۱	-۲/۳۷
سد درود زن	۰/۱۱۱	۰/۰۴۷	۰/۱۶۷	۱۴/۵۹	۲/۲۲	۲/۷۹
شیراز	۰/۰۸۶	۰/۰۲۵	۰/۱۳۳	۱۷/۲۶	۱/۷۲	۲/۵۶
تخت جمشید	-۰/۰۲۹	-۰/۱۱۷	۰/۰۲۹	۱۸/۲۶	-۰/۵۸	-۱/۱۷
زرقان	-۰/۰۵۰	-۰/۰۸۴	-۰/۰۰۸	۱۹/۸	-۱	-۲/۲۱

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

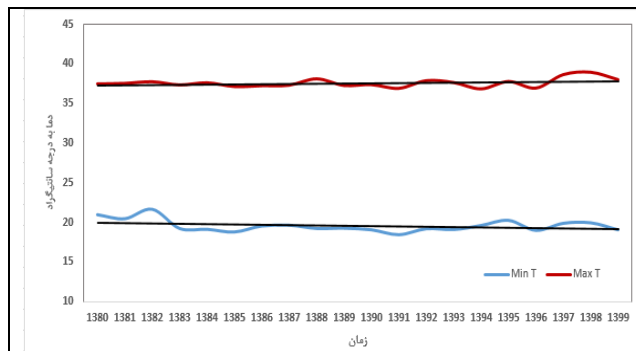
شکل ۶: نقشه نرخ شیب سن در فصل تابستان بر روی نمایه DTR در ۲۰ سال اخیر در استان فارس

شکل ۷: نقشه آماره آزمون من - کندال و نرخ روند فصل تابستان بر روی نمایه DTR ۲۰ سال اخیر در استان فارس

جدول ۶: درصد تغییرات مکانی نرخ شیب نمایه DTR در ۲۰ سال اخیر به درجه سانتی‌گراد در فصل تابستان

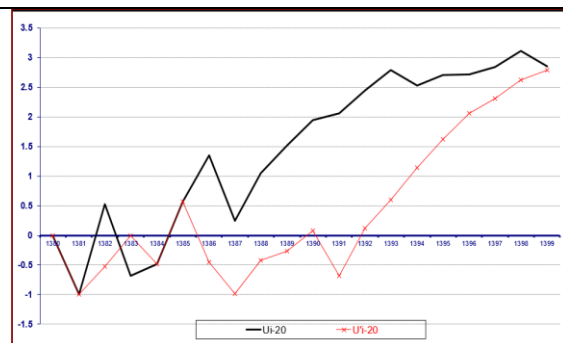
مقدار نرخ شیب نمایه	۲-۳	۱-۲	۰-۱	۰-(-۱)	(-۱)-(-۲)
درصد گستردگی مکانی	۰/۲	۳۱	۲۵/۹	۲۹/۹	۱۳

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

شکل ۹: دمای کمینه و بیشینه فصل تابستان در ایستگاه شیراز



مأخذ: نگارندگان

شکل ۸: آزمون گرافیکی من - کندال ایستگاه سد درود زن در فصل تابستان

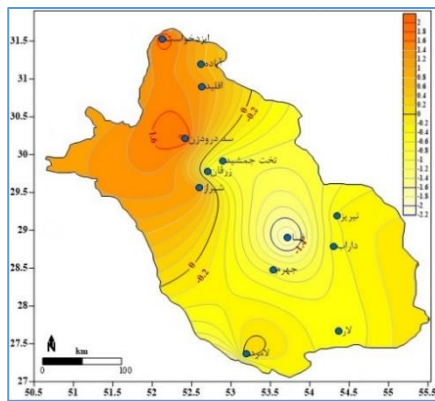
فصل پاییز

نتایج آزمون شیب سن در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر روی داده‌های نمایه DTR در فصل پاییز (جدول ۷) نشان می‌دهد که ایستگاه فسا تنها ایستگاه دارای روند در سطح استان است. نوع روند این ایستگاه کاهشی است. البته آماره من - کندال، ایستگاه‌های سد درود زن و ایزدخواست را نیز نزدیک به روند مثبت و افزایشی نشان می‌دهد. نرخ شیب تغییرات نیز در ایستگاه فسا کاهشی و به میزان ۱/۵ درجه کاهش در ۲۰ سال اخیر است. ایستگاه سد درود زن و شیراز نیز به ترتیب با ۱/۵۲ و ۱/۲۶ درجه سانتی‌گراد در اختلاف دمای شبانه‌روزی بالاترین نرخ شیب افزایشی را تجربه نموده‌اند. جهت بررسی علت نرخ کاهشی نمایه در ایستگاه فسا نمودارهای دمای کمینه و بیشینه ترسیم و بررسی شد. نتایج نشان داد که مانند فصل بهار در این ایستگاه علت کاهش نمایه افزایش میزان دمای کمینه یا افزایش شب‌های گرم در این ایستگاه است. بر اساس مشاهده نقشه‌های نرخ شیب و روند (شکل‌های ۱۰ و ۱۱) بخش‌هایی از مرکز و جنوب شرق استان شاهد نرخ کاهشی است. این میزان بر اساس نتایج جدول ۸ شامل ۴۰ درصد استان است؛ و ۶۰ درصد دیگر با شیبی ملایم نرخ افزایشی بین ۰ تا ۲ درجه سانتی‌گراد را تجربه نموده است. آزمون گرافیکی من - کندال در ایستگاه فسا در فصل پاییز نیز نشان داد (شکل ۱۲) که کاهش شدید در فاصله سال‌های ۸۱ تا ۸۵ و همین‌طور در دهه ۹۰ در این ایستگاه روی داده است.

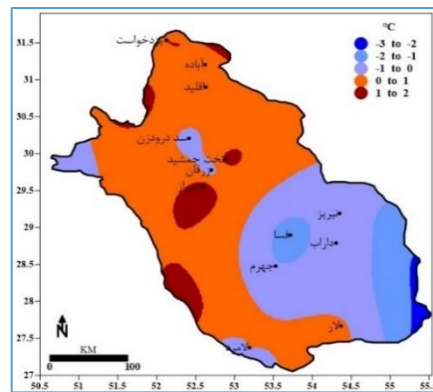
جدول ۷: نتایج حاصل از آزمون سن در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای ایستگاه‌های منتخب استان فارس در فصل پاییز

نام ایستگاه	Q	Qmin95	Qmax95	B	Q×20	Z
آباده	-۰/۴۱	-۰/۰۵۰	۰/۱۰۸	۱۴/۹۱	-۰/۸۲	-۰/۸۴
داراب	-۰/۰۱۳	-۰/۱	۰/۰۴۴	۱۶/۱۱	-۰/۲۶	-۰/۵۲
اقلید	-۰/۰۲۸	-۰/۰۳۱	۰/۰۷۶	۱۲/۵	۰/۵۶	۱/۲
ایزدخواست	-۰/۰۵۰	-۰/۰۱۴	۰/۱۲۵	۱۲/۸۴	۱	۱/۷۹
فسا	-۰/۰۷۸	-۰/۱۶۳	-۰/۰۰۵	۱۷/۹۲	-۱/۵۶	-۲/۱۱
جهرم	-۰/۰۴۷	-۰/۱۸۹	۰/۰۷۴	۱۷/۸۷	-۰/۹۴	-۰/۸۸
لامرد	-۰/۰۰۸	-۰/۰۹۳	۰/۱۳۱	۱۶/۹	۰/۱۶	۰/۱۹
لار	-۰/۰۴۲	-۰/۱۶۳	۰/۰۶۷	۱۷/۰۹	-۰/۸۴	-۰/۶۲
نیریز	-۰/۰۱۶	-۰/۰۶۷	۰/۰۴۳	۱۲/۴۳	-۰/۳۲	-۰/۳۶
سد درود زن	-۰/۰۷۶	-۰/۰	۰/۱۸۰	۱۲/۸۶	۱/۵۲	۱/۸۲
شیراز	-۰/۰۶۳	-۰/۰۴۸	۰/۱۵۹	۱۵/۷۵	۱/۲۶	۱/۰۱
تخت جمشید	-۰/۰۲۷	-۰/۱۱۳	۰/۰۵۹	۱۶/۷۶	-۰/۵۴	-۰/۷۸
زرقان	-۰/۰۴۵	-۰/۱۳۴	۰/۰۶۶	۱۷/۴۵	-۰/۹	-۰/۷۱

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان



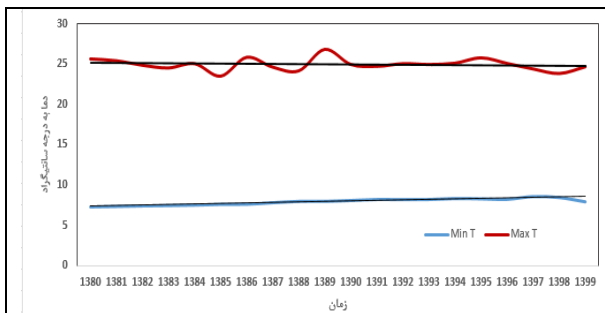
مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۰: نقشه نرخ شیب سن در فصل پاییز بر روی نمایه DTR در **شکل ۱۱:** نقشه آماره آزمون من - کندال و نرخ روند فصل پاییز ۲۰ سال اخیر در استان فارس بر روی نمایه DTR ۲۰ سال اخیر در استان فارس

جدول ۸: درصد تغییرات مکانی نرخ شیب نمایه DTR در ۲۰ سال اخیر به درجه سانتی‌گراد در فصل پاییز

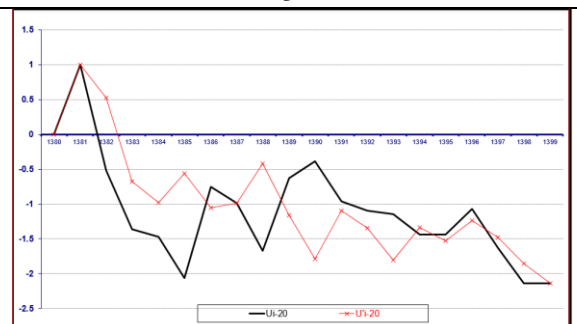
مقدار نرخ شیب نمایه	۱ - ۲	۰ - ۱	-۱ - ۰	(-۱) - (-۲)	(-۲) - (-۳)
درصد گستردگی مکانی	۵/۵	۵۴/۱	۳۰/۴	۹/۱	۱

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۳: دمای کمینه و بیشینه فصل پاییز در ایستگاه فسا



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۲: آزمون گرافیکی من - کندال ایستگاه فسا در فصل پاییز

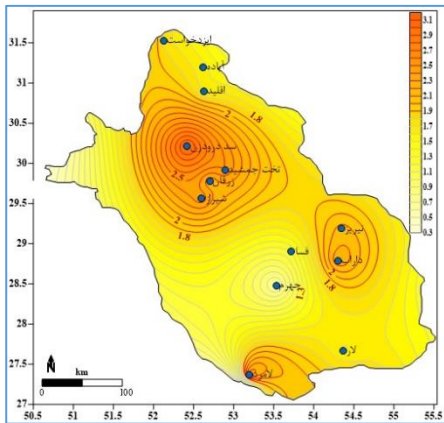
فصل زمستان

نتایج آزمون شیب سن در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر روی داده‌های نمایه DTR در فصل زمستان (جدول ۹) نشان می‌دهد که ایستگاه‌های داراب، لامرد، نیریز، سد درود زن، شیراز، تخت جمشید و زرقان روند مثبت و افزایشی در نمایه را تجربه کرده‌اند. سایر ایستگاه‌ها نیز تقریباً نزدیک به میزان آماره آزمون من - کندال (Z) می‌باشد. به این معنی که در فصل زمستان تقریباً در کل استان روند افزایشی را شاهد بوده است. بیشترین نرخ شیب مثبت نمایه در ۲۰ سال اخیر را ایستگاه‌های سد درود زن و شیراز و تخت جمشید در نیمه شمالی استان و ایستگاه لامرد در نیمه جنوبی استان تجربه کرده‌اند (جدول ۹ و شکل ۱۴).

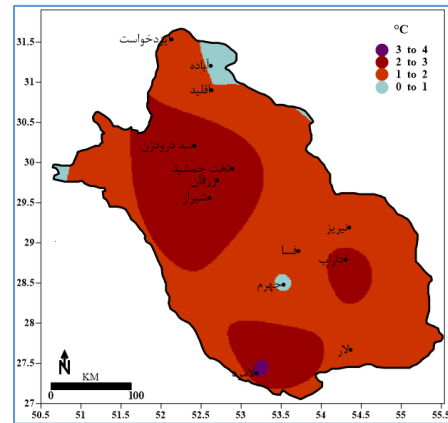
نمودارهای دمای کمینه و بیشینه ایستگاه سد درود زن در ادامه ترسیم و بررسی شد. نتایج نشان داد که در این ایستگاه علت افزایش نمایه اختلاف دمای شبانه‌روزی افزایش میزان دمای بیشینه یا افزایش تکرار روزهای گرم در زمان مورد مطالعه می‌باشد. بر اساس بررسی نقشه‌های نرخ شیب و روند (شکل‌های ۱۴ و ۱۵) به جز ۲/۲ درصد شمال غربی استان (جدول ۱۰) که تقریباً تغییرات نمایه کمتر می‌باشد، سایر قسمت‌های استان افزایش نمایه و تغییرات با جهت مثبت را تجربه نموده‌اند. بیشترین گسترش مکانی مثبت در نمایه به میزان ۱ تا ۲ درجه سانتی‌گراد در ۶۶ درصد سطح استان مشاهده می‌شود. ۳۲/۶ درصد گستره استان نیز افزایش این نمایه را به میزان ۲ تا ۳ درجه سانتی‌گراد در ۲۰ سال اخیر تجربه نموده است (جدول ۱۱). آزمون گرافیکی من - کندال در ایستگاه سد درود زن در فصل زمستان نیز نشان داد (شکل ۱۶) که افزایش شدید در نمایه از سال ۱۳۸۳ به بعد آغاز شده و ادامه یافته است.

جدول ۹: نتایج حاصل از آزمون سن در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای ایستگاه‌های منتخب استان فارس در فصل زمستان

نام ایستگاه	Q	Qmin95	Qmax95	B	Q×20	Z
آباده	۰/۰۴۸	-۰/۰۲۷	۰/۱۲۳	۱۲/۹۹	۰/۹۶	۱/۴۶
داراب	۰/۱۲۸	۰/۰۲۵	۰/۲۲۴	۱۲/۶۹	۲/۵۶	۲/۳
اقلید	۰/۰۵۲	-۰/۰۱۱	۰/۱۲۰	۱۰/۶۲	۱/۰۴	۱/۶۶
ایزدخواست	۰/۰۶۳	-۰/۰۰۸	۰/۱۲۱	۱۱/۳۵	۱/۲۶	۱/۷۵
فسا	۰/۰۶۸	-۰/۰۳۹	۰/۲	۱۴/۵۵	۱/۳۶	۱/۳
چهرم	۰/۰۳۹	-۰/۰۸۷	۰/۱۳۶	۱۵/۱۵	۰/۷۸	۰/۶۵
لامرد	۰/۱۱۷	۰/۰۴۹	۰/۳۱۲	۱۳/۷۵	۳/۴	۲/۳۷
لار	۰/۰۸۹	-۰/۰۱	۰/۱۸۴	۱۴/۵	۱/۷۸	۱/۵۹
نیریز	۰/۰۶	۰/۰۰۸	۰/۱۲۸	۱۰/۷۸	۱/۲	۲/۱۴
سد درود زن	۰/۱۴۶	۰/۰۷۸	۰/۲۲۳	۱۰/۵۶	۲/۹۲	۳/۰۹
شیراز	۰/۱۳۹	۰/۰۵	۰/۲۲۱	۱۲/۵۱	۲/۷۸	۲/۴۷
تخت جمشید	۰/۱۳۱	۰/۰۳۵	۰/۲۱۵	۱۲/۸۹	۲/۶۲	۲/۵
زرقان	۰/۱۰۷	۰/۰۲۵	۰/۱۸۷	۱۳/۵۸	۲/۱۴	۲/۲۱



مأخذ: نگارندگان



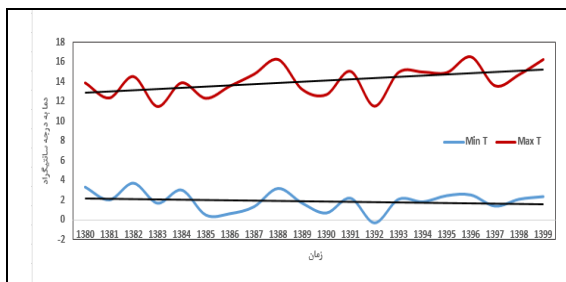
مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۴: نقشه نرخ شیب سن در فصل زمستان بر روی نمایه DTR در ۲۰ سال اخیر در استان فارس
شکل ۱۵: نقشه آماره آزمون من - کندال و نرخ روند فصل زمستان بر روی نمایه DTR ۲۰ سال اخیر در استان فارس

جدول ۱۰: درصد تغییرات مکانی نرخ شیب نمایه DTR در ۲۰ سال اخیر به درجه سانتی گراد در فصل زمستان

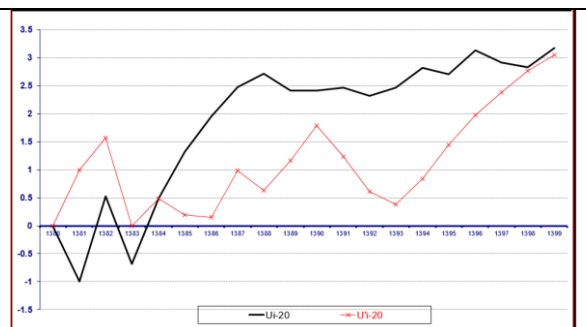
مقدار نرخ شیب نمایه	۳ - ۴	۲ - ۳	۱ - ۲	۰ - ۱
درصد گستردگی مکانی	۰/۳	۳۱/۶	۶۵/۹	۲/۲

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۷: دمای کمینه و بیشینه فصل پاییز در ایستگاه سد درود زن



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۶: آزمون گرافیکی من - کندال ایستگاه سد درود زن در فصل زمستان

بازه زمانی سالانه

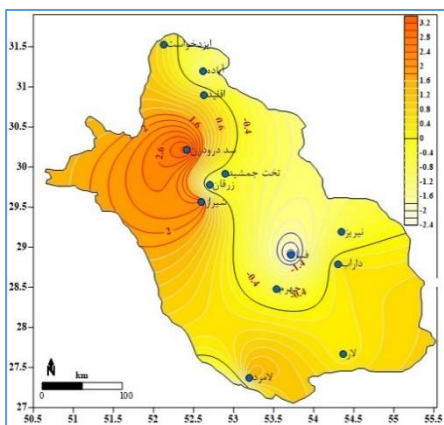
نتایج آزمون شیب سن در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر روی داده‌های نمایه DTR در بازه زمانی سالانه نشان می‌دهد که فقط ایستگاه فسا (بالاترین نرخ کاهش شیب) و ایستگاه‌های سد درود زن و شیراز (بالاترین نرخ افزایش شیب) روند معنی‌دار دارند. میزان نرخ شیب تغییرات نمایه اختلاف دمای شبانه‌روزی در ایستگاه فسا در طی ۲۰ سال اخیر به میزان ۱/۳۴ درجه سانتی‌گراد کاهش و در ایستگاه‌های سد درود زن و شیراز به ترتیب به میزان ۲ و ۲/۲۵ درجه سانتی‌گراد است. بررسی نمودارهای دمای کمینه و بیشینه (شکل ۲۱) ایستگاه فسا نشان داد که دمای کمینه روند افزایشی شدیدی را تجربه نموده است. پراکنش مکانی روند و نرخ شیب تغییرات نشان می‌دهد که ۳۵ درصد از استان شامل بخش‌هایی از

مرکز شرق و شمال شرق استان شب‌های گرم بیشتر و تغییرات منفی شیب را در ۲۰ سال اخیر شاهد بوده‌اند (جدول ۱۲ و شکل ۱۸)؛ اما نیمه غربی و جنوبی استان روزهای گرم بیشتری را تجربه کرده‌اند. تجربه روزهای گرم در ۱۹ درصد گستره استان (بخش‌هایی از غرب) شدیدتر بوده است. آزمون گرافیکی من - کندال در ایستگاه فسا در نمایه سالانه نشان می‌دهد (شکل ۲۰) که کاهش شدید در نمایه از سال ۱۳۸۷ به بعد آغاز شده و ادامه یافته است.

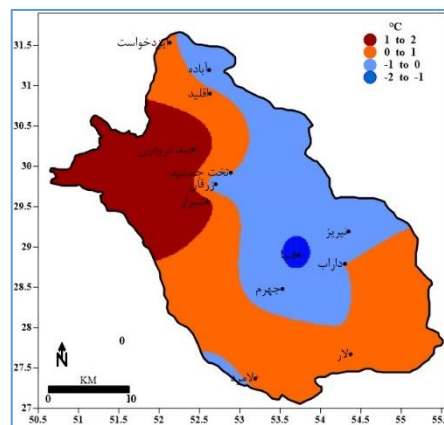
جدول ۱۱: نتایج حاصل از آزمون سن در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای ایستگاه‌های منتخب استان فارس در مقیاس سالانه

نام ایستگاه	Q	Qmin95	Qmax95	B	Qx20	Z
آباده	-۰/۰۲۳	-۰/۰۴۵	۰/۰۲	۱۵/۵۳	-۰/۴۶	-۱/۲۱
داراب	۰/۰۰	-۰/۰۴۱	۰/۰۲۵	۱۵/۶	۰	-۰/۴۳
اقلید	-۰/۰۰۹	-۰/۰۲۵	۰/۰۵	۱۳/۳۴	۰/۱۸	۰/۵۶
ایزد خواست	-۰/۰۰۶	-۰/۰۳۳	۰/۰۶	۱۳/۷۶	۰/۱۲	۰/۵۶
فسا	-۰/۰۶۷	-۰/۱۲۱	-۰/۰۲۱	۱۷/۹۳	-۱/۳۴	-۲/۳۷
چهرم	-۰/۰۲۵	-۰/۰۸۸	۰/۰۳۴	۱۷/۵۶	-۰/۵	-۰/۶۲
لامرد	-۰/۰۵۲	-۰/۰۱	-۰/۱۳۱	۱۶/۷۳	۱/۰۴	۱/۶
لار	۰/۰۰	-۰/۰۶	۰/۰۷۵	۱۶/۳۵	۰	۰/۲
نیریز	-۰/۰۱۳	-۰/۰۵۶	۰/۰۲۲	۱۲/۸۲	-۰/۲۶	-۰/۷۲
سد درود زن	۰/۱	-۰/۰۵	-۰/۱۵۷	۱۳/۰۵	۲	۳/۱۳
شیراز	-۰/۰۶۷	-۰/۰۱۶	۰/۱۲۲	۱۵/۴۸	۱/۳۴	۲/۲۵
تخت جمشید	۰/۰۰	-۰/۰۵۰	۰/۰۳۶	۱۶/۶	۰	-۰/۲۳
زرقان	-۰/۰۳۳	-۰/۰۷۵	۰/۰۲۲	۱۷/۴۷	-۰/۶۶	-۰/۸۵

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

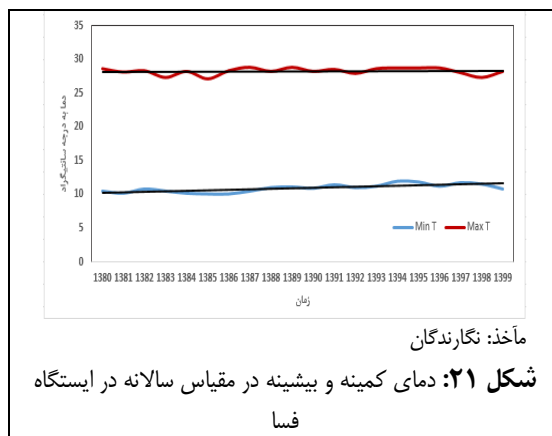
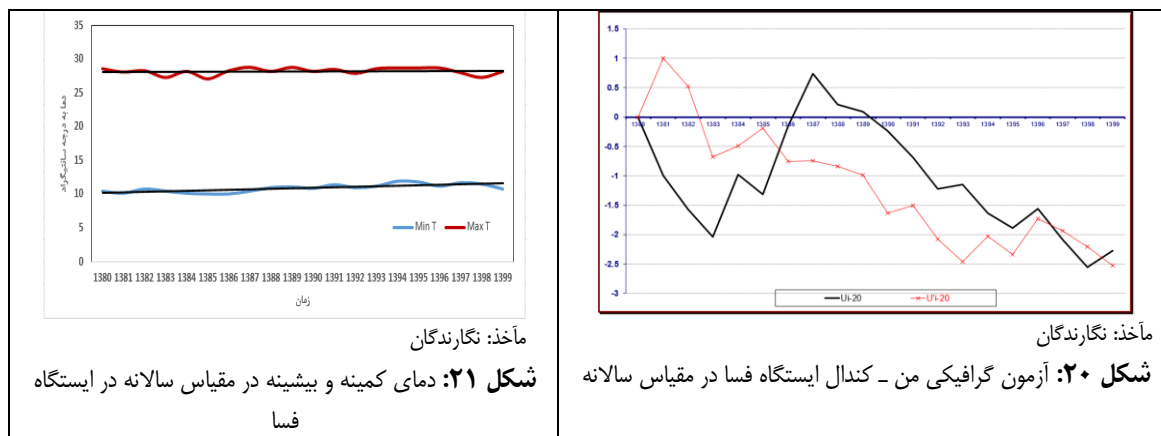
شکل ۱۹: نقشه آماره آزمون من - کندال و نرخ روند مقیاس سالانه بر روی نمایه DTR در ۲۰ سال اخیر در استان فارس

شکل ۱۸: نقشه نرخ شیب سن در مقیاس سالانه بر روی نمایه DTR در ۲۰ سال اخیر در استان فارس

جدول ۱۲: درصد تغییرات مکانی نرخ شیب نمایه DTR در ۲۰ سال اخیر به درجه سانتی‌گراد در مقیاس سالانه

مقدار نرخ شیب نمایه	۱ - ۲	۰ - ۱	۰ - (-۱)	۲ - (-۱)
درصد گستردگی مکانی	۱۹/۱	۴۵/۷	۳۴/۲	۱

مأخذ: نگارندگان



نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد که نیمه شرقی و جنوبی استان بیشتر شاهد کاهش نرخ شیب نمایه و نیمه غربی و شمالی بیشتر شاهد افزایش شیب نمایه در طول دوره آماری مورد مطالعه بوده است که علت آن می‌تواند ناشی از عوامل انسانی مانند افزایش جمعیت و به دنبال آن افزایش توسعه شهری، تغییرات کاربری اراضی و افزایش فعالیت‌های صنعتی باشد. عوامل طبیعی چون افزایش شیب روند، شب‌های گرم، هماهنگی با رویداد گرمایش جهانی و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز می‌تواند منجر به این‌گونه تغییرات در نمایه‌های دما باشد. بیشترین تغییرات مثبت و افزایشی در نمایه در شهرهایی از استان فارس مانند شیراز، فسا، سد درود زن روی داده است که بیشترین افزایش جمعیت یا بیشترین تغییرات کاربری اراضی را در سال‌های اخیر تجربه نموده‌اند. بیشترین نرخ روند و تغییرات از نظر زمانی در فصل تابستان مشاهده شد که بیانگر اهمیت نقش افزایش دمای بیشینه در سال‌های اخیر است. افزایش دمای بیشینه عمدتاً در نتیجه دریافت انرژی بیشتر سطح زمین ناشی از افزایش واداشته‌ای تابشی گازهای گلخانه‌ای، موجهی گرمایی، توسعه شهری، از بین رفتن پوشش گیاهی و جنگلی می‌باشد.

نمایه اختلاف دمای شبانه‌روزی در ایستگاه شیراز پیش‌تر توسط برخی پژوهشگران مانند رحیم زاده (۱۳۸۳) و سبزی پرور (۱۳۹۰) به‌عنوان بخشی از کار ایشان مورد بررسی قرار گرفته است. آن‌ها به نرخ کاهشی در دمای کمینه و نمایه اختلاف دمای شبانه‌روزی در این ایستگاه در دوره‌های گذشته اشاره دارند، در حالی که در دوره مورد مطالعه این پژوهش در شیراز دمای کمینه تغییرات زیادی را تجربه نکرده است اما دمای بیشینه نرخ افزایشی شدیدی را تجربه نموده است.

منابع

- ۱- اسدی، اشرف، حیدری، علی (۱۳۹۰): تحلیل تغییرات سری‌های زمانی دما و بارش شیراز طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۵۱. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۸۵ صص ۱۵۲-۱۳۷.

- ۲- دارند، محمد (۱۳۹۳): واکاوی تغییرات مقادیر حدی بارش و دما در ارومیه به‌عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، شماره ۸۲، صص ۲۹-۱.
- ۳- دارند، محمد (۱۳۹۲): ارزیابی تغییرات نمایه‌های فرین دما بر روی پهنه استان کردستان طی نیم سده اخیر. مخاطرات محیط طبیعی، شماره ۳، صص ۷۵-۹۳.
- ۴- رحیم زاده، فاطمه، عسگری، احمد (۱۳۸۳): نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه‌روزی دمای کشور. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳، صص ۱۵۴-۱۵۶.
- ۵- جوان، خدیجه (۱۳۹۸): بررسی نوسانات دامنه شبانه‌روزی دمای هوای شهر ارومیه و پیش‌بینی آن برای دوره‌های آتی. همایش بین‌المللی تغییر اقلیم، پیامدها، سازگاری و تعدیل، تهران.
- ۶- سبزی پرور، علی‌اکبر، عسگری، راضیه، قیامی شماری، فرشته (۱۳۹۰): ارزیابی روند احتمالی تغییرات اختلاف دمای شبانه‌روزی در برخی اقلیم‌های خشک کشور طی پنج دهه گذشته. پژوهش فیزیکی ایران، شماره ۴۲، صص ۳۷-۲۷.
- ۷- شمس، شیده، موسوی بایگی، سید محمد (۱۳۹۵): بررسی نقطه شکست و روند تغییرات دامنه شبانه‌روزی دمای هوای شهر مشهد. فصل‌نامه آب و خاک، ۴۹: ۱۶۷۳. DOI: 10.22067/JSW.V0I0.40804.
- ۸- عزیزی، قاسم (۱۳۸۳): تغییر اقلیم، چاپ اول، نشر قومس، تهران.
- ۹- علیزاده، امین (۱۳۸۱): اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۱۰- فرج زاده، منوچهر، فیضی، وحید (۱۳۹۱): آشکارسازی تغییرات زمانی و مکانی عناصر دما و بارش در ایران. برنامه‌ریزی و آمایش فضا، شماره ۶۴، صص ۶۷-۴۹.
- ۱۱- محمدی، بختیار (۱۳۹۰): تحلیل روند بارش سالانه ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۴۳، صص ۱۰۶-۹۵.
- ۱۲- منتظری، مجید، روحی، زهرا (۱۳۹۱): تحلیل روند دامنه شبانه‌روزی (DTR) استان اصفهان طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۸، اولین همایش ملی توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک. کد COI مقاله SDARIDR01_188.
- ۱۳- منتظری، مجید (۱۳۹۱): واکاوی روند دامنه شبانه‌روزی (DTR) در ایران، پنجمین کنگره بین‌المللی جغرافیادانان جهان اسلام، کد COI مقاله ICIWG05_174.

- 14- Braganza, K. D. Karoy; J. M. Arblaster (2004): Diurnal Temperature Range As An Index Of Global Climate Change During The Twentieth Century, Geophysical Research Letters, Vol 31: Pp. 13217. Doi:10.1029/2004GL019998, 2004.
- 15- Drápela, K. I. Drápelová (2011): Application Of Mann-Kendall Test And The Sens Slope Stimates For Trend Detection In Deposition Data From B “L K “(Beskydy Mts. The Czech Republic) 1997° 2010. Beskydy, Vol 4 (2), Pp. 133- 146.
- 16- Movahedy, S (2012): Spatio-Temporal Analysis Of Rainfall (Case Study: Caspian Sea Basin, Iran). American Journal Of Scientific Research, Issue 75, Pp. 16-28.
- 17- Salmi, T. A. Määttä, P. Anttila, T. Ruoho, And T, Amnell (2002): Detecting Trends Of Annual Values Of Atmospheric Pollutants By The Mann-Nnn D Tttt Nnd Nnn’s Soop Iiii M The Excel Template Application MAKESENS. Publications On Air Quality, No. 31: Report Code FMI-AQ-11.
- 18- Stone, D. A. Weaver(2003): Factors Contributing To Diurnal Temperature Range Trends In Twentieth And Twenty-First Century Simulations Of The Cccma Coupled Model, Climate Dynamic, Vol 20, Pp. 435-445.
- 19- Sun, X. G. Ren; Q. You (2019): Global Diurnal Temperature Range (DTR) Changes Since 1901. Clim Dyn Vol 52, Pp3343-3356. <https://doi.org/10.1007/S00382-018-4329-6>.
- 20- Xiubao, S. Guoyu. R. Qinglong. Y; Yuyu. R (2018): Global Diurnal Temperature Range (DTR) Changes Since 1901, Climate Dynamics, June 2018. DOI: 10.1007/S00382-018-4329-6.
- 21- Zahraei, A. M.R. Poodineh; S.A. Hosseini (2020): Evaluating The Impacts Of Climate Change On The Diurnal Temperature Range (DTR) In Southeastern Of Iran Using The Outputs Of Aogcms (2020). Model. Earth Syst. Environ. 6: Pp. 943-952. <https://doi.org/10.1007/S40808-020-00730-Z>

- 22- Zhang, X (2005): Trend In Middle East Climate Indices From 1950 To 2003. Journal Of Geophysical Research, Vol 110. Pp 104. DOL. 10:1029/2005JDOO 6181.
- 23- Zihui, W.؛ Z. Yumin؛ L. Ming؛ Y. Huajing؛ X. Shan ؛ H. Xiaoliang؛ O. Yubo؛ Z. Yongbo؛ D. Xianzhong؛ H. Wei؛ L. Chenghao؛ Z. Yiji؛ W. Long؛ X. Min؛ T. Longhui؛ Z. Jinzhen؛ L. Sha؛ W. Fan؛ D. Zhishan؛ T. Heshen؛ P. Jieqi؛ W. Xinwang؛ Z. Nanshan؛ R. Pixin (2020): Association Of Diurnal Temperature Range With Daily Hospitalization For Exacerbation Of Chronic Respiratory Diseases In 21 Cities, China. Respir Res. Vol 21, Pp 251 (2020). <https://doi.org/10.1186/S12931-020-01517-7>
- 24- WMO, (1966): Climate Change. Technical Note No 79.
- 25- WMO, (2000): Detecting Trend And Other Change In Hydrological Data. WMO/ TD- NO. 1013.