

## بررسی روند تغییرات سری‌های دمایی مناطق شرقی ایران به منظور بررسی تغییرات منطقه‌ای

حامد میرحسینی

دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

امیر گندمکار<sup>۱</sup>

دانشیار گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

علی افروس

گروه مهندسی آب، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

علیرضا عباسی

استادیار گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۵

### چکیده

به دلیل اهمیت و تاثیر دما بر شرایط محیطی و نیز نقش آن در برنامه ریزی های مبتنی بر دانسته‌های اقلیمی، بررسی تغییرات دما در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. تغییرات اقلیم و نوسان دما یکی از مسائل مهم زندگی بشر به حساب می آید، با بررسی روند تغییرات میانگین دمای هوا می توان تحولات اقلیمی یک منطقه را ردیابی نمود. پژوهش حاضر با هدف شناسایی تغییرات زمانی- مکانی سری های دمایی حوضه شرق ایران صورت گرفته است. بر مبنای این نگرش از آمار ماهانه متوسط دما، دمای حداکثر و دمای حداقل ایستگاه‌های سرخس، سهند، بیرجند، زابل، زاهدان و سراوان طی مقطع زمانی ۲۰۱۹-۱۹۸۷ استفاده شد. سنجش همگنی داده‌ها توسط آزمون کای اسکور و سنجش بهنجاری داده‌ها با استفاده از آزمون اندرسون - دارلینگ بررسی گردید. جهت داده‌های با توزیع نرمال، آزمون t و روش کمترین مربعات و جهت داده‌های با توزیع غیرنرمال، آزمون آماری - گرافیکی من- کندال استفاده شد. نتایج نشان داد متوسط دما در اکثر ماه‌ها و اکثر ایستگاه‌ها روند افزایشی داشته است. مشهد، بیرجند، زابل و زاهدان تقریباً در تمام ماه‌های سال روند افزایشی داشته اند. روند کاهشی تنها در ایستگاه زاهدان و طی ماه دسامبر مشاهده شد. دمای حداکثر و بخصوص دمای حداقل روند کمتری را نشان دادند و در اکثر ماه‌های سال فاقد روند بوده اند. تغییرات زمانی نشان داد متوسط دما طی ماه‌های گرم سال در ایستگاه‌های بیشتری روند افزایشی نشان داده و در ماه‌های سرد سال ایستگاه‌های کمتری روند نشان دادند. البته غیر از مشهد که تقریباً در اکثر ماه‌های سال روند افزایشی داشته است.

**کلمات کلیدی:** حوضه شرق ایران، دما، روند، من - کندال

## مقدمه

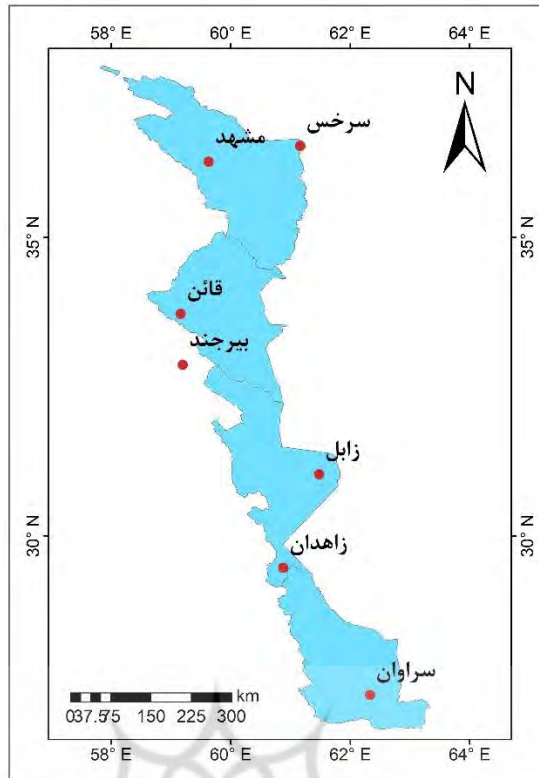
تغییر اقلیم، یکی از مسایل مهم زیست محیطی و مهمترین چالش قرن حاضر می‌باشد که در سالهای اخیر افکار بسیاری از محققان علوم مختلف را مشغول و مطالعات زیادی را به خود اختصاص داده است. دما از پارامترهای مهم آب و هوایی است که تغییر آن منشأ بسیاری از تغییرات زیست محیطی می‌شود؛ در اختیار داشتن اطلاعات اقلیمی از تغییرات پارامترهای اقلیمی نقاط مختلف به یافتن علل این تغییرات و اتخاذ سیاست‌ها و برنامه‌های لازم کمک می‌کند. بررسی تغییرات دما و نقش آن در گرمایش جهانی به سبب آزادسازی گازهای گلخانه‌ای در جو زمینه غالب مطالعات اقلیمی در دهه‌های اخیر بوده است. این مطالعات در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی تقریباً همگی افزایش دما در سده گذشته را تأیید می‌کند. هر چند آهنگ افزایش در همه نقاط یکسان نبوده و در برخی مناطق روندهای منفی نیز گزارش شده است (موحدی و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۵). اثرات تغییرات دما در زندگی انسان‌ها و حتی موجودات دیگر باعث شده که در این رابطه تحقیقات زیادی انجام گیرد. یو و همکاران (۲۰۰۳: ۱۷) روند دمای ماهانه، فصلی و سالانه ژاپن در صدسال گذشته را بررسی کرده‌اند و نشان داده‌اند که دمای سالانه ۴۶ ایستگاه که روند آنها با آزمون من-کندال ارزیابی شده در فاصله سالهای ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۶ بین ۰/۵۱ تا ۲/۷۷ درجه سلسیوس افزایش یافته است. مارنگو و کامارگو (۲۰۰۸: ۸۹۳) از بررسی سری‌های بلند مدت دمای حداکثر و حداقل ایستگاههای جنوب برزیل به این نتیجه رسیدند که روند دمای حداقل افزایش شیب داشته اما روند دمای حداکثر دارای شیب ملایمی بوده است. نتایج تحقیق فیسچر و همکاران (۲۰۱۰، ۱)، در مطالعه روند‌های دما و بارش در حوضه رودخانه ژوجیانگ در جنوب چین نشان داد در دماهای سالانه و دوره‌های گرم روندهای معنی‌دار مثبت در مقابل در داده‌های بارش و دوره‌های سرد روند‌های منفی مشاهده شده است. فان و همکاران (۲۰۱۰) روند مکانی و زمانی دما را در جنوب غرب چین طی دوره‌ی آماری ۲۰۰۴-۱۹۶۱ مطالعه کردند. نتایج نشان داد دمای سالانه، ۰/۳ درجه سانتی‌گراد، دمای تابستان و زمستان به ترتیب ۰/۳۳ و ۰/۲۶ درجه سانتی‌گراد در هر دهه افزایش یافته است. مامتیمین (۲۰۱۱: ۱۱۰۵)، در بررسی روند تغییرات دما در اقلیم بیابان‌های سرد و گرم به این نتیجه دست یافتند که در تابستان و زمستان روندهای متفاوتی طی دوره ۱۹۷۹-۲۰۰۵ وجود دارد. در بیابان‌های گرم روندهای افزایشی در تابستان و زمستان و در بیابان‌های سرد روند مثبت در زمستان و روند منفی در تابستان مشاهده می‌شود. چی و یوکینگ (۲۰۱۲) با بررسی داده‌های دمای چین نشان دادند که پس از سال ۱۹۹۰ روند افزایشی به جز بالای فلات تبت و باریکه‌ای از کنار رود یانگ تسه مشاهده شده است. بیرسان و همکاران (۲۰۱۴) تغییرات دماهای حدی کارپاتیانرا را بررسی و به این نتیجه دست یافتند که پارامترهای حدی سرد از روند کاهشی و شاخص‌های حدی گرم از روند افزایشی برخوردار بوده‌اند. گونسالوز و همکاران (۲۰۱۴) روندهای سالانه و فصلی دما و بارش شمال غربی مدیترانه را بررسی و پیش‌بینی کردند دما در تمام سناریوهای مورد بررسی و به خصوص طی فصل تابستان و در عرضهای بالا افزایش داشته است. در مقابل احتمال می‌رود که متوسط بارش کاهش داشته باشد. یو و لی (۲۰۱۵) در پژوهشی به بررسی روند تغییرات فرین‌های دمایی در شمال چین طی دوره ۱۹۶۰-۲۰۱۱ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که، طی دوره مورد مطالعه تغییرات معنی‌داری در بیشینه‌های دمایی به ویژه در ایستگاه‌های درون این مناطق رخ داده است و البته این افزایش رابطه تنگاتنگی با میانگین دمای ماهانه و سالانه منطقه داشته است. موگوم و همکاران (۲۰۱۶) روند دما در شمال چین را در نواحی بیابانی و شهری با استفاده از آزمون من-کندال و رگرسیون

خطی بررسی کردند. نتایج نشان داد تغییرات دما در فصل بهار در هر دو ناحیه کاهش می یابد ولی در فصل تابستان در ناحیه شهری کاهش و در ناحیه بیابانی افزایش می یابد. لین و همکاران (۲۰۱۷) روند دماهای فرین مناطق شمال غربی چین را با روش رگرسیون خطی و آزمون من کندال بررسی کردند. نتایج نشان داد که با گرمایش جهانی دماهای فرین در این ناحیه نیز رو به افزایش رفته است. لویس و کینگ (۲۰۱۷) تغییرات دمایی استرالیا، آسیا، اروپا و آمریکای شمالی بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزایش دما در قرن ۲۱ با تمام مدل های منطقه ای سازگار می باشد. مسعودیان (۱۳۸۳: ۸۹)، روند دمای ایران را در نیم سده گذشته بررسی و نتیجه گرفت دمای شبانه، روزانه و شبانه روزی ایران به ترتیب با آهنگ سه، یک و دو درجه در هر صد سال افزایش داشته است. زاهدی و همکاران (۱۳۸۶: ۱۸۵) به منظور شناسایی تغییرات زمانی-مکانی دمای شمال غرب ایران از ۱۹ ایستگاه همدید و از روش پارامتری رگرسیون خطی و روش ناپارامتری من-کندال بهره جستند. نتایج حاصله نشان می دهد که میانگین دمای سالیانه در بیشتر مناطق شمال غرب به تدریج افزایش یافته و اکثر مناطق شمالغرب با روند افزایشی دما مواجه بوده و این گرمایش از غرب به شرق بارزتر است. امیدوار و خسروی (۱۳۸۸) با استفاده از آزمون کندال نشان دادند که تغییرات دمای میانگین در هر سه ایستگاه بندرعباس و بوشهر و آبادان مشابه با روند تغییرات دمای حداقل آنهاست و آنچه موجب افزایش دمای میانگین ایستگاه های منطقه شده است بیشتر دمای حداقل بوده است. رحیم زاده و همکاران (۱۳۹۰: ۹۸) به منظور ارزیابی روند و جهش نمایه های حدی در استان ساحلی هرمزگان، با استفاده از روش رگرسیون استنباط کردند که این استان به شدت در معرض افزایش میانگین دما، فراوانی نمایه های حدی گرمایش و کاهش نمایه های حدی سرمایش است. سبزی پرور و همکاران (۱۳۹۰: ۲۷)، روند تغییرات اختلاف دمای شبانه روزی در اقلیم های خشک کشور را طی نیم قرن اخیر بررسی و نشان دادند ۱۸ درصد ایستگاه ها توسط آزمون من - کندال و رگرسیون خطی هیچ روند معنی داری ندارند ولی ۸۲ درصد بقیه ایستگاه ها در اغلب ماه ها دارای روند منفی بودند. رحیم زاده و نساجی زواره (۱۳۹۲: ۱۸۱)، روند و تغییرپذیری دمای ایران را طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۶۰ بررسی و نتایج آنها نشان داد که در ایران روند افزایشی دمای حداقل و حداکثر به ترتیب ۰/۵-۰/۴ و ۰/۳-۰/۲ درجه در دهه بوده است. عطایی و فنایی (۱۳۹۲: ۱۶۷)، در بررسی تغییرات زمانی- مکانی دمای شبانه استان اصفهان دریافتند طی دوره آماری مورد مطالعه در تمام ماه های سال روند افزایشی بر روند کاهش غلبه داشته و دمای شبانه این استان ۲/۶ درجه سانتی گراد افزایش داشته است. باهک (۱۳۹۴: ۲۳۹)، به ارزیابی روند بلندمدت الگوهای زمانی دمای زاهدان پرداخت. نتایج تحقیق وی نشان داد که تمام پارامترهای دما به ویژه در ماه های گرم مارس، ژوئن و آگوست بیش از ۱/۳ و دسامبر و ژانویه به طور متوسط حدود ۰/۹ درجه سانتی گراد افزایش داشته است. کریمی و همکاران (۱۳۹۷: ۷۹) روند تغییرات پارامترهای حدی دما را در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از آزمون من کندال و مدل SDSM بررسی کردند. نتایج حاکی از وجود روند مثبت معنی داری در حداقل و حداکثر دمای ماهانه و سالانه هر سه ایستگاه در دوره اول و سوم است. همچنین در دوره دوم، روند معنی داری در دماهای حدی رامسر و حداکثر دمای رشت دیده نمی شود. مسعودیان و همکاران (۱۳۹۸: ۴۵) فصول دمایی ایران و وردایی آن را طی دهه های اخیر بررسی کردند. نتایج نشان داد آهنگ کاهش آغاز دوره گرما بیشتر از آهنگ کاهش و افزایش پایان دوره گرم بر روی ایستگاه های مورد واکاوی است و یافته های این پژوهش شواهد محکمی بر رخنمود گرمایش حاکم بر گستره ایران زمین و جابه جایی فصول و رژیم دمایی است.

حوضه مرزی شرق در نوار مرزی شرق ایران گسترده شده‌است و بخش‌هایی از استان‌های خراسان رضوی، خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان را دربرمی‌گیرد. این حوضه، از چند چاله بسته مجزا تشکیل شده‌است. شمالی‌ترین چاله، نمکزار خواف است که رود کال شور قائن مهم‌ترین رود منتهی به آن است. پایین‌تر از آن، دق پترگان در نزدیکی حاجی‌آباد در مرز ایران و افغانستان قرار دارد و در جنوب آن، دق تندی قرار گرفته‌است. در میانه حوضه، هامون هیرمند به ارتفاع ۴۶۰ متر از سطح دریا در نزدیکی زابل قرار دارد و بزرگترین دریاچه آب شیرین فلات مرکزی ایران است. اصلی‌ترین رود تغذیه‌کننده آن، هیرمند است که بخش عمده آن در خاک افغانستان جریان دارد. در زمان پربابی، هامون هیرمند به هامون صابری (در مرز ایران و افغانستان) و هامون پوزک (در خاک افغانستان) متصل می‌شود و آب اضافی آن، از طریق رود شیله به شورزار گودزره در افغانستان که پایین‌ترین بخش حوضه است، منتقل می‌شود. هامون مشکیل، دیگر چاله مهم حوضه مرزی شرق است که در خاک افغانستان قرار دارد و رودهای ناحیه مرکزی سیستان و بلوچستان را زهکشی می‌کند. کوه‌های کم‌ارتفاع در شمال، غرب و جنوب این حوضه، آن را از حوضه‌های مجاور جدا می‌کند.

منطقه مورد مطالعه حوضه‌های شرق ایران شامل قره قوم، خواف، هامون هیرمند و هامون مشکین می‌باشد. در این منطقه ایستگاه‌های سرخس، سهند، بیرجند، زابل، زاهدان و سراوان به عنوان نماینده این حوضه‌ها مورد استفاده و مطالعه قرار می‌گیرند. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی این منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است.

یکی از عوامل سازنده محیط‌زیست و شاید یکی از اساسی‌ترین آن‌ها اقلیم است. شناخت اقلیم، در بررسی فعالیت‌های مختلف انسان در زمینه‌های گوناگون چون کشاورزی، محیط‌زیست، شهرسازی، حمل‌ونقل، جهانگردی و دیگر کارهای اجتماعی، اقتصادی و بهداشتی، نخستین و ضروری‌ترین مرحله است زیرا در بین علوم به ویژه علوم مربوط به زمین، کمتر دانشی است که به اقلیم‌شناسی نیازمند نباشد. از آنجا که دما از عناصر اصلی شکل‌گیری اقلیم است، تغییرات آن می‌تواند ساختار آب و هوایی هر محل را دگرگون سازد. بررسی روند دما در مقیاس‌های مختلف زمانی - مکانی بخش بزرگی از ادبیات اقلیم‌شناسی را به خود اختصاص داده است (اسدی و مسعودیان، ۱۳۹۳: ۶۰). در واقع نظریات مختلفی برای توجیه روند تغییرات اقلیمی ارائه شده که از آن جمله می‌توان به تئوری چگالی انرژی خورشید، تئوری گلخانه‌ای و گرد و غبار آتشفشانی اشاره کرد، اما معتبرترین نظریه در این زمینه، تئوری گلخانه‌ای است. طبق گزارش‌های هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم انتشار گازهای گلخانه‌ای در دهه‌های گذشته در جو زمین، خروج امواج حرارتی (طول موج بلند) از زمین با موانع بیشتری روبه‌رو شده که افزایش دمای هوا را به دنبال داشته است و میزان این افزایش به میزان ۰/۳ تا ۰/۶ درجه سانتیگراد بوده که در دهه‌های اخیر شتاب بیشتری یافته است (امیدوار و خسروی، ۱۳۸۹: ۳۴-۳۳).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

پژوهش حاضر با هدف بررسی روند تغییرات دمایی حوضه‌های شرقی ایران صورت گرفته است. منطقه مورد بررسی در بخش گرم و کم ارتفاع شرقی کشور قرار دارد که تحت تاثیر سامانه‌های پرفشار سیبری، همچنین ارتفاع کم، دوری از منابع رطوبتی، اقلیم آن نسبت به کل کشور متفاوت است. مساله اصلی در این پژوهش بررسی روند تغییرات دما در ایران شرقی (خراسان شمالی، خراسان رضوی، خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان) می باشد. نتایج حاصل شده در پیش بینی و آینده پژوهی نقش بسزایی خواهد داشت و ازین روی در زمان وقوع مخاطرات، امواج گرمایی، امواج سرمایی، خشکسالی ها و خطرات ناشی از آنها با برنامه ریزی و مدیریت صحیح می توان تصمیمات درستی گرفت. در زمینه مشخص کردن روند تغییرات بلند مدت هوا و همچنین در اقلیم کشاورزی (مانند پیش آگاهی و هشدار یخ زدن درختان و مراتع، توصیه به کشت نوع درختان متناسب با ترسالی یا خشکسالی و...) نیز بسیار مفید خواهد بود. همچنین برای پیش بینی و برنامه ریزی و پیش آگاهی در زمینه‌های معماری، مسکن، گردشگری، منابع آب و... مفید می باشد.

#### یافته‌های تحقیق

جهت بررسی روند تغییرات دمایی در منطقه مورد مطالعه از آمار متوسط دما، دمای حداکثر و دمای حداقل ایستگاه‌های مشهد، سرخس، بیرجند، زابل، زاهدان و سراوان طی دوره آماری ۲۰۱۹-۱۹۸۷ در مقیاس ماهانه استفاده شد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است. ابتدا سنجش همگنی داده‌های مورد مطالعه با استفاده از آزمون کای اسکور و سنجش بهنجاری آنها با استفاده از آزمون اندرسون دارلینگ انجام پذیرفت. با توجه به اینکه داده‌ها از هر دو نوع توزیع نرمال و غیرنرمال برخوردار بودند؛ جهت داده‌های غیرنرمال از

آزمون ناپارامتری من- کندال و جهت داده‌های نرمال نیز از آزمون های t و کمترین مربعات استفاده شد. در ادامه جهت شناسایی تغییرات جزئی و کوتاه مدت نمودارهای من- کندال ترسیم و تغییرات کوتاه مدت و نقطه آغاز این تغییرات شناسایی گردید.

### آزمون آماری - گرافیکی من- کندال

این آزمون ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارایه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت (سرانو، ۱۹۹۹، ۸۵). این روش بطور متداول و گسترده ای در تحلیل روند سری های هیدرولوژیکی و هواشناسی بکار گرفته می شود (لتنمایر، ۱۹۹۴، ۵۸۶). از نقاط قوت این روش می توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری های زمانی ای که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی کنند اشاره نمود. اثر پذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری های زمانی مشاهده می گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (تورگی، ۲۰۰۵). این آزمون برای تعیین تصادفی بودن و روند در سری ها استفاده می شود. در صورت وجود روند، داده‌ها غیرتصادفی بوده و برای تعیین تصادفی بودن داده‌ها از رابطه (۱) استفاده می شود (فرج زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

$$T = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

T آماره من کندال و P مجموع تعداد رتبه‌های بزرگتر از ردیف ni که بعد از آن قرار می گیرند و از رابطه (۲) به دست می آید:

$$p = \sum_{i=1}^{N-1} ni \quad \text{(رابطه ۲)}$$

این آماره برای  $N > 10$  به توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس  $\frac{4N+10}{9N(N-1)}$  شبیه است. بنابراین آزمون معنی داری آن از رابطه (۳) قابل محاسبه می باشد:

$$(T)_i = \pm tg \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

در این رابطه tg برابر با مقدار بحرانی توزیع نرمال استاندارد (z) بر اساس احتمال ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ می باشد. در صورت اعمال این مقدار، مقدار، t در این تحقیق برابر  $\pm ۰/۲۴$  می شود. حال با توجه به مقدار بحرانی به دست آمده اگر  $(T)_i > T$  یعنی  $(T)_i > ۰/۲۴$  باشد هیچ گونه روند مهمی در سری ها مشاهده نمی شود و سری ها تصادفی هستند و اگر  $(T)_i < -T$  یعنی  $(T)_i < -۰/۲۴$  شد روند منفی در سری ها و اگر  $(T)_i > +T$  یعنی  $(T)_i > +۰/۲۴$  باشد روند مثبت در سری ها غالب خواهد بود. جهت شناسایی روند های جزئی و کوتاه مدت، نقاط جهش و نقاط شروع روند سری های زمانی از نمودار سری زمانی بر حسب مقادیر  $ui$  و  $ui'$  استفاده می گردد.

این آزمون با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون مورد استفاده قرار می گیرد. عدم همبستگی سری ها در این آزمون دلالت بر عدم روند آنها دارد. آزمون مذکور با استفاده از رابطه های زیر به دست می آید (جاوری، ۱۳۸۸: ۶۸):

$$t_r = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$r = \frac{SS_{ty}}{\sqrt{SS_{tt} \times SS_{yy}}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$SS_{tt} = \sum t^2 - \frac{(\sum t)^2}{n} = \frac{n(n^2-1)}{12} \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$SS_{ty} = \sum ty - \frac{(\sum t) \times (\sum y)}{n} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$SS_{yy} = \sum y^2 - (\sum y)^2 \quad \text{رابطه (۸)}$$

قاعده تصمیم گیری:  $H_0 \text{ if } |t_r| > t_{\alpha/2}$

چنان چه مقدار به دست آمده از آزمون از مقدار جدول t student کمتر باشد فرض صفر رد نمی شود و سری روند ندارد اما اگر بزرگتر باشد سری روند دارد.

## ۲. روش کمترین مربعات

مهمترین روش محاسبه و تحلیل روند، روش کمترین مربعات می باشد. در این روش معادله خط برازش طوری تشکیل می شود که مجموع مربعات توان های دوم انحراف های عمودی از خط برازش شده، حداقل شود. برآورد خط برازش شده را با استفاده از رابطه های زیر می توان به دست آورد (همان منبع، ۸۵):

$$\hat{Y}_t = \hat{T}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1.t \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \frac{n+1}{2} \hat{\beta}_1 \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{12 \times ss_{ty}}{n - (n^2 - 1)} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$ss_{ty} = \sum ty - \frac{n-1}{2} \sum y \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

$$ss_{tt} = \frac{n(n^2 - 1)}{12} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

روند تغییرات سری های مورد مطالعه با استفاده از آزمون های من کندال و t بررسی شدند. در جداول (۱) تا (۳) نتایج این آزمون ها ارایه شده است. در این جداول خانه های هیالایت شده توسط آزمون t محاسبه شده است. با توجه به آزمون من- کندال و دوره آماری مورد مطالعه در صورتی که اعداد به دست آمده از روند از ۰/۲۴ + بزرگتر باشند دارای روند افزایشی و در صورتی که از ۰/۲۴ - کوچکتر باشند دارای روند می باشند. در صورتی که مقادیر به دست آمده بین دامنه ۰/۲۴ ± قرار گیرند فاقد روند می باشند. در آزمون t نیز با توجه به دوره آماری این پژوهش در

صورتی که اعداد به دست آمده بزرگتر از  $10.5/2$  باشند دارای روند می باشند و در صورتی که کوچکتر از آن باشند فاقد روند می باشند. در این جداول اعداد دارای روند با علامت ستاره مشخص شده اند. نتایج حاصل از بررسی روند متوسط دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه حاکی از آن است که طبق آزمون من کندال در ایستگاه مشهد ماه‌های مارس، ژولای، آگوست و اکتبر؛ ماه مه در ایستگاه سرخس؛ ماه اکتبر در ایستگاه بیرجند؛ ماه‌های آگوست و سپتامبر در ایستگاه زابل؛ و ماه ژولای در ایستگاه‌های زاهدان و سراوان از روند افزایشی برخوردار می باشند. لازم به ذکر است ماه دسامبر در ایستگاه زاهدان از روند کاهشی برخوردار می باشد. طبق آزمون  $t$  در ایستگاه مشهد ماه‌های فوریه، مه، ژوئن و سپتامبر؛ ماه نوامبر در ایستگاه سرخس، در ایستگاه بیرجند ماه‌های مارس، آوریل، مه، ژوئن؛ در ایستگاه زابل ماه‌های مارس، آوریل، مه، ژوئن، ژولای و اکتبر؛ ماه‌های مارس، آوریل، مه، ژوئن، سپتامبر، اکتبر در ایستگاه زاهدان و ماه‌های مارس، آوریل و اکتبر در ایستگاه سراوان روند دار می باشند. نتایج حاصل از این پژوهش که نشان دهنده روند افزایشی دما در حوضه شرق ایران می باشد با نتایج حاصل از پژوهش بنایان و همکاران (۱۳۸۹: ۱۱۸) مبنی بر افزایش دما در شمال شرق ایران هم خوانی دارد. نتایج به دست آمده شاهدهی بر این ادعاست که تحولات اقلیمی و افزایش دما حاصل رویدادهای گسترده ای است که عوامل مختلفی در وقوع آن نقش دارند و وابسته به یک عامل به تنهایی نمی باشد. اگرچه عوامل به وجود آورنده این افزایش در مقیاس جهانی می باشد ولی اثرات آن در همه مناطق به یک شکل ظاهر نمی شود و در مقیاس زمانی و مکانی متفاوت می باشد.

جدول ۱- نتایج آزمون من- کندال و  $t$  بر روی داده‌های متوسط دما

	مشهد	سرخس	بیرجند	زابل	زاهدان	سراوان
ژانویه	*۰/۲۹	۰/۰۹	۰/۲۱	۰/۱	۰/۱۷	۱/۲۴
فوریه	*۲/۰۵	۰/۳۸	۱/۷۲	۱/۷۲	۰/۱۷	-۱/۱۸
مارس	*۰/۳۴	۰/۲۲	*۳/۹	*۳/۸	*۳/۸	*۳/۳۳
آوریل	۰/۱۹	۰/۲۴	*۲/۷۶	*۳/۰۸	*۲/۷۶	*۲/۷۶
مه	*۴	*۰/۲۴	*۲/۱۸	*۳/۵۱	*۲/۶۸	۱/۹۱
ژوئن	*۳/۸	-۰/۹۴	*۲/۰۵	*۴/۸۱	*۲/۸۴	۱/۲۹
ژولای	*۰/۴۴	-۰/۰۳	۱/۹۱	*۶/۲۱	*۰/۳۵	*۰/۳۳
آگوست	*۰/۲۴	-۰/۱۴	۰/۵۵	*۰/۳۲	۰/۱	۱/۲۹
سپتامبر	*۳/۸	۰	۰/۶۱	*۰/۳۹	*۲/۱۱	۱/۲۴
اکتبر	*۰/۲۶	-۰/۱۹	*۰/۳۳	*۳/۱۶	*۳/۷	*۲/۹۲
نوامبر	-۰/۰۸	*-۲/۴۶	-۰/۸۳	-۰/۰۵	-۰/۴۱	-۰/۰۵
دسامبر	۰/۰۱	-۰/۱۹	-۰/۱۴	-۰/۱۷	-۰/۲۵	-۰/۱۹

\* ماه‌های رونددار

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

همان گونه که در جدول (۲) مشاهده می شود طبق آزمون من کندال دمای حداکثر در ایستگاه مشهد طی ماه‌های ژانویه، مارس و آگوست؛ در ایستگاه سرخس طی ماه‌های مه، ژولای، آگوست؛ در ایستگاه بیرجند طی ماه‌های آوریل و مه؛ در ایستگاه زابل طی ماه آگوست؛ و در ماه اکتبر ایستگاه سراوان از روند افزایشی در سطح معناداری ۹۵ درصد برخوردار می باشد. با توجه به نتایج حاصل از آزمون  $t$  ماه سپتامبر در ایستگاه مشهد؛ ماه‌های مارس و اکتبر در ایستگاه سرخس؛ ماه‌های ژانویه، مارس و اکتبر در ایستگاه بیرجند؛ ماه‌های ژانویه، مارس، مه تا ژولای و اکتبر در ایستگاه زابل؛ ماه‌های ژانویه، مارس و ژولای در ایستگاه زاهدان و ماه مارس از ایستگاه سراوان رونددار می باشند. نتایج حاصل از پژوهش شمس و موسوی (۱۳۹۳: ۴۶) نیز نشان دهنده افزایش دمای مشهد طی ۶۰ سال گذشته می باشد و با نتایج حاصل از این پژوهش مبنی بر روند افزایشی دمای مشهد هم خوانی دارد. آنها دریافتند که دمای



حداکثر و دمای حداقل مشهد رو به افزایش می باشد و این در حالی است که روند افزایش دمای حداقل بیشتر از دمای حداکثر می باشد. آنها بیان کردند که این افزایش دما هم ناشی از افزایش گازهای گلخانه ای و هم ناشی از چرخه طبیعی می باشد.

جدول ۲- نتایج آزمون من- کندال و t بر روی داده های دمای حداکثر

مشهد	سرخس	بیرجند	زابل	زاهدان	سراوان
*۰/۳۵	۰/۲	*۲/۶۱	*۲/۶۸	*۲/۴۶	۰/۱۶
۰/۱۴	۱/۹۱	۰/۱۴	۱/۷۲	۰/۱۷	۱/۴۱
*۰/۳۷	*۴	*۳/۳۳	*۴/۴۴	*۲/۴۶	*۲/۵۳
۰/۱۴	۱/۲۹	*۰/۲۵	۰/۳۹	۱/۷۹	۱/۲۴
*۰/۳۳	*۰/۳۲	*۰/۱۵	*۲/۳۹	۰/۱۱	۰/۸۹
۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۰۵	*۲/۱۸	۰/۰۹	-۰/۵۵
۰/۲۱	*۰/۴	۰/۱	*۳/۹	*۲/۰۵	۰/۰۸
*۰/۴	*۰/۲۷	۰/۳۸	*۰/۲۶	۰/۹۴	۱/۶۶
*-۴/۶۸	-۰/۱۲	-۰/۰۷	۰/۸۳	-۰/۰۲	-۰/۱۴
۱/۴۷	*۲/۱۸	*۲/۳۲	*۳	۰/۲۳	*۰/۲۴
-۰/۷۲	-۰/۱۰	-۰/۶۱	۰/۴۴	-۱/۲۴	۰/۰۱
۰/۱	-۰/۳۱	۰/۲۷	۱/۶۶	۱/۷۹	۱/۷۲

\* ماه های رونددار

منبع: یافته های پژوهش، ۱۳۹۹

با توجه به جدول (۳) و نتایج حاصل از آزمون من کندال، دمای حداقل ایستگاه مشهد در ماه های مه و ژوئن، در ایستگاه سرخس ماه های ژانویه، مه و ژوئن؛ ماه مه در ایستگاه های بیرجند، زابل و زاهدان؛ ماه های آوریل، ژولای و سپتامبر در ایستگاه سراوان از روند افزایشی برخوردار می باشند. نتایج آزمون t نیز نشان داد که ماه سپتامبر در ایستگاه های مشهد و سرخس، ماه های آوریل و سپتامبر در ایستگاه بیرجند؛ ماه دسامبر در ایستگاه زابل؛ ماه های آوریل، سپتامبر و اکتبر در ایستگاه زاهدان و ماه های مارس و اکتبر در ایستگاه سراوان رونددار می باشند. در مجموع نتایج حاصل از بررسی روند سری های دمایی مورد مطالعه با نتایج حاصل از پژوهش طاوسی و همکاران (۱۳۸۹: ۹) مبنی بر افزایش دمای زاهدان هم آهنگ می باشد. آنها بیان کردند که افزایش دمای مشاهده شده بیشتر ناشی از افزایش دمای حداقل می باشد و این افزایش دما با افزایش دمای جهانی همخوانی دارد و از آن تبعیت می کند.

جدول ۳- نتایج آزمون من- کندال و t بر روی داده های دمای حداقل

مشهد	سرخس	بیرجند	زابل	زاهدان	سراوان
۰/۱۳	*۰/۲۴	۰/۱۲	-۰/۲۱	-۰/۰۷	۰/۷۲
۰/۸۳	-۰/۰۵	۰/۵۵	-۰/۶۱	۰/۲۲	۰/۰۲
۰/۰۹	-۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۶۶	۰/۱۹	*۲/۲۵
۰/۷۲	-۰/۱۳	*۲/۱۸	۰/۱	*۲/۴۶	*۰/۲۹
*۰/۴۳	*۰/۳۴	*۰/۲۷	*۰/۳	*۰/۲۷	۰/۲
*۰/۳۸	*۰/۲۲	۰/۸۹	۰/۱۴	۰/۸۳	۰/۱۸
۰/۱۶	۰/۱۹	-۰/۰۲	۰/۰۴	۱/۴۱	*۰/۳۱
-۰/۰۲	۰/۰۲	-۰/۱	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۱۳
*۳/۰۸	*۲/۲۵	*۲/۲۵	۱	*۲/۷۶	*۰/۳۴
۱/۷۹	۱/۶۶	۱/۸۵	۱/۸۵	*۳/۲۵	*۳/۱۶
۰/۰۵	-۰/۰۱	۰/۷۷	-۰/۳۱	-۰/۰۴	۱
-۰/۱	-۰/۱۳	-۰/۹۴	*-۲/۰۵	-۰/۱۲	-۰/۰۲

\* ماه های رونددار

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

در ادامه بر روی داده‌هایی که از توزیع نرمال برخوردار بودند و طبق آزمون t رونددار بودند آزمون کمترین مربعات انجام و مدل سری تحلیلی و مدل سری پیش بینی آنها به دست آمد. در جداول (۴) تا (۶) نتایج حاصل از این آزمون ارائه شده است. در پارامتر متوسط دما در ایستگاه مشهد طی ماه‌های فوریه، مه، ژوئن، سپتامبر؛ در ایستگاه بیرجند طی ماه مارس، آوریل، مه، ژوئن؛ در ایستگاه زابل طی ماه‌های مارس، آوریل، مه، ژوئن، سپتامبر، اکتبر؛ و در ایستگاه سراوان طی ماه‌های مارس، آوریل و اکتبر دما از روند افزایشی داشته است. مدل پیش بینی آنها نیز افزایش دما در آینده را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که در ایستگاه سرخس طی ماه نوامبر دما از روند کاهشی برخوردار بوده و مدل پیشی بینی به دست آمده نیز کاهش دما در آینده را نشان می‌دهد.

جدول ۴- ضرایب آزمون رگرسیون خطی بر روی داده‌های متوسط دما

ماه	ضریب همبستگی	ضریب تعیین	آماره F	مدل سری تحلیلی	مدل سری پیش بینی شده
فوریه مشهد	۰/۳۵*	۰/۱۲	۴/۴۴	$t_{0.09} + 2.73y =$	$0.09 + p2.73y =$
مه مشهد	۰/۵۹**	۰/۳۴	۱۶/۰۲	$t_{0.13} + 1.875y =$	$0.13 + p1.875y =$
ژوئن مشهد	۰/۵۷**	۰/۳۳	۱۴/۸۷	$t_{0.07} + 2.09y =$	$0.07 + p2.09y =$
سپتامبر مشهد	۰/۵۷**	۰/۳۳	۱۵/۱۶	$t_{0.08} + 2.043y =$	$0.08 + p2.043y =$
نوامبر سرخس	۰/۴۱*	۰/۱۶	۶/۰۶	$t_{-0.1} + 1.348y =$	$0.1 - p1.348y =$
مارس بیرجند	۰/۵۸**	۰/۳۳	۱۵/۲۴	$t_{0.12} + 9.46y =$	$0.12 + p9.46y =$
آوریل بیرجند	۰/۴۵**	۰/۲	۷/۷۲	$t_{0.076} + 1.632y =$	$0.076 + p1.632y =$
مه بیرجند	۰/۳۷*	۰/۱۴	۴/۹	$t_{0.075} + 2.18y =$	$0.075 + p2.18y =$
ژوئن بیرجند	۰/۳۵*	۰/۱۲	۴/۱۸	$t_{0.046} + 2.64y =$	$0.046 + p2.64y =$
مارس زابل	۰/۵۷**	۰/۳۲	۱۴/۴	$t_{0.13} + 1.505y =$	$0.13 + p1.505y =$
آوریل زابل	۰/۴۹**	۰/۲۴	۹/۵۹	$t_{0.086} + 2.24y =$	$0.086 + p2.24y =$
مه زابل	۰/۵۴**	۰/۳	۱۲/۹	$t_{0.12} + 2.736y =$	$0.12 + p2.736y =$
ژوئن زابل	۰/۶۶**	۰/۴۴	۲۳/۵۷	$t_{0.09} + 3.202y =$	$0.09 + p3.202y =$
ژولای زابل	۰/۷۵**	۰/۵۶	۳۸/۷	$t_{0.09} + 3.349y =$	$0.09 + p3.349y =$
اکتبر زابل	۰/۵**	۰/۲۵	۱۰/۱۴	$t_{0.09} + 2.07y =$	$0.09 + p2.07y =$
مارس زاهدان	۰/۵۷**	۰/۳۲	۱۴/۵۳	$t_{0.11} + 1.346y =$	$0.11 + p1.346y =$
آوریل زاهدان	۰/۴۵**	۰/۲	۷/۶	$t_{0.07} + 1.979y =$	$0.07 + p1.979y =$
مه زاهدان	۰/۴۴*	۰/۱۹	۷/۳۷	$t_{0.08} + 2.456y =$	$0.08 + p2.456y =$
ژوئن زاهدان	۰/۴۶**	۰/۲۱	۸/۱۹	$t_{0.05} + 2.834y =$	$0.05 + p2.834y =$
سپتامبر زاهدان	۰/۳۶**	۰/۱۳	۴/۷	$t_{0.05} + 2.311y =$	$0.05 + p2.311y =$
اکتبر زاهدان	۰/۵۶**	۰/۳۱	۱۳/۷	$t_{0.09} + 1.733y =$	$0.09 + p1.733y =$
مارس سراوان	۰/۵۲**	۰/۲۷	۱۱/۳۳	$t_{0.08} + 1.679y =$	$0.08 + p1.679y =$
آوریل سراوان	۰/۴۵**	۰/۲۱	۸/۰۲	$t_{0.07} + 2.293y =$	$0.07 + p2.293y =$
اکتبر سراوان	۰/۴۷**	۰/۲۲	۸/۸۹	$t_{0.06} + 2.186y =$	$0.06 + p2.186y =$

\* معناداری در سطح ۹۵ درصد \*\* معناداری در سطح ۹۹ درصد

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

نتایج مدل کمترین مربعات بر روی پارامتر دمای حداکثر نشان داد در ماه‌های مارس و اکتبر ایستگاه سرخس؛ طی ماه‌های ژانویه، مارس، اکتبر در ایستگاه بیرجند؛ طی ماه‌های ژانویه، مارس، مه، ژوئن، ژولای در ایستگاه زابل؛ طی ماه‌های ژانویه، مارس و ژولای در ایستگاه زاهدان و طی ماه مارس در ایستگاه سراوان دما از روند افزایشی برخوردار بوده و مدل پیشی بینی آن نیز بیانگر آن است که در آینده نیز افزایش خواهد داشت. تنها در ماه سپتامبر در ایستگاه مشهد روند کاهشی دمای حداکثر مشاهده شد و مدل پیش بین آن نیز کاهش آن در آینده را نشان داد.

جدول ۵- ضرایب آزمون رگرسیون خطی بر روی داده‌های دمای حداکثر

ماه	ضریب همبستگی	ضریب تعیین	آماره F	مدل سری تحلیلی	مدل سری پیش بینی شده
سپتامبر مشهد	۰/۰۶	۰/۰۰۴	۰/۱۲	$t_{-0.01} + 3.603y =$	$0.01 - p3.603y =$

مارس سرخس	** / ۴۲	۰ / ۱۸	۶ / ۶۵	$t_{0/1} + 29/46y =$	$0/1 + p29/56y =$
اکتبر سرخس	* / ۳۷	۰ / ۱۴	۴ / ۹	$t_{0/11} + 34/69y =$	$0/11 + p34/69y =$
ژانویه بیرجند	* / ۴۳	۰ / ۱۹	۷ / ۰۴	$t_{0/11} + 16/4y =$	$0/11 + p16/51y =$
مارس بیرجند	** / ۵۲	۰ / ۲۷	۱۱ / ۲	$t_{0/16} + 23/4y =$	$0/16 + p23/67y =$
اکتبر بیرجند	* / ۳۹	۰ / ۱۵	۵ / ۶	$t_{0/08} + 30/21y =$	$0/08 + p30/29y =$
ژانویه زابل	** / ۴۴	۰ / ۱۹	۷ / ۳۵	$t_{0/1} + 20/87y =$	$0/1 + p20/87y =$
مارس زابل	** / ۶۳	۰ / ۴	۲۰ / ۵۱	$t_{0/24} + 29/4y =$	$0/24 + p29/66y =$
مه زابل	* / ۴	۰ / ۱۶	۵ / ۸۸	$t_{0/09} + 42/27y =$	$0/09 + p42/37y =$
ژوئن زابل	** / ۳۷	۰ / ۱۳	۴ / ۸	$t_{0/09} + 45/01y =$	$0/09 + p45/08y =$
ژولای زابل	** / ۵۸	۰ / ۳۴	۱۵ / ۹۶	$t_{0/09} + 44/85y =$	$0/09 + p44/94y =$
اکتبر زابل	** / ۱۵	۰ / ۰۲	۰ / ۷	$t_{0/02} + 41/87y =$	$0/02 + p41/89y =$
ژانویه زاهدان	* / ۴۱	۰ / ۱۷	۶ / ۱۶	$t_{0/09} + 20/6y =$	$0/09 + p20/37y =$
مارس زاهدان	* / ۴۱	۰ / ۱۷	۶ / ۱۸	$t_{0/1} + 27/36y =$	$0/1 + p27/46y =$
ژولای زاهدان	* / ۳۱	۰ / ۰۹	۳ / ۲۵	$t_{0/05} + 33/12y =$	$0/05 + p33/17y =$
مارس سراوان	* / ۴۲	۰ / ۱۸	۶ / ۶۵	$t_{0/1} + 29/46y =$	$0/1 + p29/56y =$

\* معناداری در سطح ۹۵ درصد \*\* معناداری در سطح ۹۹ درصد

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

همان گونه که در جدول (۶) مشاهده می شود دمای حداقل در ماه سپتامبر در ایستگاه‌های مشهد و سرخس؛ در ماه‌های آوریل و سپتامبر در بیرجند؛ طی ماه‌های آوریل، سپتامبر و اکتبر در ایستگاه زاهدان؛ در ماه اکتبر ایستگاه سراوان روند افزایشی داشته است. مدل پیش بینی روند نیز افزایش آنها در آینده را نشان می دهد. در ایستگاه زابل طی ماه دسامبر دمای حداقل روند کاهشی داشته و پیش بینی آن نیز حاکی از کاهش آن در آینده می باشد. داودی و همکاران (۱۳۸۹: ۳۵) نیز در مطالعه خود در بررسی روند و پیش بینی دمای مشهد به این نتیجه دست یافتند که روند دمای مشهد با آهنگ تندی رو به افزایش می باشد و از روند افزایشی معنی دار برخوردار می باشد. این نتایج با نتایج بدست آمده از این تحقیق نیز همخوانی دارد. همچنین ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند که روند دمای مشهد طی اکثر ماهها افزایشی می باشد. با توجه به وجود تغییرات مشهود در دشت مشهد آنها از تغییرات به وجود آمده به عنوان نمایه ای از تغییرات اقلیمی نام بردند. در پژوهشی دیگر لطفی و احمدی (۱۳۹۲) و فیضی و همکاران (۱۳۸۹) روند دمای جنوب شرق ایران را بررسی و بیان کردند که دما در جنوب شرق ایران و از جمله ایستگاه‌های زابل و زاهدان از روند افزایشی معنی داری برخوردار می باشد؛ لذا نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج آنها همخوانی دارد.

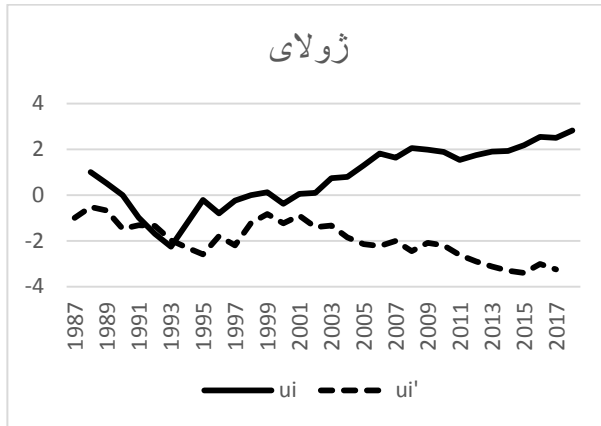
جدول ۶- ضرایب آزمون رگرسیون خطی بر روی داده‌های دمای حداقل

ماه	ضریب همبستگی	ضریب تعیین	آماره F	مدل سری تحلیلی	مدل سری پیش بینی شده
سپتامبر مشهد	** / ۱۵	۰ / ۰۲	۰ / ۷۸	$t_{0/07} - 9/45y =$	$0/07 + p-9/38y =$
سپتامبر سرخس	* / ۳۸	۰ / ۱۵	۵ / ۲	$t_{0/08} + 8/3y =$	$0/08 + p8/38y =$
آوریل بیرجند	* / ۳۷	۰ / ۱۴	۴ / ۸۷	$t_{0/087} - 0/79y =$	$0/087 + p0/087y =$
سپتامبر بیرجند	* / ۳۸	۰ / ۱۵	۵ / ۳۲	$t_{0/099} + 4/17y =$	$0/099 + p4/26y =$
دسامبر زابل	* / ۳۵	۰ / ۱۲	۴ / ۳۲	$t_{0/11} - 1/49y =$	$-0/11p - 1/6y =$
آوریل زاهدان	* / ۴۱	۰ / ۱۶	۶ / ۱۱	$t_{0/1} + 3/15y =$	$0/1 + p3/25y =$
سپتامبر زاهدان	** / ۴۵	۰ / ۲۱	۸	$t_{0/11} + 6/84y =$	$0/11 + p6/95y =$
اکتبر زاهدان	** / ۵۱	۰ / ۲۶	۱۰ / ۹	$t_{0/15} + 1/01y =$	$0/15 + p1/16y =$
مارس سراوان	* / ۳۸	۰ / ۱۴	۵ / ۱۵	$t_{0/09} + 2/89y =$	$0/09 + p2/89y =$
اکتبر سراوان	** / ۵	۰ / ۲۵	۱۰ / ۰۱	$t_{0/12} + 6/55y =$	$0/12 + p6/17y =$

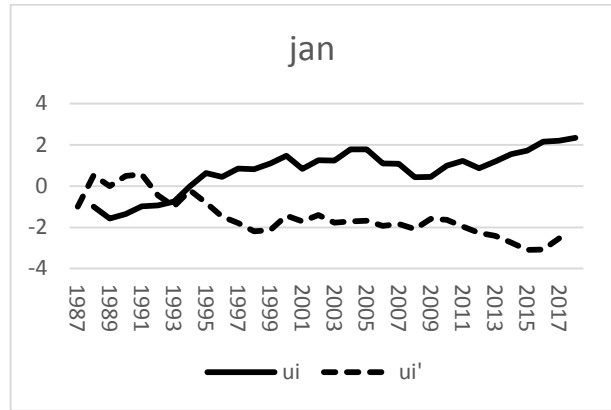
\* معناداری در سطح ۹۵ درصد \*\* معناداری در سطح ۹۹ درصد منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

جهت بررسی تغییرات جزئی و کوتاه مدت در سری های دمایی ایستگاه‌های مورد مطالعه آزمون گرافیکی من کندال انجام نمونه ای از نمودارهای آن در شکل های (۲) تا (۷) ارائه شده است. به دلیل زیاد بودن نمودارها تنها نمونه ای از آنها ارائه شده ولی نتایج تمام نمودارها در جداول (۷) تا (۹) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۲) متوسط دمای مشهد در ماه

ژانویه از تغییرات ناگهانی افزایشی برخوردار بوده است. این تغییرات از سال ۱۹۹۳ شروع شده و تا سال ۲۰۰۹ با شیب ملایمی رو به افزایش بوده و پس از آن تا سال ۲۰۱۹ با شیب تندی رو به افزایش بوده است. متوسط دمای زاهدان در ماه ژولای از روند افزایشی برخوردار بوده و از سال ۱۹۹۳ تغییرات آن شروع شده و تا سال ۲۰۱۹ با شیب تندی رو به افزایش می‌باشد.



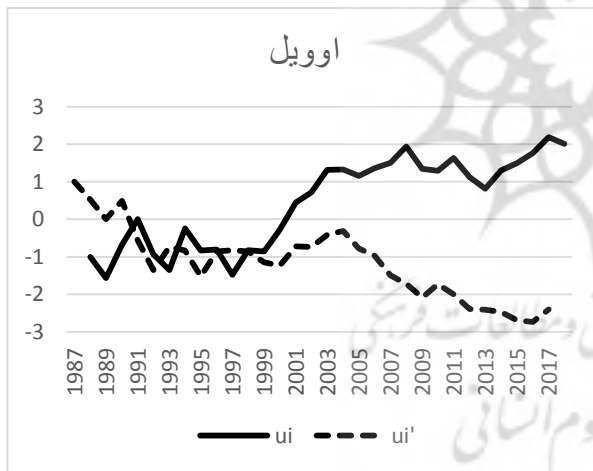
شکل ۳- متوسط دمای ژولای ایستگاه زاهدان



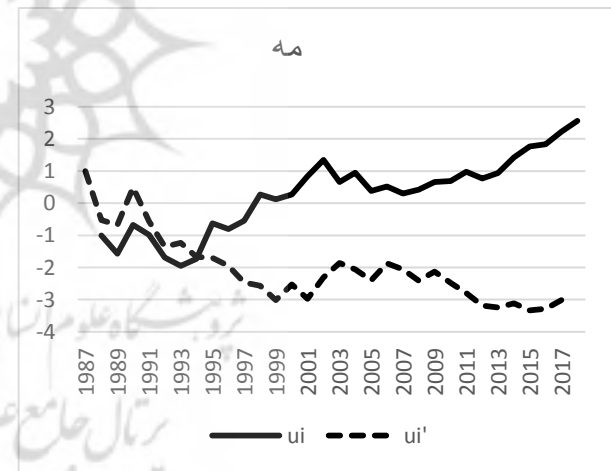
شکل ۲- متوسط دمای ژانویه ایستگاه مشهد

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

دمای حداکثر سرخس در ماه مه تغییرات تصادفی افزایشی داشته و از سال ۱۹۹۴ این تغییرات شروع شده است. این تغییرات تا سال ۲۰۰۷ در ایستگاه نوسان بوده ولی از سال ۲۰۰۷ به بعد با شیب تندی رو به افزایش بوده است. تغییرات دمای حداکثر بیرجند در ماه آوریل از سال ۱۹۹۸ شروع شده و تغییرات تصادفی افزایشی را نشان می‌دهد.



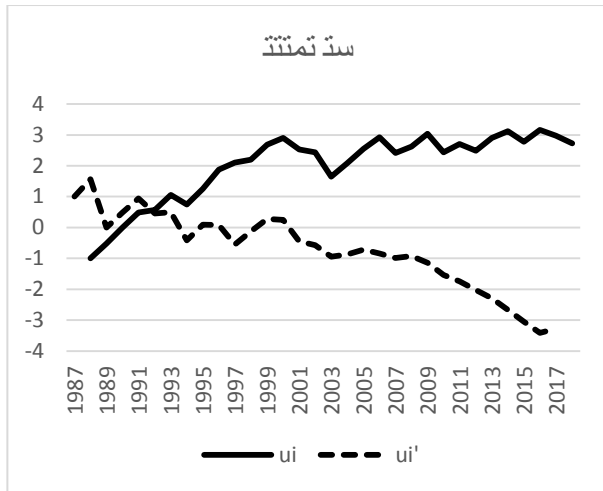
شکل ۵- دمای حداکثر آوریل ایستگاه بیرجند



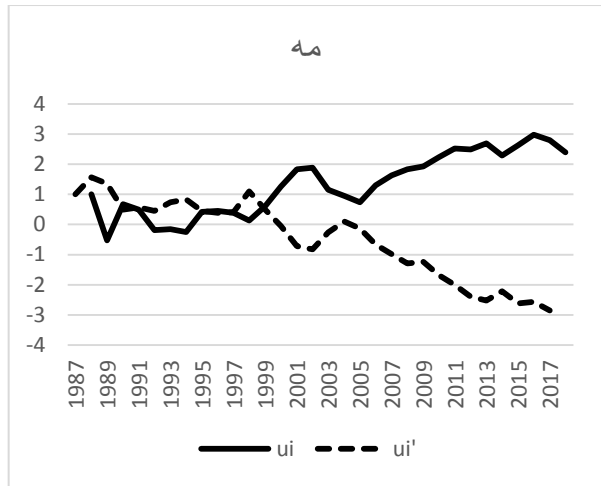
شکل ۴- دمای حداکثر مه ایستگاه سرخس

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

در ایستگاه زابل تغییرات دمای حداقل در ماه مه از سال ۱۹۹۹ شروع شده و از نوع تغییرات ناگهانی افزایشی بوده است. این تغییرات تا سال ۲۰۰۵ دارای نوسان و فراز و نشیب بوده ولی پس از آن تا سال ۲۰۱۹ با شیب تندی رو به افزایش بوده است. در ایستگاه سراوان دمای حداقل در ماه سپتامبر از تغییرات تصادفی افزایشی برخوردار بوده و این تغییرات از سال ۱۹۹۲ شروع شده است.



شکل ۷- دمای حداقل سپتامبر ایستگاه سراوان



شکل ۶- دمای حداقل مه ایستگاه زابل

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

نتایج حاصل از تمام نمودارها در جداول (۷) تا (۹) نشان داده شده است. شایان ذکر است که این نمودارها تنها برای داده‌هایی که از توزیع غیرنرمال برخوردار بودند و روند آنها با آزمون من- کندال محاسبه شده بود ترسیم شده اند. همان گونه که مشاهده می شود در در ماه ژولای ایستگاه سرخس و ماه دسامبر ایستگاه‌های بیرجند، زابل، زاهدان و سراوان تغییرات از نوع ناگهانی کاهشی بوده است. در سایر ماه‌های مورد مطالعه تغییرات از نوع تصادفی افزایشی بوده است. روند افزایشی نیز تنها در ماه ژولای ایستگاه زاهدان مشاهده شده است.

جدول ۷- بررسی نوع (حروف) و زمان (اعداد) تغییرات متوسط دما

سراوان	زاهدان	زابل	بیرجند	سرخس	مشهد	
	CI 1994	CI 1994	CI 1995	CI 2002	CI 1994	ژانویه
	CI 2002					فوریه
				CI 2000	CI 2000	مارس
					CI 2004	آوریل
				CI 1993		مه
						ژوئن
CI 1999	TI 1993			CD 2008	CI 1994	ژولای
	CI 1989, 2003	CI 1999		CI 2005	CI 1995	آگوست
		CI 1996		CI 2006		سپتامبر
			CI 1996		CI 1997	اکتبر
---		----			CI 2009	نوامبر
CD 1995	CD 1998	CD 2006	CD 2004	CI 2004	----	دسامبر

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

در پارامتر دمای حداکثر تنها در ماه سپتامبر ایستگاه‌های سرخس، بیرجند و سراوان تغییرات ناگهانی کاهشی وجود داشته و در سایر ماه‌های مورد مطالعه تغییرات از نوع تصادفی افزایشی بوده است.

جدول ۸- بررسی نوع (حروف) و زمان (اعداد) تغییرات دمای حداکثر

سراوان	زاهدان	زابل	بیرجند	سرخس	مشهد	
CI 1998				CI 1991	CI 1991	ژانویه
	CI 2002		CI 1995		CI 1992	فوریه
					CI 1996	مارس
		CI 1997	CI 1998		CI 2004	آوریل
	CI 1998		CI 2005	CI 1994	CI 1995	مه
	CI 1999		----	----	CI 1989	ژوئن

CI 2007	CI 2007	CI 1995	CI 1995	ژولای
	CI 2002	CI 1996	----	آگوست
CD 2004	-----	CD 2005	CD 2005	سپتامبر
CI 1997	CI 1996			اکتبر
			----	نوامبر
				دسامبر

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

دمای حداقل در ماه ژانویه ایستگاه زابل، ماه آگوست ایستگاه زاهدان، ماه دسامبر ایستگاه‌های مشهد، سرخس و زاهدان تغییرات تصادفی کاهشی داشته است. در سایر ماه‌ها نیز تغییرات آن از نوع تصادفی افزایشی بوده است.

جدول ۹- بررسی نوع (حروف) و زمان (اعداد) تغییرات دمای حداقل

مشهد	سرخس	بیرجند	زابل	زاهدان	سراوان
CI 2001	CI 1992	CI 2010	CD 2000	---	
فوریه	----				----
مارس	CI 2005	CI 2004	CI 2003		
آوریل	CI 1997	CI 2005	CI 1997	CI 2005	CI 1997
مه	CI 1994	CI 1999	CI 1999	CI 2004	CI 2005
ژوئن	---	----	CI 1993	CI 1992	CI 1992
ژولای	----	CI 2002	----	CI 2004	CI 1997
آگوست	-----	----	----	CD 2004	CI 2000
سپتامبر					CI 1992
اکتبر					
نوامبر	----	----			
دسامبر	CD 2005	CD 1995	CD 2002		

### نتیجه‌گیری و دستاورد علمی پژوهشی

تغییر اقلیم و افزایش دمای هوا یکی از مباحث مهم زیست محیطی است که امروزه اکثر کارشناسان و دانشمندان علوم را وادار به کاوش و مطالعه در مورد مناطق مختلف جهان نموده است. در این پژوهش روند تغییرات سری های دمایی حوضه‌های شرقی ایران مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. بررسی تغییرات مکانی سری های مورد مطالعه حاکی از آن است که در پارامتر متوسط دما، ایستگاه سرخس در اکثر ماه‌های سال بدون روند بوده است. مشهد، بیرجند، زابل و زاهدان تقریباً در تمام ماه‌های سال روند افزایشی داشته‌اند. لازم به ذکر است که زاهدان در ماه دسامبر روند کاهشی را نشان داده است. در پارامتر دمای حداکثر، مشهد، سرخس، بیرجند و زابل در نیمی از سال روند افزایشی داشته‌اند و در نیم دیگر سال بدون روند بوده‌اند. زاهدان و سراوان روند کمتری را نشان دادند. در پارامتر دمای حداقل تمام ایستگاه‌ها میزان روند کمتری را نشان دادند و در اکثر ماه‌های سال فاقد روند بوده‌اند. در مجموع می‌توان گفت که اکثر ایستگاه در پارامتر متوسط دما روند افزایشی داشته‌اند. در پارامتر دمای حداکثر روند کمتری داشته‌اند و در پارامتر دمای حداقل اکثر ماه‌های سال بدون روند بوده‌اند و روند بسیار کمی را نشان دادند. به لحاظ تغییرات زمانی، متوسط دما طی ماه‌های گرم سال در ایستگاه‌های بیشتری روند افزایشی نشان داده و در ماه‌های سرد سال ایستگاه‌های کمتری روند نشان دادند. البته یه غیر از مشهد که تقریباً در اکثر ماه‌های سال روند داشته است. در این پارامتر طی ماه‌های ژانویه و فوریه تنها ایستگاه مشهد روند داشته و سایر ایستگاه‌ها فاقد روند بوده‌اند. همچنین در ماه دسامبر تنها ایستگاه زاهدان روند کاهشی نشان داده و سایر ایستگاه‌ها بدون روند بوده‌اند. دمای حداکثر در ماه مارس تمام ایستگاه‌ها روند افزایشی داشته‌اند. در ماه‌های فوریه، نوامبر و دسامبر در تمام ایستگاه‌ها بدون روند بوده است. در ماه سپتامبر تنها مشهد و در ماه ژوئن تنها ایستگاه زابل رونددار بوده است. در

پارامتر دمای حداقل به نسبت به دو پارامتر دیگر ایستگاه‌های کمتری روند نشان دادند. در این پارامتر در ماه‌های مه و سپتامبر تقریباً اکثر ایستگاه‌ها روند داشته‌اند. در ماه‌های فوریه، آگوست و نوامبر تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه فاقد روند بوده‌اند. در سایر ماه‌های سال نیز ایستگاه‌های کمتری روند نشان دادند. بررسی تغییرات جزئی و کوتاه مدت نیز نشان داد که اکثر تغییرات رخ داده در سری های مورد مطالعه از نوع تغییرات تصادفی افزایشی بوده است. از آنجا که اغلب ایستگاه‌های ایران در حومه شهرها واقع شده‌اند لذا با اطمینان کامل نمی‌توان افزایش دماهای مشاهده شده را مبنی بر تغییر اقلیم دانست. با توجه به تغییر کاربری شهرها طی سال‌های اخیر و تبدیل آنها از زمین‌های کشاورزی و زراعی به مناطق مسکونی؛ لذا می‌توان تغییر نوع کاربری‌ها را نیز دلیلی بر این افزایش دماهای مشاهده شده برشمرد. زیرا افزایش کاربری‌های مسکونی باعث پیدایش جزیره گرمایی در شهرها و در نتیجه افزایش دما می‌گردد. با توجه به این که در مطالعات اقلیمی تنها مطالعه یک پارامتر کافی نمی‌باشد لذا پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده سایر پارامترهای اقلیمی نیز بررسی گردند.

#### منابع

- امیدوار، ک؛ خسروی، ی. (۱۳۸۹). بررسی تغییر برخی عناصر اقلیمی در سواحل شمالی خلیج فارس با استفاده از آزمون کندال، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۱، پیاپی ۳۸، شماره ۲، صص ۴۶-۳۳.
- اسدی، ا؛ مسعودیان، ا. (۱۳۹۳). بررسی پراکنش زمانی- مکانی دماهای فرین گرم در ایران، مجله پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۵، شماره ۹، صص ۷۲-۵۹.
- ابراهیمی، ح؛ عزیزاده، ا. (۱۳۸۴). بررسی وجود تغییر دما در دشت مشهد به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۶، صص ۱۹-۱.
- باهک، ب. (۱۳۹۴). پیش بینی و ارزیابی روند بلند مدت الگوهای زمانی دمای زاهدان و تأثیر آن بر تبخیر و تعرق پتانسیل، فصلنامه جغرافیا، شماره ۴۴، صص ۲۵۷-۲۳۹.
- بنایان، م؛ محمدیان، آ؛ عزیزاده، ا. (۱۳۸۹). بررسی نوسان پذیری اقلیمی در شمال شرق ایران، نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۱، صص ۱۳۱-۱۱۸.
- جاوری، م. (۱۳۸۸). شیوه‌های تجزیه و تحلیل کمی در اقلیم‌شناسی با تأکید بر مدل‌های فصلی، تهران: انتشارات پیام رسان، صص ۲۴۰.
- داودی، م؛ محمدی، ح؛ بای، ن. (۱۳۸۹). تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی برخی عناصر اقلیمی مشهد، مجله علمی و فنی نیوار، شماره ۷۱-۷۰، صص ۴۶-۳۵.
- رحیم زاده، ف؛ هدایت دزفولی، ا؛ پوراصغریان، آ. (۱۳۹۰). ارزیابی روند و جهش نمایه‌های حدی دما و بارش در استان هرمزگان، نشریه جغرافیا و توسعه، شماره ۲۱، صص ۱۱۶-۹۷.
- زاهدی، مجید، ساری صراف، بهروز، جامعی، جاوید (۱۳۸۶). تحلیل تغییرات زمانی- مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، صص ۱۹۸-۱۸۳.
- سبزی پرور، ع؛ میرگلوی بیات، ر؛ قیامی شمایی، ف. (۱۳۹۰). ارزیابی روند احتمالی تغییرات اختلاف دمای شبانه روزی در برخی از اقلیم‌های خشک کشور طی پنج دهه گذشته، پژوهش فیزیک ایران، جلد ۱۱، شماره ۱، صص ۳۷-۲۷.
- شمس، ش؛ موسو بایگی، م. (۱۳۹۳). بررسی روند تغییرات حدی دمای شهر مشهد در مقیاس‌های مختلف، نشریه آب و خاک، جلد ۲۸، شماره ۱، صص ۶۰-۴۶.

- طاووسی، ت؛ ثریا، م؛ راحتی، ز. (۱۳۸۹). بررسی روند ماهانه دمای شهر زاهدان، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان، ۲۷-۲۵ فروردین ماه ۱۳۸۹.
- فرج زاده، م؛ فیضی، و؛ ملاشاهی، م. (۱۳۸۹). مطالعه تغییر اقلیم در شمال غرب ایران به روش من کندال، همایش کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی محیطی، خرم‌آباد.
- عطایی، ه؛ فنایی، ر. (۱۳۹۲). بررسی روند تغییرات زمانی- مکانی دمای شبانه استان اصفهان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره پیاپی ۱۱۱، شماره ۴، صص ۱۸۲-۱۶۷.
- فیضی، و؛ فرج زاده، م؛ نوروزی، ر. (۱۳۸۹). مطالعه تغییر اقلیم در استان سیستان و بلوچستان به روش من-کندال، چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- کریمی، م؛ ستوده، ف؛ رفعتی، س. (۱۳۹۷). تحلیل روند تغییرات و پیش‌بینی پارامترهای حدی دمای سواحل جنوبی دریای خزر، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال هجدهم، شماره ۴۸، صص ۹۳-۷۹.
- لطفی، م؛ احمدی، ا. (۱۳۹۲). بررسی روند دما در جنوب شرق ایران، نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی، کرمان، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته.
- مسعودیان، س. ا. (۱۳۸۳). بررسی روند دمای ایران در نیم سده ی گذشته، مجله جغرافیا و توسعه، بهار و تابستان ۱۳۸۳.
- موحدی، س؛ کاویانی، م؛ س. ا. (۱۳۸۴). تغییرات زمانی و مکانی دمای مارون، مجله جامعه‌شناسی کاربردی، ۱۳۸۴، شماره هیجدهم جلد هیجدهم، صص ۲۸-۱۳.
- مسعودیان، س. ا؛ دارند، م؛ ناظمی فرد، گ. (۱۳۹۸). واکاوی فصول دمایی ایران زمین و وردایی آن طی دهه‌های اخیر، جغرافیا و توسعه، شماره ۵۵، صص ۶۲-۴۵.
- Birsan, Marius-Victor, Dumitrescu, Alexandru, Magdalena Micu, Dana, Cheval, Sorin, 2014, Changes in annual temperature extremes in the Carpathians since AD 1961, Nat Hazards, 74:1899-1910.
- Fischer, Thomas & Gemmer, Marco & Lüliu, Liu & Buda, Su, (2010), Temperature and precipitation trends and dryness/wetness pattern in the Zhujiang River Basin, South China, 1961e2007, Quaternary Internationa, doi:10.1016/j.quaint.
- Fan, ZX, Brauning, A, Thomas, A, Li, JB, Cao, K F, Spatial and temporal temperature trends on the Yunnan Plateau (Southwest China) during 1961-2004. International Journal of Climatology, 2010, DOI: 10.1002/joc.2214.
- Gonçalves, M. Barrera-Escoda, A. Guerreiro, D.. Baldasano, J. M Cunillera, J. 2014, Seasonal to yearly assessment of temperature and precipitation trends in the North Western Mediterranean Basin by dynamical downscaling of climate scenarios at high resolution (1971-2050), Climatic Change, 122:243-256.
- Qi, li, yuqing wang, 2012: changes in the observed trends in extreme temperatures over china around 1990, pp(5208-5222), ams journal.
- Lewis, S.C., King, A.D., 2017. Evolution of mean variance and extremes in 21st century temperatures, VOL15, 1-10.
- Lin, P., He, Z., Du, J., Chen, L., Zhu, X., Li, J., 2017. Recent changes in daily climate extremes in an arid mountain region, a case study in northwestern China's Qilian Mountains. Scientific Reports volume vol 7, 1-15.
- Lettenmaier, D.P., E.F. Wood, and J. R. Wallis, 1994, Hydro-climatological Trends in the Continental United States, 1948-88. J. Climate, 7: pp586-607.
- Mamtimin, A. M. M, Et-Tantawi, D. Scafer, F. X. Meixner, M. Domroes, (2011), Recent trends of temperature change under hot and cold desert climates: comparing the sahara (Libya) and Central Asia (Xinjiang, China), Journal of and environments, 75, pp 1105-1113.
- Marengo, J.A. & Camargo, C.C., (2008), "Surface air Temperature Trends in Southern Brazil for 1960- 2002" Int. J. Climatol, 28: 893- 904.
- Mugume, I, Shuanghe, SH., Tao Sulin, T., Mujuni, G., 2016. Analysis of Temperature Variability over Desert and Urban Areas of Northern China. Journal of Climatology & Weather Forecasting 2-9.



- Serrano, A., Mateos, V.L., and Garcia, J.A., 1999, Trend Analysis of Monthly Precipitation Over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. *phys. Chem. EARTH(B)*, vol:24, no. 1-2: pp 85-90.
- Turgay, P. and Ercan K, 2005, Trend Analysis in Turkish Precipitation data. *Hydrological processes* published online in Wiley InterScience.
- Yue, S, Hoshinio, M, 2003, Temperature trends in Japan 1900-1996, *Theor, Appl, Climatol*, 75, pp 15-27.
- Z. Yu, X. Li, Recent trends in daily temperature extremes over northeastern China (1960–2011), *Quaternary International*, Volumes 380–381, 4 September 2015, Pages 35–48

