

بررسی روند تغییرات دما و بارش ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان

سعید پاکدل^۱ و نرگس ظهراپی^{۲*}

(۱) گروه مهندسی و مدیریت منابع آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(۲) استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

*نویسنده مسئول: nargeszohrabi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۷

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۱۶

چکیده

پدیده تغییر اقلیم یکی از مسائل حیاتی برای بشر امروزی محسوب می‌شود و خشکسالی نیز به عنوان یک ناهنجاری اقلیمی با علائم کمبود بارش و منابع آب در دسترس، در گستره وسیعی در طول زمان اتفاق می‌افتد. از میان متغیرهای اقلیمی، دما و بارش مهمترین متغیرهایی هستند که تغییرات آنها بطور مستقیم در رطوبت خاک و جریان‌های سطحی و زیرزمینی منعکس می‌شود. در مطالعه حاضر پس از گردآوری داده‌های ماهانه بارش و دما در دوره آماری ۲۰۱۲-۱۹۸۳ و بررسی کیفیت و همگنی و صحت سنجی آنها، با استفاده از آزمون ناپارامتری من - کندال به بررسی روند تغییرات دما و بارش در ایستگاه‌های منتخب هواشناسی استان خوزستان پرداخته شد. نتایج دوره آماری مطالعه شده نشان دهنده افزایش روند تغییرات دمایی سالانه در کلیه ایستگاه‌های منتخب استان است که با توجه به نتایج بدست آمده متوسط دمای سالانه به ترتیب در ایستگاه‌های رامهرمز، بستان و آبادان با ۷/۸، ۷/۵ و ۷ درجه سانتی‌گراد در دوره مطالعاتی ۲۰۱۲-۱۹۸۳، بیشترین روند افزایشی را نشان می‌دهند. به همین ترتیب ایستگاه مسجدسلیمان کمترین شیب افزایشی را با افزایش دمای سالانه ۴/۲ درجه سانتی‌گراد در دوره ۳۰ ساله بصورت افزایشی نشان می‌دهد. براساس نتایج، متوسط بارش سالانه، روند کاهشی این متغیر را در اکثر ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. اما متغیر بارش برخلاف دما، تغییرات یکنواختی نشان نمی‌دهد. در این مطالعه ایستگاه‌های بندر ماهشهر و امیدیه که در حدود بخش جنوب شرقی استان قرار دارند، افزایش نسبی بارش را در دوره ۳۰ ساله ۲۰۱۲-۱۹۸۳ نشان داده است.

کلمات کلیدی: روند، دما، بارش، سینوپتیک، آزمون من - کندال، استان خوزستان.

مقدمه

هیأت بین الدول تغییر اقلیم تغییرات گسترده‌ای در اقلیم سراسر شرق خاورمیانه پیش‌بینی نموده است. افزایش درجه حرارت در نتیجه تقاضای بالای تبخیر و تعرق همراه با کاهش قابل توجه بارش می‌باشد که به شدت بر روی منابع آب در این مناطق تأثیرگذار خواهد بود. به گونه‌ای که احتمال مواجهه با رخداد‌های اقلیمی مانند خشکسالی در برخی مناطق افزایش یافته است (IPCC, 2007; 2013). در بین سال‌های ۱۹۹۲-۱۹۶۷ از میان ۲/۸ میلیون افرادی که تحت تأثیر بلاهای طبیعی بودند، ۵۰ درصد آنها در شرایط خشکسالی قرار داشته و از بین ۳/۵ میلیون افرادی که در نتیجه بلاهای طبیعی جان سپردند حدود ۳/۱ میلیون نفر از آنها قربانی پدیده خشکسالی بودند (هاشم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی به عنوان اطلاعات پایه و اساسی در طراحی و مدیریت پروژه‌های منابع آب به کار می‌رود و مطالعات متعددی نیز در زمینه بررسی روند تغییرات درجه حرارت و بارش صورت گرفته است. عبدلی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان ارزیابی تغییرات دمای هوا و بارش در منطقه پربارش نیمه غربی ایران تحت شرایط تغییر اقلیم به بررسی وضعیت دمای هوا و بارش در دومین منطقه پربارش کشور یعنی نیمه غربی پرداختند. آنها با بررسی داده‌های مشاهداتی ۵۱ ایستگاه هواشناسی منطقه به عنوان داده مبنا و ریزمقیاس داده‌های دوره آتی تا سال ۲۰۶۱ و استفاده از آزمون من‌کندال برای بررسی روند تغییرات سری دمای هوا و بارش نشان دادند که در دوره مبنا براساس آمار مشاهداتی، در بیشتر مناطق در سری و الگوی دمای هوا، روند افزایشی معنی‌داری وجود دارد. برای بارش نیز روند کاهشی معنی‌دار در بیشتر مناطق و شیب منفی در تمامی ایستگاه‌ها مشاهده گردید. ارزیابی برون‌داد مدل‌ها در مقایسه با دوره مبنا نشان داد که در مناطق غربی و زاگرسی کشور، کمینه و بیشینه‌های دمای هوا در دهه‌های آتی در الگوی حد بالا و حد وسط به ترتیب، ۱/۳ و ۱/۱ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد داشت. بارش در بعضی از ایستگاه‌ها در ماه‌های فصل بهار به طور ناچیز افزایش خواهد یافت، اما در الگوی سالانه در بیشتر مناطق وضعیت بارش نسبت به دوره مبنا یا پایه کاهشی خواهد بود. بنابراین منطقه پربارش نیمه غربی در منطقه زاگرس ایران، با افزایش دمای هوا و کاهش بارش همراه خواهد بود. کامیابی و عبدلی (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان آشکارسازی و تحلیل روند تغییرات اقلیم (بارش و دما) در محدوده ساری به بررسی مشخص نمودن روند تغییرات اقلیمی در بازه زمانی ۲۰ و ۳۰ ساله (۱۹۸۷-۲۰۱۷) در محدوده شهرستان ساری پرداختند. آنها با بررسی تحلیل روند آماری عوامل اقلیمی بارش و دما در ۴ ایستگاه (ساری، آمل، قراخیل و بابل‌سر) با استفاده از آزمون نا پارامتریک من - کندال و نرم‌افزار آشکارساز تغییرات اقلیمی سازمان هواشناسی کشور نشان دادند که منطقه مورد مطالعه دچار تغییرات اقلیمی شدیدی شده است و این تغییرات اقلیمی به صورت مستقیم بر بیلان آبی منطقه، افزایش نیاز آبی، کاهش رطوبت خاک، تراکم پوشش گیاهی، ظرفیت مراتع و محصولات کشاورزی اثر می‌گذارد و با توجه به این که منابع آب زیرزمینی مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده‌ی آب موردنیاز بخش‌های مختلف در منطقه می‌باشند، افت سطح ایستابی و کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی را نیز در پی دارد. حسینی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان بررسی

نوسانات منطقه‌ای دما و بارش در جنوب غرب آسیا به بررسی ارزیابی روند تغییرات اقلیمی از طریق روند تغییرات دما و بارش به صورت سالانه در یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۵-۱۹۸۶) در ایستگاه‌های سینوپتیک واقع در ایران و کشورهای منطقه با استفاده از روش‌های آماری تحلیل روند پرداختند. آنها با بررسی ۶۶ ایستگاه سینوپتیک واقع در ۱۸ کشور منطقه و روش‌های مورد استفاده در بررسی روند نیز شامل آزمون ناپارامتری من-کندال، تخمین گر شیب سن و همچنین شیب خط رگرسیون نشان دادند که به طور کلی در منطقه مورد مطالعه دما دارای روند افزایشی و بارش دارای روند کاهشی است که در برخی ایستگاه‌های و برخی سری‌ها، این روند کاهشی و افزایشی معنی‌دار شده است. همچنین روند تغییرات بارش نیز شدیدتر و مشخص‌تر از تغییرات دمایی است. بیشترین میزان تغییرات دما مربوط به ایستگاه ایروان با شیب خط ۲۹/۰ و کمترین میزان مربوط به ایستگاه شهرکرد تقریباً بدون تغییر است. بیشترین میزان کاهش بارش نیز مربوط به ایستگاه‌های سنندج و وان هر دو با شیب خط ۳/۵- و سپس کرمانشاه با شیب ۱/۵- است. امیررضاییه و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان بررسی روند تغییرات بارش و دمای شمال غرب کشور در نیم قرن اخیر به بررسی روند متوسط دما و بارش شمال غرب کشور (۱۰ ایستگاه سینوپتیک) در سه مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ با حذف اثر کلیه ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار توسط روش ناپارامتری من-کندال پرداخته و نشان دادند که دما در مقیاس ماهانه در اکثر ماه‌ها دارای روند افزایشی است. در این بین ماه‌های اردیبهشت و مهر بیش‌ترین تعداد ایستگاه، با روند افزایشی معنی‌دار دما را به خود اختصاص داده‌اند. سری‌های ماهانه بارش نیز با روند کاهشی مواجه بوده‌اند. در مقیاس فصلی، فصل‌های تابستان، زمستان و پاییز به ترتیب بیش‌ترین افزایش دما را تجربه کرده و فصل‌های بهار و زمستان نیز بیش‌ترین نرخ کاهش بارندگی را نشان می‌دهند. Tabari و Hosienzadeh (۲۰۱۱) روند درجه حرارت ماکزیمم و مینیمم دمای سالانه، فصلی و ماهانه را در ۱۹ ایستگاه سینوپتیک واقع در مناطق خشک و نیمه خشک ایران در دوره آماری ۳۰ ساله با استفاده از آزمون من کندال مورد مطالعه قرار داده و نتایج این تحقیق نشان داد درجه حرارت ماکزیمم و مینیمم سالانه به ترتیب ۰/۰۹ و ۰/۴۴ درجه سانتی‌گراد در هر دهه افزایش یافته است. Xu و همکاران (۲۰۱۰) روند تغییرات عوامل مختلف هواشناسی وهیدرولوژیکی نظیر بارش، رواناب و درجه حرارت را در بزرگترین حوضه رودخانه تاریم چین مورد بررسی قرار داده و نتایج این تحقیق نشان داد که ارتباط روند تغییرات این پارامترها می‌تواند در مدیریت منابع آب حوضه و ایجاد تعادل پایدار در سیستم رودخانه کمک موثری داشته باشد. ابطحی و همکاران (۱۳۹۳) روند دما و بارش در حوضه دریاچه نمک کاشان را طی نیم سده گذشته با استفاده از آزمون‌های رگرسیون خطی و من کندال مورد بحث و بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که به جز در زیرحوضه اراک که روند تغییر بارش آن کاهشی و معنا دار بود، در مجموع روند معناداری در بارش استاندارد شده حوضه دریاچه نمک و سایر زیر حوضه‌های آن وجود نداشته است. Yang و همکاران (۲۰۱۲) براساس درجه حرارت و بارش میانگین ماهانه ۵۳ ساله در حوضه رودخانه ژانگوییان و پنج ایستگاه هواشناسی اطراف آن با استفاده از آزمون من کندال روند این عوامل را مورد بررسی قرار داده و روند کاهشی معنی‌دار در

بارندگی سالانه و روند صعودی دما را در فصول تابستان و بهار گزارش نمودند. Tabari و همکاران (۲۰۱۱) روند داده‌های ماهانه، فصلی و سالانه حداقل و حداکثر درجه حرارت را برای غرب کشور بررسی کردند که در اکثر این ایستگاه‌ها روند افزایشی مشاهده گردید. طبری و حسین زاده طلائی (۱۳۹۰) تنوع زمانی بارش سالانه و فصلی ایران بین سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۶۶ را در ۴۱ ایستگاه هواشناسی با استفاده از آزمون من کندال، شیب سن و رگرسیون خطی بررسی کردند و نشان دادند که روند نزولی بارش سالانه در حدود ۶۰ درصد ایستگاه‌ها قابل ملاحظه است. Sahu و Panda (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان تحلیل روند بارندگی فصلی و الگوی دما در مناطقی در ادیشای هند به بررسی تغییرات طولانی مدت و نوسانات کوتاه مدت بارندگی و درجه حرارت موسمی با استفاده از کندال و شیب سن آزمون من پرداخته و نشان دادند که حداکثر و حداقل دمای سالانه روند افزایشی و بارندگی روند افزایشی را نشان می‌دهد. Radhakrishnan و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله‌ای با عنوان تحلیل روند آب و هوا از دما و بارندگی در هند به بررسی روند میانگین بارندگی و دمای سالانه و فصلی هند از دوره ۲۰۱۴-۱۹۰۱ با استفاده از کندال و شیب سن آزمون من پرداخته و نشان دادند که تنوع کمتری از بارش سالانه در تابستان و تغییرپذیری متوسط برای باران‌های موسمی در زمستان ثبت شده است. دما برای دوره‌های فصلی و سالانه یک روند مثبت نشان داده شد و از نظر آماری ۵ درصد معنی‌دار بود و گرم شدن سریع در مناطق بارانی به ویژه در ۳۰ سال گذشته کاهش یافته است.

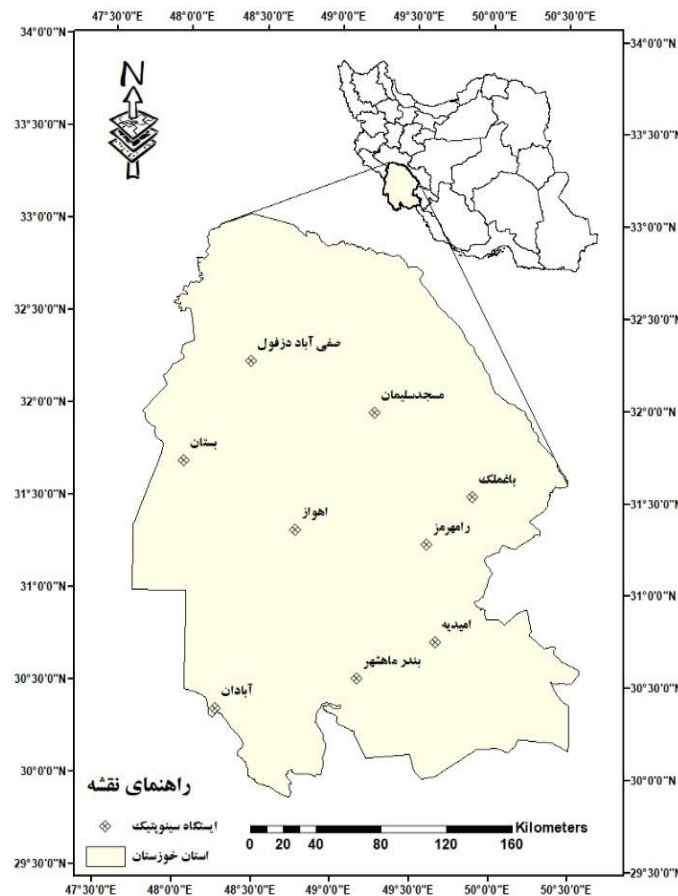
مواد و روش‌ها

استان خوزستان بین ۲۹ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۳۳ درجه عرض شمالی و بین ۴۷ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی واقع شده و ۳/۹ درصد از مساحت کشور را در بر گرفته است. این استان در جنوب غربی ایران واقع شده که از شمال با استان لرستان، از شرق با استان‌های اصفهان، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری و بوشهر و از غرب با استان ایلام و کشور عراق هم مرز است و خلیج فارس مرز جنوبی این استان را تشکیل می‌دهد. رشته کوه‌های زاگرس و انشعابات غربی آن، از شمال تا نواحی شرقی این استان کشیده شده‌اند. کوهپایه‌ها و دامنه‌های این ارتفاعات بر دشت‌های شمالی خوزستان مشرف هستند. از این رو، شیب عمومی جلگه خوزستان در جهت شمال به جنوب بوده و به دلیل هموار بودن اراضی، ملایم است. به طوری که حداکثر ارتفاعات در دشت‌های شمالی استان به ۱۵۰ متر و حداقل آن در کرانه خلیج فارس به صفر می‌رسد. آب و هوای این استان به طور کلی بیابان گرم است. اما در مناطق شمال و شمال شرقی آن که کوهپایه‌های دامنه جنوبی زاگرس را شامل می‌شوند، تنوع اقلیمی بیشتری وجود دارد، که در این نواحی اقلیم گرم و خشک تا نیمه مرطوب سرد مشاهده می‌شود. با توجه به نیاز طرح برای داشتن دوره آماری بلند مدت و پوشش دادن قسمت‌های مختلف محدوده مطالعاتی و بررسی همگنی و صحت سنجی داده‌ها و طبق بررسی‌های انجام شده ۹ ایستگاه سینوپتیک در سطح استان مورد مطالعه شامل؛ اهواز، آبادان، بندر ماهشهر، باغملک، بستان، امیدیه، مسجدسلیمان، رامهرمز و صفی‌آباد دزفول، آمار بلندمدت ۳۰ سال

(۲۰۱۲-۱۹۸۳) را پوشش می‌دهند. پراکنش ایستگاه‌های منتخب در منطقه مورد مطالعه و موقعیت جغرافیایی آنها به ترتیب در جدول (۱) و شکل (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: مشخصات آماری ایستگاه‌های مورد مطالعه استان خوزستان در دوره آماری ۲۰۱۲-۱۹۸۳

| ایستگاه | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | ارتفاع از سطح دریا (متر) | نوع ایستگاه |
|----------------|---------------|---------------|--------------------------|-------------|
| آبادان | ۳۰° ۲۱' | ۴۸° ۱۵' | ۶/۶ | سینوپتیک |
| اهواز | ۳۸° ۰۵' | ۴۴° ۳۶' | ۲۲/۵ | سینوپتیک |
| صفی آباد دزفول | ۳۷° ۲۰' | ۴۷° ۴۲' | ۱۴۳ | سینوپتیک |
| باغملک | ۳۱° ۵۲' | ۴۹° ۸۸' | ۶۷۵ | سینوپتیک |
| بندرماهشهر | ۳۰° ۳۲' | ۴۹° ۰۹' | ۶/۲ | سینوپتیک |
| بستان | ۳۱° ۴۲' | ۴۸° ۰۰' | ۷/۸ | سینوپتیک |
| امیدیه | ۳۰° ۴۴' | ۴۹° ۴۰' | ۲۷ | سینوپتیک |
| مسجد سلیمان | ۳۱° ۵۸' | ۴۹° ۱۴' | ۳۲/۵ | سینوپتیک |
| رامهرمز | ۳۱° ۱۶' | ۴۹° ۳۵' | ۱۵/۵ | سینوپتیک |



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان خوزستان

آنالیز روند

هدف از آزمون روند این است که وجود و یا عدم وجود سیر صعودی یا نزولی در سری داده‌ها بررسی گردد. به این دلیل که در روش‌های پارامتری، فرضیاتی نظیر نرمال بودن، ایستایی و مستقل بودن متغیرها وجود داشته و این فرضیات برای متغیرهای هیدرولوژیکی اعتبار ندارد، از روش غیرپارامتری من-کندال که کاربرد بیشتری در مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی دارد می‌توان استفاده کرد. در ضمن روش‌های غیرپارامتری جهت بررسی روند نسبت به روش‌های پارامتری حساسیت کمتری به مقادیر حدی دارند. همچنین آزمون غیرپارامتری را می‌توان برای سری زمانی، بدون در نظر گرفتن خطی یا غیرخطی بودن روند به کار برد.

معرفی روش ناپارامتری من-کندال

روش من-کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۰) بسط و توسعه یافت. فرض صفر آزمون من-کندال بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. در این روش ابتدا اختلاف بین هر یک از مشاهدات با تمام مشاهدات پس از آن محاسبه شده و پارامتر S مطابق رابطه (۱) به دست می‌آید:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که n : تعداد مشاهدات سری، و x_j و x_k ، به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند. تابع علامت sgn نیز به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = +1 \quad \text{for } (x_j - x_k) > 0 \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = 0 \quad \text{for } (x_j - x_k) = 0$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = -1 \quad \text{for } (x_j - x_k) < 0$$

در مرحله بعد محاسبه واریانس S توسط یکی از روابط زیر محاسبه شد:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad \text{for } n > 10 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad \text{for } n < 10 \quad \text{رابطه (۴)}$$

که n و m معرف تعداد دنباله‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان در یک دنباله (تعداد گره‌ها) می‌باشد. در نهایت نیز آماره Z به کمک یکی از روابط زیر استخراج می‌شود:

$$z = \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad \text{for } S > 0 \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$z = 0 \quad \text{for } S = 0$$

$$z = \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad \text{for } S < 0$$

با فرض دو دامنه آزمون روند، فرضیه صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که شرط زیر برقرار باشد:

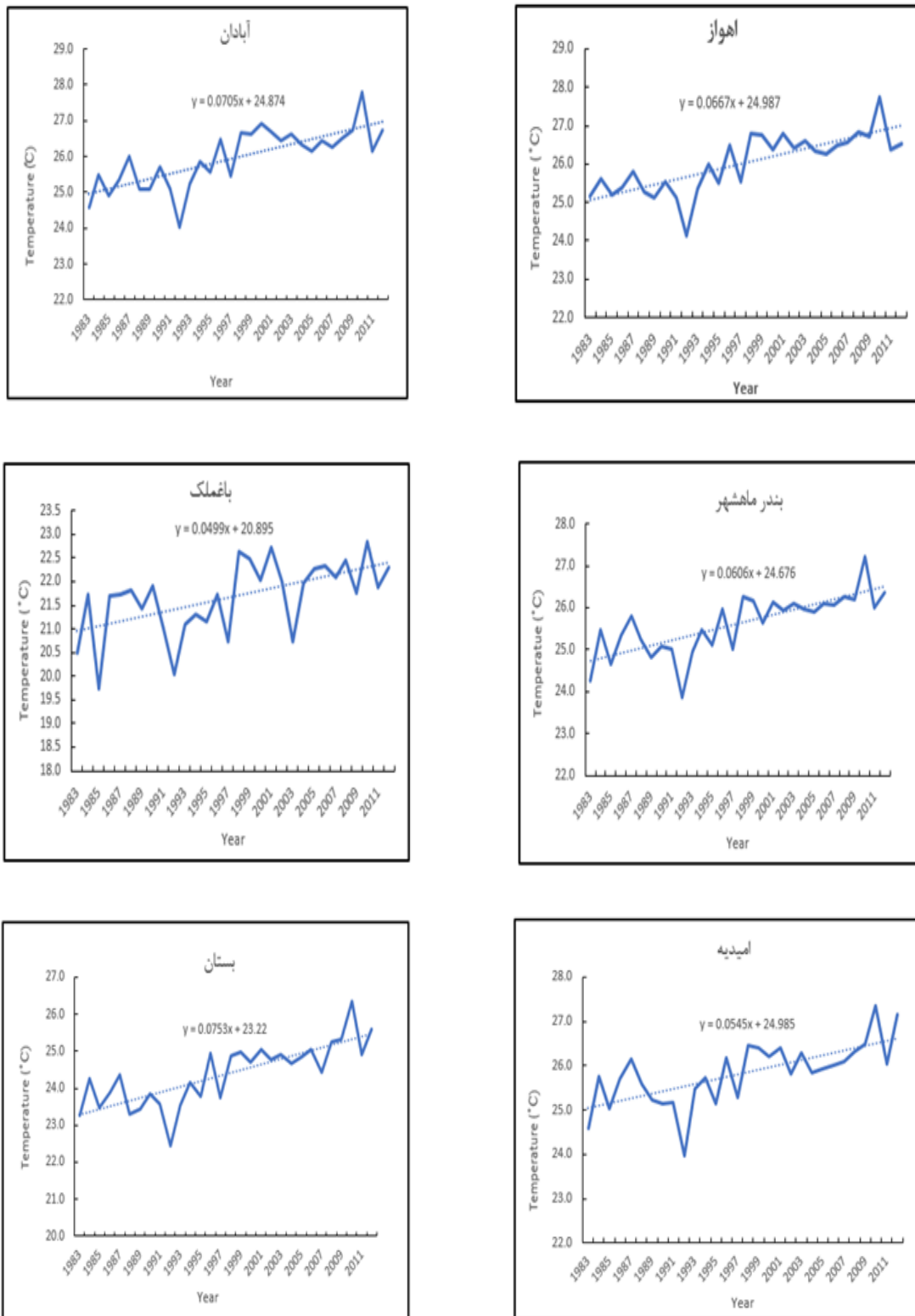
$$|Z| < Z_{\alpha/2} \quad \text{رابطه (۶)}$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، $\alpha/2$ استفاده شده است. در بررسی حاضر این آزمون برای سطوح اعتماد ۹۵٪ و ۹۹٪ به کار گرفته شده است. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود (من، ۱۹۴۵؛ کندال، ۱۹۷۰).

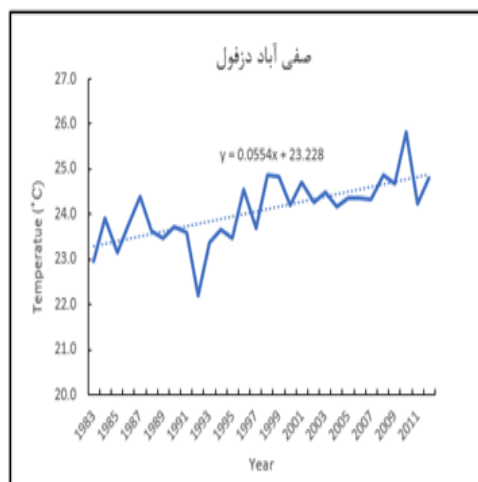
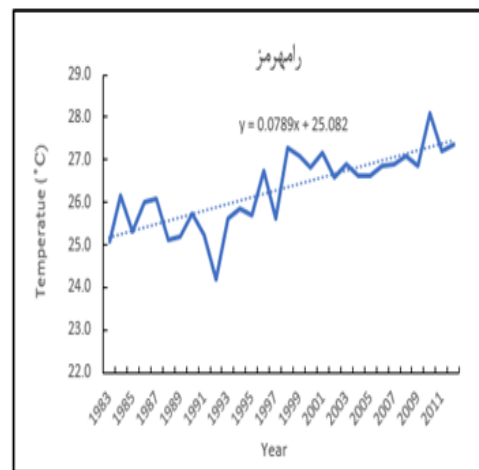
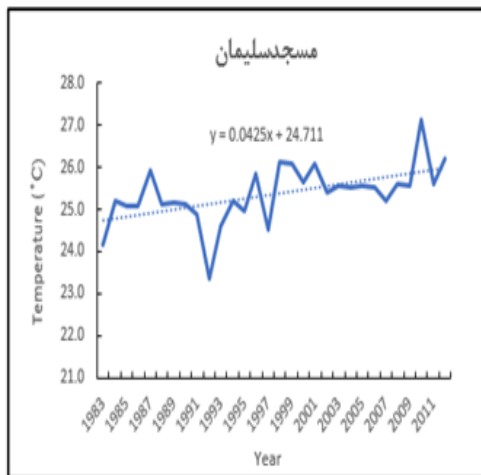
نتایج و بحث

روند خطی در سری‌های زمانی دما و بارش سالانه در ایستگاه‌های منتخب استان خوزستان به ترتیب در شکل‌های (۲) و (۳) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود نتایج شکل (۲) افزایش روند تغییرات دمایی سالانه را در کلیه ایستگاه‌های منتخب استان خوزستان نشان می‌دهد که با توجه به نتایج بدست آمده، مشاهده می‌گردد که شیب خط متوسط دمای سالانه به ترتیب در ایستگاه‌های رامهرمز، بستان و آبادان با 0.078 °C/decade، 0.075 و 0.070 یا به عبارتی $7/8$ ، $7/5$ و 7 درجه سانتی‌گراد در دوره مطالعاتی ۲۰۱۲-۱۹۸۳، بیشترین روند افزایشی را نشان می‌دهند و به همین ترتیب ایستگاه مسجدسلیمان کمترین شیب افزایشی را با مقدار 0.042 °C/decade و یا به عبارتی افزایش دمای سالانه $4/2$ درجه سانتی‌گراد را در دوره ۳۰ ساله بصورت افزایشی نشان می‌دهد. براساس نتایج شکل (۳)، شیب خط متوسط بارش سالانه، روند کاهشی این متغیر را در اکثر ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. اما همانطور که می‌دانیم متغیر بارش برخلاف دما، تغییرات یکنواختی نشان نمی‌دهد. در این مطالعه مشاهده شد ایستگاه‌های بندر ماهشهر و امیدیه که در حدود بخش جنوب شرقی استان قرار دارند، افزایش نسبی بارش را در دوره ۳۰ ساله ۲۰۱۲-۱۹۸۳ نشان داده است.

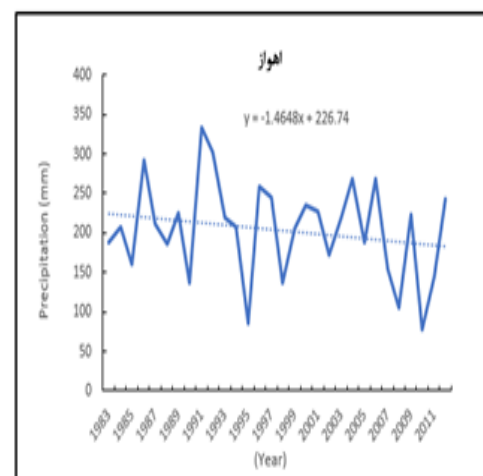
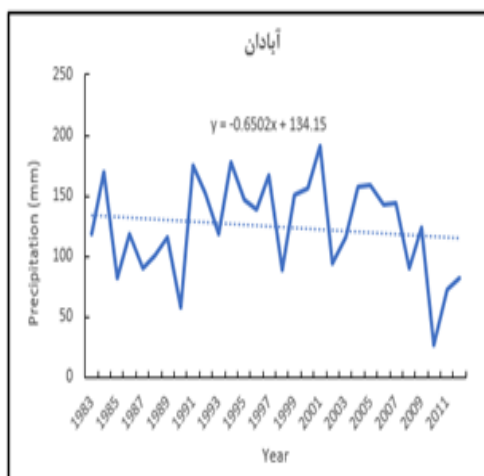
بطور کلی روندهای خطی مقادیر دمای سالانه، در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، افزایشی است. همچنین ملاحظه می‌گردد که روندهای خطی مشاهده شده در مقادیر بارش سالانه، در اکثر ایستگاه‌ها، به‌جز ایستگاه‌های بندر ماهشهر و امیدیه، کاهشی است.



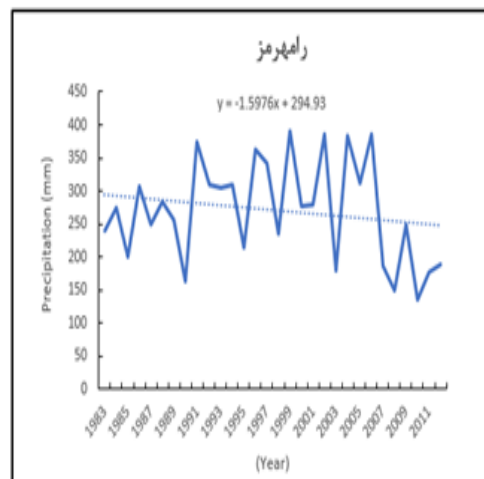
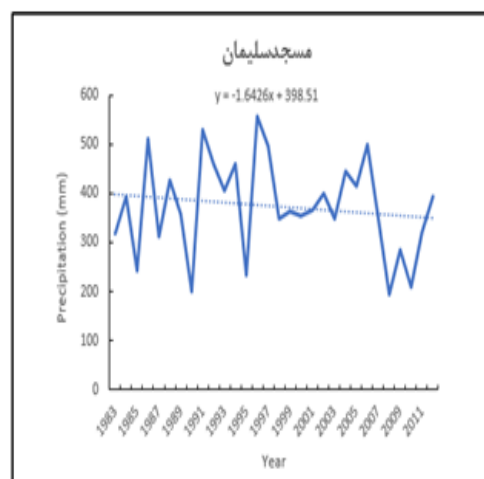
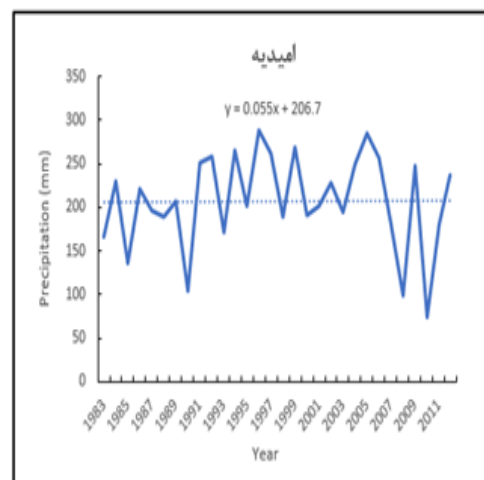
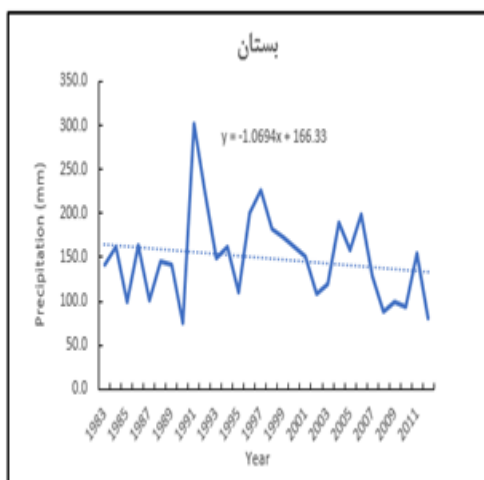
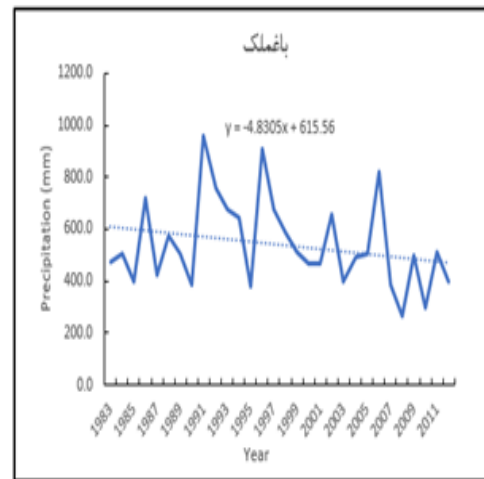
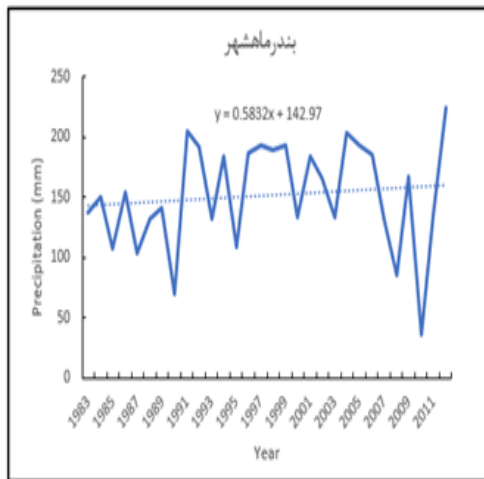
شکل ۲: روند خطی در سری زمانی میانگین‌های سالانه دما در ایستگاه‌های منتخب در استان خوزستان



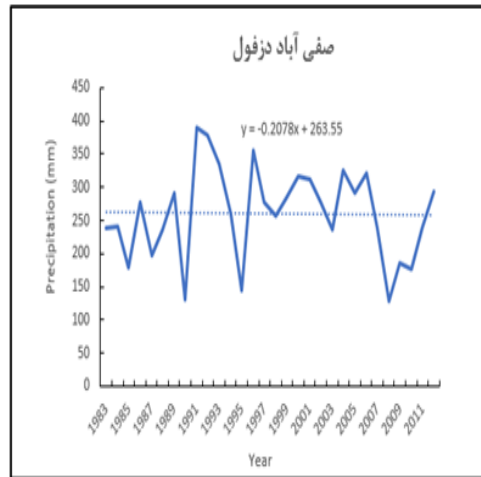
ادامه شکل ۲: روند خطی در سری زمانی میانگین‌های سالانه دما در ایستگاه‌های منتخب در استان خوزستان



شکل ۳: روند خطی در سری زمانی میانگین بارش سالانه در ایستگاه‌های منتخب در استان خوزستان



ادامه شکل ۳: روند خطی در سری زمانی میانگین بارش سالانه در ایستگاه‌های منتخب در استان خوزستان



ادامه شکل ۳: روند خطی در سری زمانی میانگین بارش سالانه در ایستگاه‌های منتخب در استان خوزستان

در ادامه به منظور بررسی معنی‌داری روند نتایج در سری‌های زمانی ماهانه و سالانه دما و بارش از آزمون من- کندال و جهت بررسی بزرگی شیب تغییرات از تخمین گر سن استفاده شد. جداول (۲) و (۳) نتایج آزمون‌های آماری برای سری‌های زمانی دما و بارش ماهانه و سالانه را در محدوده مطالعاتی نشان می‌دهد. براساس نتایج دست آمده مشاهده می‌شود که به طور کلی دما روند افزایشی و بارش روند کاهشی دارد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که براساس نتایج جدول (۲)، اکثر ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه در استان خوزستان روند افزایشی دمای سالانه را با استفاده از آزمون من - کندال نشان می‌دهند. همچنین تخمین گر سن، روند افزایشی دما را با شیب تغییرات از $+0/127$ تا $-0/160$ در این محدوده تأیید می‌کند. با توجه به نتایج به دست آمده از تخمین گر سن، بیشترین و کمترین مقدار کاهش معنی‌دار دمای سالانه در ایستگاه‌های بستان و مسجدسلیمان به ترتیب با شیب تغییرات $+0/127$ و $-0/016$ مشاهده شده است. با توجه به نتایج جدول (۳)، اکثر ایستگاه‌ها به جز بندر ماهشهر و امیدیه، روند کاهشی معنی‌دار در سطوح مختلف را در بارش سالانه نشان می‌دهند. براساس نتایج تخمین گر سن نیز ایستگاه باغملک و صفی آباد دزفول با $-3/411$ و $+0/948$ به ترتیب کمترین و بیشترین میزان بارندگی در ماه‌های مارس و نوامبر در ایستگاه‌های منتخب را در دوره مطالعاتی نشان می‌دهند.

جدول ۲: نتایج آزمون من - کندال برای سری های ماهانه و سالانه دما در محدوده مطالعاتی در دوره آماری ۲۰۱۲-۱۹۸۳

| ماه | صفی آباد (دزفول) | | رامهرمز | | مسجدسلیمان | | امیدیه | | بستان | | پندر ماهشهر | | باغشک | | اهواز | | آبادان | |
|--------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|
| | Q _{med} | Z | Q _{med} | Z | Q _{med} | Z | Q _{med} | Z | Q _{med} | Z | Q _{med} | Z | Q _{med} | Z | Q _{med} | Z | Q _{med} | Z |
| Jan | ۰/۰۴۵ | ۱/۱۸ | ۰/۰۶۲ | ۱/۶۸ | ۰/۰۱۶ | ۰/۵۴ | ۰/۰۵۱ | ۰/۹۳ | ۰/۰۴۴ | ۱/۰۷ | ۰/۰۵۱ | ۱/۲۱ | ۰/۰۵۶ | ۱/۸۶ | ۰/۰۴۲ | ۱/۱۱ | ۰/۰۵۹ | ۱/۲۵ |
| Feb | ۰/۰۶۲ | ۲/۳۶ | ۰/۰۷۹ | ۲/۷۸ | ۰/۰۵۷ | ۲/۳۹ | ۰/۰۶۵ | ۲/۵۰ | ۰/۰۷۰ | ۲/۳۶ | ۰/۰۷۳ | ۲/۳۶ | ۰/۰۸۲ | ۲/۶۸ | ۰/۰۶۷ | ۲/۲۵ | ۰/۰۷۹ | ۲/۷۵ |
| Mar | ۰/۰۸۷ | ۳/۳۲ | ۰/۱۱۴ | ۳/۶۰ | ۰/۱۰۲ | ۳/۲۸ | ۰/۱۰۴ | ۳/۶۶ | ۰/۱۱۱ | ۳/۵۵ | ۰/۱۰۰ | ۳/۶۰ | ۰/۰۹۸ | ۳/۸۵ | ۰/۱۱۲ | ۳/۵۳ | ۰/۱۱۳ | ۳/۰۰ |
| Apr | ۰/۰۵۸ | ۲/۲۸ | ۰/۰۹۱ | ۲/۵۲ | ۰/۰۳۶ | ۰/۹۳ | ۰/۰۵۵ | ۲/۰۰ | ۰/۰۷۴ | ۲/۸۲ | ۰/۰۶۴ | ۲/۴۳ | ۰/۰۷۲ | ۲/۱۴ | ۰/۰۶۰ | ۲/۵۰ | ۰/۰۸۲ | ۲/۴۶ |
| May | ۰/۰۶۰ | ۳/۳۵ | ۰/۱۰۳ | ۳/۸۵ | ۰/۰۵۵ | ۲/۷۵ | ۰/۰۷۵ | ۳/۵۷ | ۰/۱۰۴ | ۴/۳۵ | ۰/۰۸۴ | ۴/۱۴ | ۰/۰۶۷ | ۲/۵۷ | ۰/۰۸۱ | ۳/۴۶ | ۰/۰۸۱ | ۳/۸۵ |
| Jun | ۰/۰۷۲ | ۳/۳۵ | ۰/۱۰۹ | ۴/۲۸ | ۰/۰۶۶ | ۳/۷۱ | ۰/۰۶۸ | ۳/۵۹ | ۰/۱۳۷ | ۴/۷۱ | ۰/۰۸۲ | ۴/۳۲ | ۰/۱۲۲ | ۴/۳۹ | ۰/۰۹۲ | ۴/۵۰ | ۰/۰۹۹ | ۴/۶۴ |
| Jul | ۰/۰۴۰ | ۱/۸۹ | ۰/۰۷۱ | ۲/۳۹ | ۰/۰۲۰ | ۰/۸۶ | ۰/۰۲۹ | ۱/۵۰ | ۰/۰۷۸ | ۲/۸۹ | ۰/۰۳۱ | ۱/۸۲ | ۰/۰۵۶ | ۱/۷۵ | ۰/۰۵۱ | ۲/۲۸ | ۰/۰۵۱ | ۲/۸۴ |
| Aug | ۰/۰۵۴ | ۲/۰۰ | ۰/۰۷۱ | ۲/۵۲ | ۰/۰۳۴ | ۱/۴۶ | ۰/۰۳۵ | ۱/۴۳ | ۰/۰۸۸ | ۲/۶۸ | ۰/۰۵۶ | ۳/۱۸ | ۰/۰۰۹ | ۰/۶۱ | ۰/۰۷۳ | ۲/۶۸ | ۰/۰۶۶ | ۲/۵۳ |
| Sep | ۰/۰۲۵ | ۱/۳۹ | ۰/۰۷۴ | ۳/۴۶ | ۰/۰۰۸ | ۰/۳۶ | ۰/۰۴۵ | ۲/۶۴ | ۰/۰۶۶ | ۳/۳۵ | ۰/۰۲۹ | ۲/۵۰ | ۰/۰۲۹ | ۱/۰۷ | ۰/۰۵۰ | ۳/۵۳ | ۰/۰۶۲ | ۴/۴۶ |
| Oct | ۰/۰۷۳ | ۲/۹۳ | ۰/۰۹۴ | ۳/۰۰ | ۰/۰۶۵ | ۲/۲۸ | ۰/۰۶۷ | ۲/۳۶ | ۰/۱۰۳ | ۳/۵۰ | ۰/۰۸۴ | ۳/۱۰ | ۰/۰۲۶ | ۰/۸۹ | ۰/۰۹۹ | ۳/۸۲ | ۰/۱۰۸ | ۳/۶۰ |
| Nov | ۰/۰۰۶ | ۰/۳۶ | ۰/۰۰۹ | ۰/۴۳ | ۰/۰۱۶ | ۰/۸۹ | ۰ | ۰ | ۰/۰۰۳ | ۰/۳۱ | ۰/۰۰۶ | ۰/۱۴ | ۰/۰۰۶ | ۰/۱۶ | ۰/۱۷ | ۰/۸۶ | ۰/۰۱۱ | ۰/۴۸ |
| Dec | ۰/۰۵۷ | ۱/۷۳ | ۰/۰۶۳ | ۱/۸۶ | ۰/۰۴۱ | ۱/۲۸ | ۰/۰۵۵ | ۱/۳۶ | ۰/۰۵۱ | ۱/۵۰ | ۰/۰۴۳ | ۱/۳۶ | ۰/۰۳۳ | ۰/۷۹ | ۰/۰۵۳ | ۱/۴۶ | ۰/۰۵۳ | ۱/۲۵ |
| سالانه | ۰/۰۵۲ | ۳/۶۰ | ۰/۰۷۷ | ۴/۵۳ | ۰/۰۲۶ | ۳/۱۴ | ۰/۰۵۲ | ۳/۹۶ | ۰/۰۷۵ | ۴/۶۷ | ۰/۰۵۸ | ۴/۴۲ | ۰/۰۴۵ | ۳/۲۵ | ۰/۰۶۲ | ۴/۲۱ | ۰/۰۶۸ | ۴/۲۵ |

*روندهای معنی دار در سطوح ۰.۱، ۰.۵ و ۱ درصد به ترتیب با یک، دو و سه ستاره مشخص شده اند
 واحد شیب سن، درجه سانتی گراد در ماه/سال است

منبع: [نام منبع]

جدول ۲: نتایج آزمون من - کندال برای سری های ماهانه و سالانه بارش در محدوده مطالعاتی در دوره آماری ۲۰۱۲-۱۹۸۳

| ماه | ایستگاه | | | | | | | | | | | | |
|--------|------------------|---------|------------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|------------------|--------|----------|-------|
| | صفی آباد (دزفول) | رامهرمز | مسجدسلیمان | امیدیه | پستان | پندر ماهشهر | باغملک | اهواز | آبادان | Q _{med} | Z | من کندال | |
| Jan | -۰/۰۳۷ | -۰/۲۹۵ | -۰/۲۹۹ | ۰/۳۶۷ | ۰/۳۱۰ | ۰/۱۸۳ | -۱/۷۵۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۲۴۲ | ۰/۱۷۵ | ۰/۱۸۳ | ۰/۲۴۲ | ۰/۱۵۵ |
| Feb | -۰/۱۰۷ | -۰/۲۳۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۲۳ | -۰/۰۸۰ | ۰/۰۸۷ | -۰/۶۱۳ | ۰/۰۰۳ | -۰/۱۰۰ | -۰/۶۱۳ | ۰/۰۸۷ | -۰/۱۰۰ | -۰/۲۳ |
| Mar | -۱/۵۲۲ | -۱/۱۰۵ | -۳/۰۰۹ | -۱/۲۴۰ | -۱/۰۵۱ | -۰/۶۷۶ | -۲/۴۱۱ | -۱/۳۰۸ | -۰/۷۵۰ | -۲/۴۱۱ | -۰/۶۷۶ | -۰/۷۵۰ | -۲/۸۲ |
| Apr | ۰/۲۱۹ | -۰/۴۷ | ۰/۲۶۹ | -۰/۰۰۴ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۵۷ | ۰/۳۶۲ | ۱/۰۰۰ | ۰/۰۷۹ | ۰/۳۶۲ | ۰/۰۵۷ | ۰/۰۷۹ | ۰/۰۰ |
| May | -۰/۰۰۸ | -۰/۵۵ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | -۰/۰۴۰ | -۰/۰۹۸ | ۰/۰۰۰ | -۰/۰۴۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | -۰/۶۸ |
| Jun | ۰/۰۰۰ | ۰/۳۲ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۸ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۳۲ |
| Jul | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰ |
| Aug | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰ |
| Sep | ۰/۰۰۰ | ۰/۵۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۳۶ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰ |
| Oct | ۰/۰۰۱ | -۰/۱۴ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۳۲ | -۰/۶۲ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۸۴ |
| Nov | -۰/۹۴۸ | -۰/۲۸ | ۰/۱۵۸ | ۰ | -۰/۲۳۹ | ۰/۰۷۹ | ۰/۲۴۰ | -۰/۲۸۵ | -۰/۹۴ | ۰/۲۴۰ | ۰/۰۷۹ | -۰/۲۸۵ | -۰/۶۶ |
| Dec | ۰/۱۷۰ | -۰/۲۷۴ | ۰/۸۲۳ | ۰/۳۶ | ۰/۱۴۵ | ۰/۲۲۸ | ۰/۰۱۳ | -۰/۱۰۸ | ۰/۲۹۹ | ۰/۰۱۳ | ۰/۲۲۸ | -۰/۱۰۸ | ۰/۷۳ |
| سالانه | -۰/۰۰۲ | -۰/۱۱۲ | -۰/۱۳۰ | ۰/۴۰ | -۰/۰۸۸ | ۰/۰۵۴ | -۰/۳۷۶ | -۰/۱۰۵ | -۰/۴۲ | -۰/۳۷۶ | ۰/۰۵۴ | -۰/۱۰۵ | -۰/۶۸ |

*روندهای معنی دار در سطح ۰،۱۰، ۵ و ۱ درصد به ترتیب با یک، دو و سه ستاره مشخص شده اند
 واحد شیب سن، میلیمتر در ماه/سال است

من کندال (Q_{med})

نتیجه‌گیری

نتایج روند خطی در دوره پایه بر روی داده‌های دمای سالانه در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، افزایشی است. همچنین ملاحظه می‌گردد که روندهای خطی مشاهده شده در مقادیر بارش سالانه، در اکثر ایستگاه‌ها، به جز ایستگاه‌های بندر ماهشهر و امیدیه، کاهش‌ی است. روند افزایش دمای سالانه در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان خوزستان، در دوره پایه ۲۰۱۲-۱۹۸۳ اتفاق افتاده است. تحلیل نتایج روند خطی و آزمون آماری من‌کندال برای سری‌های زمانی دمای سالانه در دوره آماری ۱۹۸۳-۲۰۱۲، روند افزایشی با سطوح معنی‌داری بالای یک درصد در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان داده است. مطالعات آشکارسازی و شناسایی روند تغییرات در متغیرهای اقلیمی وهیدرولوژیکی اولین گام در مطالعات پدیده تغییر اقلیم می‌باشد. به طور کلی، نتایج استفاده از آزمون‌های آماری من‌کندال و تخمینگر سن به عملکرد موافقی اشاره می‌کند که در شناسایی روند متغیرهای هواشناسی وجود دارد. علاوه بر این، تحقیقات بیشتری در مقایسه بین نتایج حاصل از آزمون من‌کندال و دیگر آزمون‌های شناسایی روند توصیه می‌شود. لذا پیشنهاد می‌گردد به منظور نسبت دهی تغییرات رخ داده به تغییر اقلیم (افزایش گازهای گلخانه‌ای)، نسبت دهی این تغییرات به پدیده تغییر اقلیم از طریق متغیرهای اقلیمی دما و بارش و با توجه به فرآیندهای اقلیمی و با استفاده از مدل AOGCM و در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های مربوطه انجام گیرد.

منابع

- ابطحی، س. م.، سیف، ع. و خسروشاهی، م. (۱۳۹۳). بررسی روند دما و بارش در حوضه دریاچه نمک کاشان طی نیم سده گذشته. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۲۱، شماره ۱، ص ۱-۱۲.
- امیررضاییه، ع. ر.، پرهت، ج. و احمدی، ف. (۱۳۹۵). بررسی روند تغییرات بارش و دمای شمال غرب کشور در نیم قرن اخیر. مجله آبیاری و زهکشی ایران، دوره ۱۰، شماره ۶، ص ۸۰۹-۷۹۷.
- حسینی، س. ا.، مجیدی، ل.، بالی، ع. و شیراوند، ه. (۱۳۹۹). بررسی نوسانات منطقه‌ای دما و بارش در جنوب غرب آسیا. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره ۴۲، ص ۱۶۷-۱۵۵.
- خسروی، م.، جاودانی خلیفه، ن. و محمدنیا قرایی، س. (۱۳۸۲). بررسی سری زمانی دمای همزمانی در مشهد با نوسانات دمای زمین. سومین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور، ۲۹ مهر ۱۳۸۲، اصفهان، ایران.
- عبدلی، س.، عزیزی، ق. و بونا، ر. (۱۳۹۹). ارزیابی تغییرات دمای هوا و بارش در منطقه پربارش نیمه غربی ایران تحت شرایط تغییر اقلیم. جغرافیای طبیعی، دوره ۱۳، شماره ۴۷، ص ۳۳-۱۹.
- کامیابی، س. و عبدی، ک. (۱۳۹۹). آشکارسازی و تحلیل روند تغییرات اقلیم (بارش و دما) در محدوده ساری. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۲۲، شماره ۷، ص ۱۷۹-۱۶۵.
- هاشم‌زاده، م.، عزیزی، ق.، کریمی، م.، خوش‌اخلاق، ف. و شمسی‌پور، ع. ا. (۱۳۹۹). ارزیابی پایگاه داده بازکاوی ERA- Interim در ارزیابی توزیع زمانی - مکانی و روند تندی باد در شرق ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۲، شماره ۴، ص ۵۳۳-۵۱۵.

IPCC. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and H.L. Miller [eds]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp 996.

IPCC. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., Qin, D. and Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and P.M. Midgley. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Kendall, M. G. (1970). Rank Correlation Methods, 2nd Ed., New York: Hafner.

Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend, *Econometrica*, 13: 245-259

Panda, A. and Sahu, N. (2019). Trend analysis of seasonal rainfall and temperature pattern in Kalahandi, Bolangir and Koraput districts of Odisha, India. *Atmospheric Science Letters*, 20: e 932, pp: 1-10.

Radhakrishnan, K., Sivaraman, I., Jena, S. K., Sarkar, S. and Adhikari, S. (2017). A Climate Trend Analysis of Temperature and Rainfall in India. *Climate Change and Environmental Sustainability*, 5(2), pp: 146-153.

Tabari, H. and Hosseinzadeh-Talaei, P. (2011). Recent trends of mean maximum and minimum air temperatures in the western half of Iran. *Journal of Meteorological Atmosphere Physics*. 111, pp: 121-131.

Tabari, H. and Hosseinzadeh-Talaei, P. (2011). Temporal variability of precipitation over Iran: 1966-2005. *Journal of Hydrology*, 396(3), pp: 313-320.

Tabari, H., Shifteh Somee, B. and Rezaeian Zadeh, M. (2011). Testing for long-term trends in climatic variables in Iran. *Atmos. Res*, 100(1), pp :132-140.

Xu, Z., Liu, Z., Fu, G. and Chen, Y. (2010). Trends of major of Hydro climatic variables in the Tarim River basin during the past 50 years. *Journal of Arid Environments*, 74, pp: 256-267.

Yang, X. L., Xu, L. R., Li, C. h., Hu, J. and Xia, X.H. 2012. Trends in temperature and precipitation in the Zhangweinan River basin during last 53 years. *Procedia Environmental Sciences*, 13, pp: 1966-1774.

Temperature and Precipitation Changes in Meteorological Stations of Khuzestan Province

Saeed Pakdel¹ and Narges Zahrabi^{2*}

- 1) Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
- 2) Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

*Correspondence Author: nargeszohrabi@gmail.com

Received Date: 2021. 03. 06

Accepted Date: 2021. 08. 29

Abstract

The phenomenon of climate change is one of the vital issues for human beings today, and drought, as a climatic anomaly with symptoms of lack of rainfall and available water resources, occurs over a wide range over time. Among climatic variables, temperature and precipitation are the most important variables whose changes are directly reflected in soil moisture and surface and groundwater flows. In the present study, after collecting monthly precipitation and temperature data in the statistical period of 2012-1983 and examining their quality, homogeneity and validity, using the non-parametric I-Kendall test to investigate the trend of temperature and precipitation changes in selected meteorological stations in the province. Khuzestan was paid. The results of the studied statistical period show an increase in the trend of annual temperature changes in all selected stations of the province. According to the obtained results, the average annual temperature in Ramhormoz, Bostan and Abadan stations with 7.8 Co and 7.5 Co, respectively And 7 Co in the study period of 1983-1982 show the highest upward trend, and similarly, Masjed-e-Soliman station shows the lowest upward slope with an annual temperature increase of 4.2 Co in the thirty-year period. According to the results, the average annual rainfall shows a decreasing trend of this variable in most stations. But the variable of precipitation, unlike temperature, does not show uniform changes. In this study, Mahshahr and Omidiyeh port stations, which are located in the southeastern part of the province, have shown a relative increase in rainfall in the 30-year period of 1983-2012.

Keywords: Trend, temperature, precipitation, synoptic, Man-Kendall test, Khuzestan province.