

تحلیل روند پارامترهای اقلیمی استان خوزستان با استفاده از آزمون من کندال (TFPW-MK)

علی اکبر نوروزی^{۱*}، مهدی همایی^۲، مینا ترکمان^۳

۱- * دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران

۲- استاد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

* ایمیل نویسنده مسئول: noroozi.aa@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۸

چکیده

امروزه پدیده‌ی تغییر اقلیم سبب بروز نگرانی‌های فراوانی در نقاط مختلف جهان شده است. به همین دلیل پژوهشی در راستای یافتن ردپایی از این پدیده جهانی در استان خوزستان انجام شد. بدین منظور، از اطلاعات هواشناسی شامل پارامترهای دمایی، بارندگی، تبخیر و تعرق و رطوبت نسبی برای ۱۵ ایستگاه هواشناسی در بازه زمانی ۲۱ ساله (۱۹۹۶-۲۰۱۶) و آزمون نموداری من کندال برای تعیین روند استفاده شد. نتایج نشان دهنده‌ی روند معنادار کاهشی در پارامتر بارندگی برای ایستگاه‌های صفی آباد، هندیجان، مسجدسلیمان و بندر ماهشهر با سطح اطمینان ۹۵٪ و امیدیه با سطح اطمینان ۹۹٪ بود. همچنین، روند افزایشی معناداری با سطح اطمینان ۹۵٪ در بیشتر ایستگاه‌ها در پارامترهای دمایی برقرار بوده که این روند در ایستگاه‌های بستان، هندیجان و ایذه با سطح اطمینان ۹۹٪ وجود داشته است. روند افزایشی معنادار تبخیر و تعرق در دو ایستگاه بستان و صفی آباد با سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ و روند کاهشی معنادار با سطح اطمینان ۹۹٪ برای ایستگاه‌های شوشتر، ایذه، آبادان، مسجدسلیمان و اهواز مشاهده شد. همچنین روند کاهشی معنادار در ایستگاه‌های بستان، صفی آباد، ایذه، امیدیه و مسجدسلیمان در پارامتر رطوبت نسبی وجود داشت که همه این تغییرات نشان دهنده اثر تغییر اقلیم در منطقه می‌باشد.

کلمات کلیدی

"تغییر اقلیم"، "خوزستان"، "روندیابی"، "من کندال"

اند و به نرمال بودن داده‌ها حساس نیستند (Chen, et al., 2007; Hamed and Rao, 1998; Yue, et al., 2002). آزمون من کندال یک آزمون غیرپارامتری است که در پژوهش‌های بررسی روند متغیرهای آب و هواشناسی از آن استفاده می‌شود. در این رابطه می‌توان به پژوهش‌های جلنز (Gellens, 2000)، کاهیا و کالایسی (Kahya and Kalayci, 2004)، گادگیل و دورده (Gadgil and Dhorde, 2005)، لی و همکاران (Li, et al., 2008) و یانینگ و همکاران (Yanling, et al., 2009) اشاره نمود (سبزی پرور و شادمانی، ۱۳۹۰). دارابی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از روش آماری من کندال، روند تغییرات اقلیمی پارامترهای بارش، دما، باد و رطوبت نسبی استان قم را برای سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۲ مورد مطالعه قرار دادند و متوجه شدند که میانگین حداقل و متوسط دمای سالانه دچار جهش اقلیمی و بارندگی فاقد روند معنی‌دار می‌باشد. همچنین دریافتند که میانگین رطوبت نسبی نوسانات زیادی داشته و روند آن افزایشی است. ونگ و همکاران (Wang et al., 2014) با انجام پژوهشی در چین با استفاده از آزمون من کندال بر روی پارامترهای اقلیمی دما، رطوبت نسبی و باد برای سال‌های ۱۹۵۴ تا ۲۰۱۲ متوجه روند مثبت دما و کاهش رطوبت نسبی و سرعت باد شدند. بلین (Blain, 2014) با استفاده از آزمون من کندال به بررسی تغییرات اقلیمی بر روی داده‌های ماهانه، حداقل و حداکثر بارش و دما در برزیل پرداختند. نتایج نشان‌دهنده اثرات تغییر اقلیم بود. رحیمی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی پارامترهای دما، بارش و تبخیر در دامنه‌های شمالی رشته‌کوه‌های کرکس برای دوره‌های زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۹ و ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۷ متوجه شدند که داده‌های مورد بررسی در

۱- مقدمه

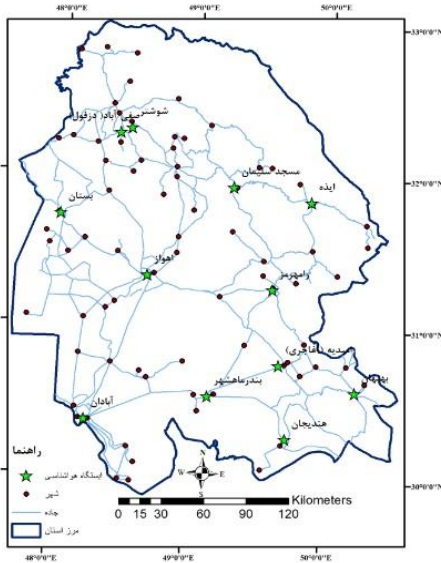
تغییر اقلیم از چالش‌های بسیار مهم در سده‌ی ۲۱ می‌باشد. گرمای جهانی سبب تغییرات بسیار ناپایداری در پارامترهای اقلیمی مانند: تغییرات در الگوی بارندگی و تناوب و شدت تغییرات آب و هوایی شده است (Ferrianta et al., 2014). موضوع تغییر اقلیم به جهت تأثیر بر ابعاد مختلف زندگی بشر و وابستگی فعالیت‌های بشر به آن به یکی از دغدغه‌های اصلی دانشمندان مرتبط با علوم جوی تبدیل شده است و بسیاری از پژوهشگران سعی در شناخت ابعاد مختلف این پدیده مهم دارند. تغییر در عناصر اقلیمی به ویژه دما و بارش از مهمترین نشانه‌های این پدیده به شمار می‌آید (نصرآبادی، ۱۳۹۵). تغییرات دما و بارش در نقاط مختلف زمین از روند یکسانی پیروی نمی‌کند و تغییر اقلیم لزوماً به معنی تغییر همزمان بارش و دما نیست (Clerk, 2003). مقدار، توزیع و تغییرات زمانی و مکانی بارش و دما از عوامل اساسی برای تصمیم‌گیری، مدیریت، برنامه‌ریزی و طراحی به‌ویژه در مناطقی همچون کشور ایران است که به لحاظ جغرافیایی در نوار عرضی ۲۸ تا ۴۸ درجه شمالی قرار دارد و دارای اقلیم خشک و نیمه-خشک است (دارابی و همکاران، ۱۳۹۵). جهت تشخیص روند در سری‌های زمانی متغیرهای آب و هواشناسی از آزمون‌های مختلفی استفاده می‌گردد که این آزمون‌ها به دو دسته پارامتری و غیرپارامتری قابل تفکیک می‌باشند. آزمون‌های پارامتری نسبت به آزمون‌های غیرپارامتری توان بیشتری در تشخیص روند دارند و هنگام استفاده از آنها بایستی داده‌ها تصادفی و دارای توزیع نرمال باشند. از طرف دیگر آزمون‌های غیرپارامتری در صورت تصادفی بودن داده‌ها قابل استفاده-

سطح اطمینان ۹۵٪ پارامترهای دما به ویژه میانگین کمینه‌ی سالانه به ویژه فصل زمستان، روزهای با بارش بیش از ده میلی متر سیر افزایشی و بارش سالانه بدون روند است. در دوره آماری بیست ساله‌ی (۲۰۰۷-۱۹۸۷) داده‌های دما و تبخیر از سیر صعودی با شتاب بیشتری نسبت به دوره‌ی ۲۰۰۹-۱۹۸۰ همراه بوده و میانگین‌های سالانه، بیشینه و کمینه‌ی دما معنی‌دار و دارای روند افزایشی، بارش فاقد روند و تبخیر بدون روند می‌باشد

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۰۵۷ کیلومترمربع، بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی از خط استوا، در جنوب غربی ایران واقع شده است. این استان از شمال غربی با استان ایلام، از شمال با استان لرستان، از شمال شرقی و شرق با استان‌های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب با خلیج فارس و از غرب با کشور عراق هم‌مرز است (سازمان هواشناسی کشور). برای تهیه داده‌های زمینی از اطلاعات مربوط به ۱۵ ایستگاه هواشناسی استان خوزستان استفاده شد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه در جدول زیر آمده است.



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان خوزستان

برای انجام این پژوهش از داده‌های اقلیمی (بارش متوسط، تبخیر و تعرق متوسط، رطوبت متوسط و پارامترهای دما) تهیه شده از سازمان هواشناسی استان تهران برای یک دوره‌ی آماری ۲۱ ساله از ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ استفاده شده است. برای تحلیل روند پارامترهای اقلیمی از آزمون من کندال استفاده شده است که در ادامه به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

• آزمون ناپارامتری من کندال

این آزمون ابتدا در سال ۱۹۴۵ توسط "Mann" ارائه شد و سپس در سال ۱۹۶۶ توسط "Kendall" توسعه یافت. این آزمون نیاز به توزیع فراوانی نرمال و یا خطی بودن رفتار داده‌ها ندارد و نسبت به داده‌هایی که در رفتار خطی انحراف دارند بسیار قوی عمل کرده و به منظور ارزشیابی روند به کار برده می‌شود (دارابی و همکاران، ۱۳۹۵). در این آزمون فرض صفر (H_0) و فرض مقابل (H_1) به ترتیب معادل بدون روند و وجود روند در سری زمانی داده‌های مشاهده‌ای است. این آزمون به دو روش انجام می‌شود:

۱- آزمون آماره T من کندال:

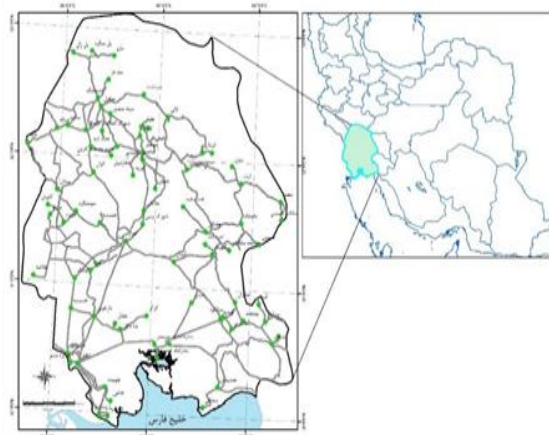
برای انجام این آزمون ابتدا باید آماره S را با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i) \quad (1)$$

که در آن X_j مقدار داده j ام، n تعداد داده‌ها و $\text{sgn}(\theta)$ تابع علامت و با رابطه زیر قابل محاسبه است:

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

من (۱۹۴۵) و کندال (۱۹۷۵) نشان دادند که برای مقادیر $n \leq 8$ ، آماره S دارای توزیع نرمال بوده و میانگین و واریانس آن رابطه زیر به دست می‌آید (ترابی پوده و امامقلی زاده، ۱۳۹۳):



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان خوزستان

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه در

استان خوزستان		
ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
بستان	۳۱.۷۰۷۷۸	۴۸.۰۱
بندر ماهشهر	۳۰.۵۴۵۵۶	۴۹.۱۵۹۱۷
بهبهان	۳۰.۶۰۵۵۶	۵۰.۲۱۷۲۲
اهواز	۳۱.۳۴۶۷۲	۴۸.۷۴۶۱۷
مسجد سلیمان	۳۱.۹۸۳۳۳	۴۹.۲۴۰۸۳
رهمرز	۳۱.۲۷۲۷۸	۴۹.۵۹۶۳۹
صفی آباد	۳۲.۲۵۳۳۳	۴۸.۴۳۳۰۶
شوشتر	۳۲.۰۵	۴۸.۸۳۳۳۳
امیدیه	۳۰.۷۴۲۵	۴۹.۶۸۷۷۸
ایذه	۳۱.۸۴۷۵	۴۹.۸۵۴۴۴
هندیجان	۳۰.۲۴۹۴۴	۴۹.۷۰۶۳۹
آبادان	۳۰.۳۷۷۲۲	۴۸.۲۱۴۷۲

در روابط فوق N حجم نمونه آماری مورد مطالعه است. محل تلاقی شاخص U_i و U'_i با نشانه تغییر ناگهانی در رفتار زمانی سری آماری است. عدم تلاقی منحنی و یا قرارگیری آنها در داخل محدوده ۹۵ درصد اطمینان، تغییرات معنی داری را در داده‌ها نشان نمی‌دهد، اما اگر خطوط مذکور همدیگر را در داخل محدوده بحرانی $1/96 \pm$ و $2/58 \pm$ قطع کنند و سپس از محدوده بحرانی خارج شوند، نشانه تغییری ناگهانی و روندی معنی‌دار به ترتیب در سطح ۹۵ درصد و ۹۹ درصد اطمینان است. اگر منحنی U به طرف مثبت حرکت کند روند مثبت و در غیر این صورت روند منفی دارد. تلاقی‌های بیرون از محدوده بحرانی بیانگر تغییر ناگهانی رفتار سری است (علیچانی و همکاران، ۱۳۸۹)

• روش حذف اثر خودهمبستگی

در تحلیل روند، شرط استفاده از آزمون من کندال مستقل بودن داده‌ها و عدم وجود ضریب خودهمبستگی معنی‌دار در سری زمانی داده‌ها است. وجود همبستگی معنی‌دار در سری‌های زمانی موجب ایجاد خطا در نتایج آزمون‌های ناپارامتری می‌شود. بنابراین در این پژوهش ابتدا از روش پیش سفید کردن بدون روند (TFPW) که ابتدا توسط (VonStorch, 1995) ارائه شده است، استفاده شده و پس از حذف ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار از داده‌ها، آزمون من کندال بر روی داده‌های پیش سفید شده اجرا شد. مراحل انجام پیش سفید کردن داده‌ها به صورت زیر است (باقرپور و همکاران، ۱۳۹۶):
ابتدا شیب روند در داده‌ها با استفاده از روش تیل و سن (TSA) (Sen, 1968) محاسبه می‌شود. اگر شیب برابر با صفر بود لزومی برای ادامه آنالیز روند نمی‌باشد، در غیر این صورت، فرض می‌شود که روند خطی است و با استفاده از رابطه (۶) از بین می‌رود:

$$b = \text{Median}\left(\frac{X_i - X_j}{j - i}\right) \quad (11)$$

$$X' = X_t - T_t = X_t - bt \quad (12)$$

که در آن b شیب روند، X_t داده مشاهداتی در زمان t و X' مقدار خود همبستگی مرتبه اول سری بدون روند می‌باشد.

ضریب خود همبستگی مرتبه اول سری بدون روند X'_t با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k} \sum_{t=1}^{n-k} [X'_t - E(X'_t)](X'_{t+k} - E(X'_{t+k}))}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n [X'_t - E(X'_t)]^2}$$

$$E(X'_t) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X'_t \quad (13)$$

که در آن Γ_1 ضریب خودهمبستگی مرتبه ۱ داده‌های نمونه سری بدون X'_t و $E(X'_t)$ میانگین داده‌های نمونه می‌باشد. سپس مقدار ضریب خودهمبستگی مرتبه اول $AR(1)$ از داده‌ها با استفاده از رابطه (۷) حذف می‌شود. باقی‌مانده‌ها بعد از حذف روند باید یک سری مستقل را تشکیل دهند.

$$Y'_t = X'_t - rX'_{t-1} \quad (14)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{m=1}^n t_m(t_m-1)(2t_m+5)}{18} \quad (3)$$

که در آن m_i تعداد داده‌های یکسان در دسته i ام می‌باشد. آماره آزمون من کندال (Z) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

اگر آماره Z مثبت باشد روند صعودی و اگر منفی باشد روند نزولی در نظر گرفته می‌شود. با توجه به سطح معنی‌دار ۹۵ درصد اگر $|Z| > 1.96$ باشد، فرض صفر رد شده و سری زمانی پارامتر مورد مطالعه دارای روند معنی‌دار و در غیر این صورت فاقد روند ارزیابی می‌شود (سبزی پرور و شادمانی، ۱۳۹۰).

۲- آزمون نموداری من کندال:

مراحل اجرای آزمون به اختصار به شرح زیر است:

داده‌ها را رتبه بندی کرده و آماره t_i که نسبت رتبه I به رتبه‌های قبلی آن تعریف می‌شود را محاسبه نموده و سپس فراوانی تجمعی آماره t_i ($\sum t_i$) را به دست می‌آوریم. امید ریاضی، واریانس و شاخص من کندال براساس فرمول‌های زیر محاسبه می‌شوند (زاهدی و همکاران، ۱۳۸۶).

$$E_i = \frac{n_i(n_i-1)}{4} \quad (5)$$

$$V_i = \frac{n_i(n_i-1)(2n_i+5)}{72} \quad (6)$$

$$U_i = \frac{(\sum t_i - E_i)}{\sqrt{V_i}} \quad (7)$$

در روابط شماره ۵ و ۶، Π_i ترتیب زمانی داده‌ها می‌باشد. برای بررسی تغییرات باید شاخص U'_i نیز محاسبه شود: داده‌ها را رتبه‌بندی کرده و آماره t'_i که نسبت رتبه I به رتبه‌های بعدی آن تعریف می‌شود را مشخص کرده و سپس فراوانی تجمعی t'_i را محاسبه می‌کنیم. امید ریاضی، واریانس و شاخص U'_i به شرح زیر است:

$$E'_i = \frac{[N-(n_i-1)](N-n_i)}{4} \quad (8)$$

$$V'_i = \frac{[N-(n_i-1)](N-n_i)[2(N-(n_i-1))] + 5}{72} \quad (9)$$

$$U'_i = \frac{-(\sqrt{t'_i - E'_i})}{\sqrt{V'_i}} \quad (10)$$

در این مرحله مقادیر روند حذف شده با مقادیر باقی مانده جمع می شود:

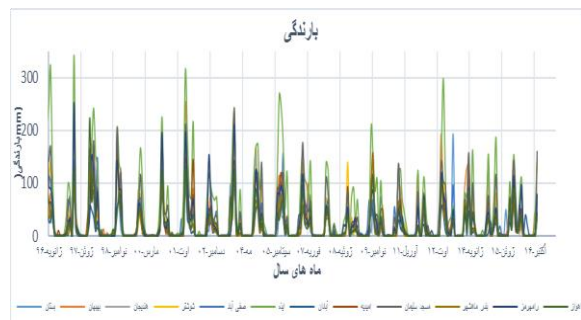
$$Y_t = Y'_t + T_t \quad (15)$$

حال آزمون من کندال بر روی سری Y_t اجرا می شود.

۳- نتایج

• بارندگی:

در تمامی ایستگاه های هواشناسی مورد مطالعه، شیب نمودار مربوط به بارندگی در طول دوره آماری به صورت کاهشی است. در بیشتر سال ها ایستگاه ایذه پرباران ترین ایستگاه و آبادان کم باران ترین ایستگاه بوده است (شکل ۳).



شکل ۳- نمودار بارندگی ماهانه ایستگاه های هواشناسی استان خوزستان در طول دوره آماری

با توجه به شکل ۴ نتایج آزمون من کندال در ایستگاه هندیجان در سال های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۰ یک روند کاهشی در سطح اطمینان ۹۵٪ وجود دارد. در ایستگاه صفی آباد، در سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ روند کاهشی معنادار در سطح اطمینان ۹۵٪ و از سال ۲۰۱۰ به بعد با سطح اطمینان ۹۹٪ قابل مشاهده است. در ایستگاه امیدیه در سال ۲۰۰۱ و همچنین از سال ۲۰۱۱ به بعد حاکمیت روند کاهشی با سطح اطمینان ۹۵٪ قابل تشخیص است. در ایستگاه مسجدسلیمان برای سال های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ یک روند کاهشی با سطح اطمینان ۹۵٪ مشاهده می شود. در ایستگاه بندرماهشهر روند کاهشی در سال های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ با سطح اطمینان ۹۵٪ وجود دارد.

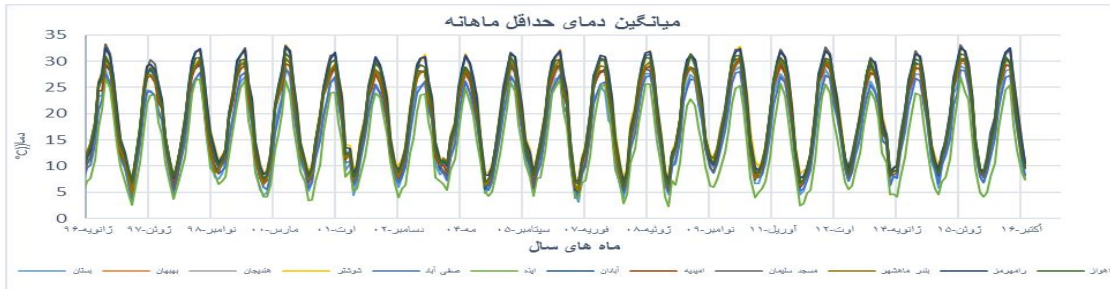


شکل ۴- چند نمونه از نمودارهای تغییر روند بارندگی در ایستگاه های هواشناسی استان خوزستان به روش من کندال

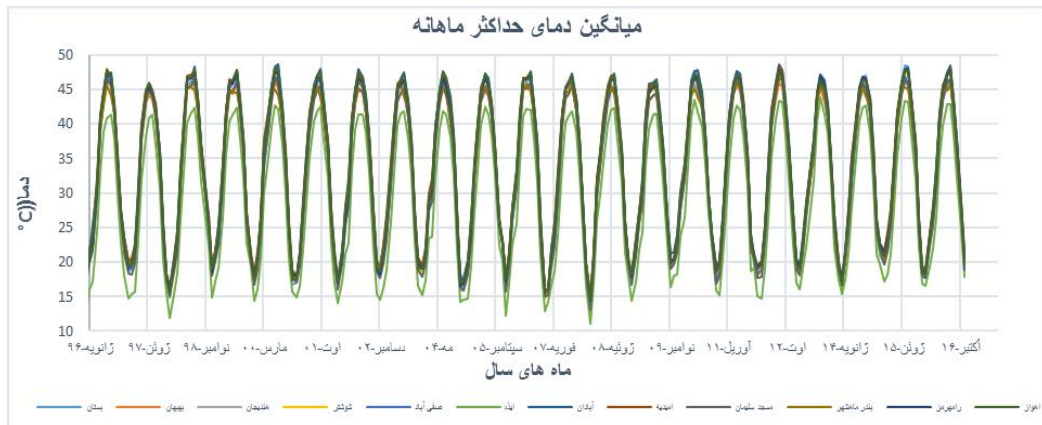
• پارامترهای دمایی:

در ایستگاه هواشناسی صفی آباد شیب نمودار مربوط به دمای حداقل به صورت افزایشی و دمای حداکثر و متوسط به صورت کاهشی است. در صورتی که در ایستگاه ایذه دمای حداقل در طول دوره آماری کاهش و دمای حداکثر و دمای متوسط افزایش داشته است. در سایر ایستگاه های هواشناسی در طول دوره آماری هر سه پارامتر دمایی دارای شیب نمودار افزایشی بوده اند (شکل ۵ و ۶ و ۷). بیشترین مقدار دمای حداقل در طول دوره آماری مربوط به ایستگاه شوشتر و پس از آن ایستگاه رامهرمز و کمترین مقدار آن مربوط به ایستگاه ایذه است (شکل ۵). ایستگاه های امیدیه، آبادان و اهواز بیشترین مقدار دمای حداکثر و ایستگاه ایذه کمترین مقدار دمای حداکثر را در طول دوره آماری دارا بوده اند (شکل ۶). دمای متوسط در ایستگاه شوشتر

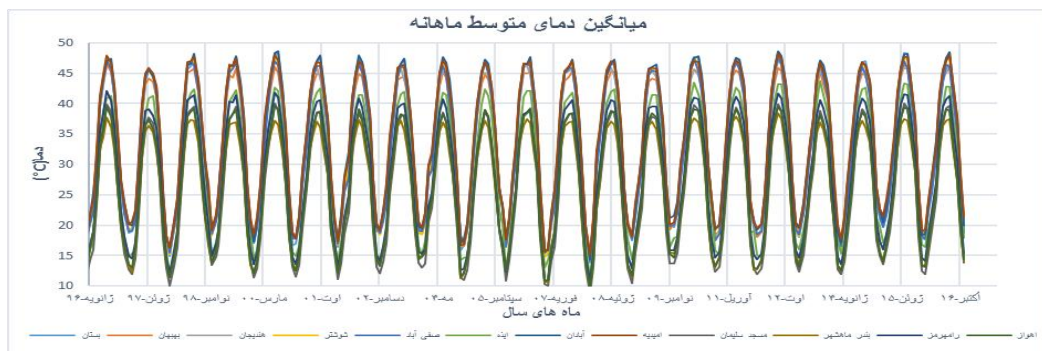
بیشترین مقدار و در ایستگاه ایذه کمترین مقدار را در طول دوره آماری داشته است (شکل ۷).



شکل ۵- نمودار دمای حداقل ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان در طول دوره آماری



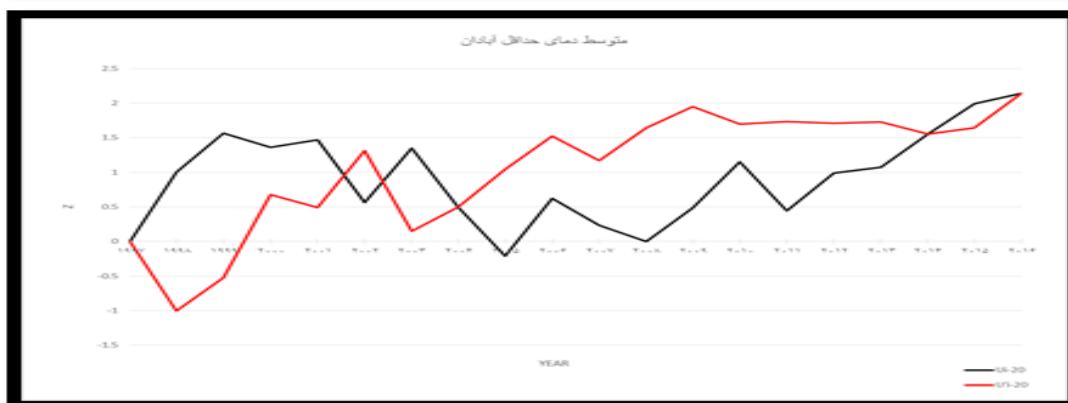
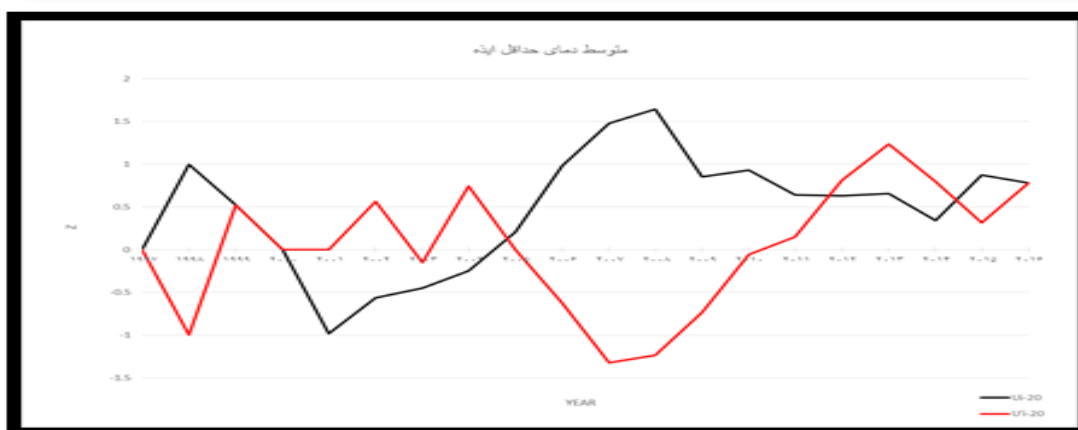
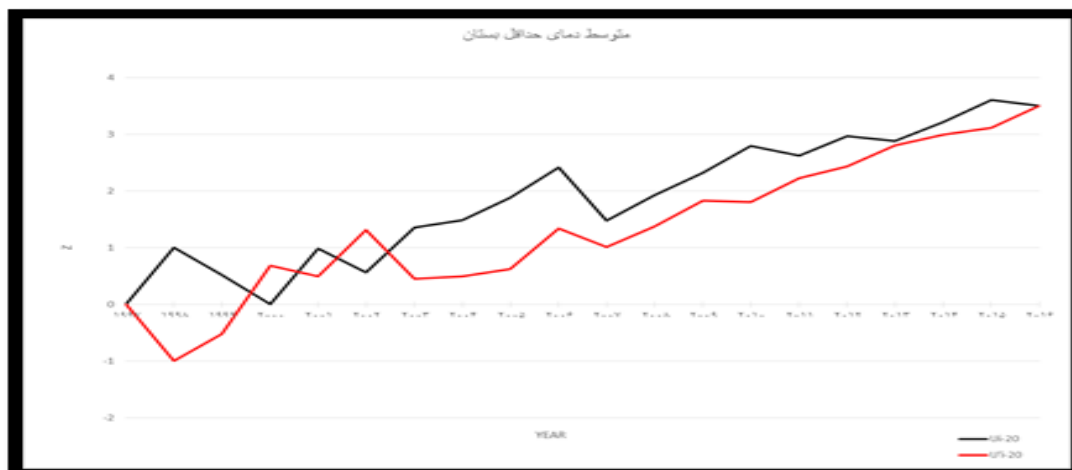
شکل ۶- نمودار دمای حداکثر ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان در طول دوره آماری



شکل ۷- نمودار دمای متوسط ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان در طول دوره آماری

آبادان یک جهش در سال ۲۰۱۴ وجود دارد و پس از آن روند افزایشی با سطح اطمینان ۹۵٪ قابل تشخیص است. در ایستگاه امیدیه روند افزایشی معنی‌دار در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵ وجود دارد. در ایستگاه مسجدسلیمان در سال ۲۰۰۷ یک روند معنی‌دار کاهشی با سطح اطمینان ۹۵٪ وجود دارند. در ایستگاه بندرماهشهر روند افزایشی معنی‌دار با سطح اطمینان ۹۵٪ برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ وجود دارد. در ایستگاه اهواز در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵ روند افزایشی معنی‌دار ۹۵٪ وجود دارد.

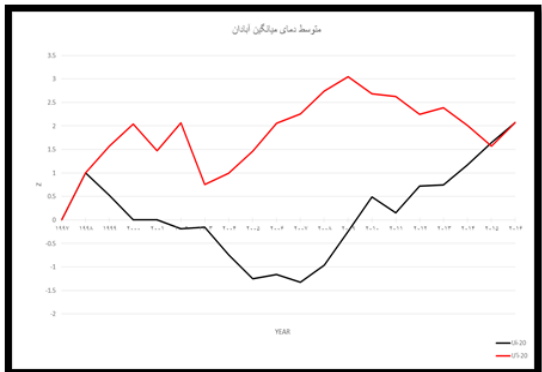
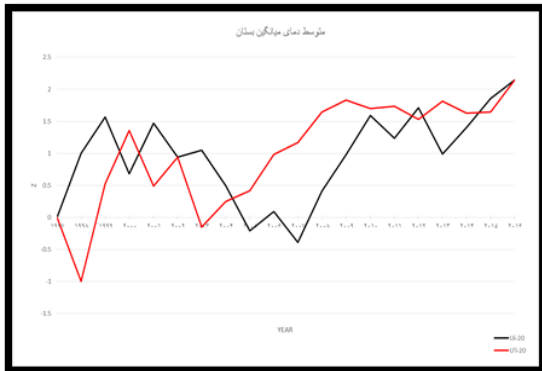
با توجه به شکل ۸ در رابطه با دمای حداقل، نتایج آزمون من کندال در ایستگاه بستان در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۹ نشان‌دهنده روند افزایش معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ و از سال ۲۰۰۹ به بعد روند افزایشی با سطح اطمینان ۹۹٪ است. در ایستگاه هندیجان مقادیر U نشان‌دهنده روند معنی‌دار افزایشی در سطح اطمینان ۹۵٪ برای سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۱، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۴ و در سطح اطمینان ۹۹٪ برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ می‌باشد. در ایستگاه شوشتر در سال ۲۰۱۰ در سطح اطمینان ۹۵٪ افزایش معنی‌دار وجود دارد. در ایستگاه صفی‌آباد با توجه به مقادیر U در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۲، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ حاکمیت روند مثبت در سطح اطمینان ۹۵٪ وجود دارد. در ایستگاه



شکل ۸- چند نمونه از نمودارهای تغییر روند دمای حداقل در ایستگاه های هواشناسی استان خوزستان به روش من کندال

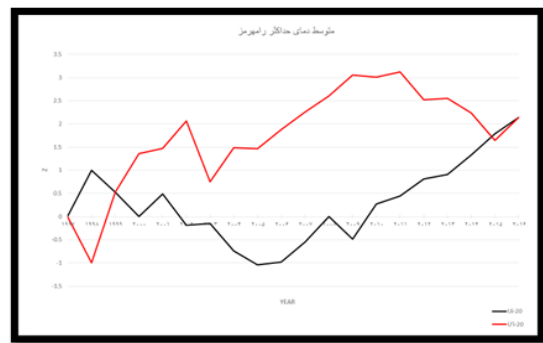
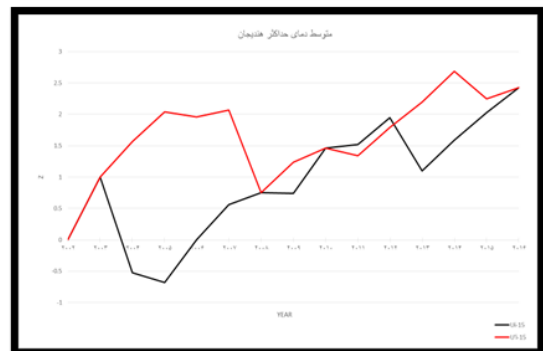
• تبخیر و تعرق:

به طور کلی در تمامی ایستگاه‌ها به جز صفی‌آباد، امیدیه و رامهرمز شیب نمودار تبخیر و تعرق در طول دوره آماری به صورت کاهشی است. حداکثر مقدار تبخیر و تعرق مربوط به ایستگاه‌های آبادان و بندر ماهشهر و حداقل مقدار آن مربوط به ایستگاه‌های صفی‌آباد و ایذه است (شکل ۱۱).



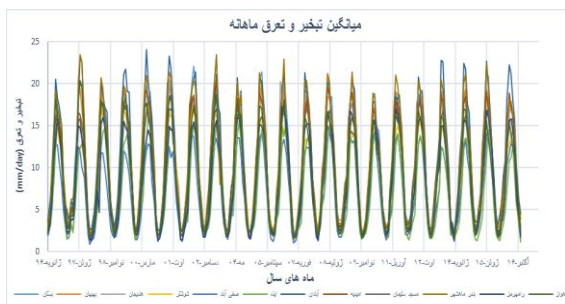
شکل ۱۰- چند نمونه از نمودارهای تغییر روند دمای متوسط در ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان به روش من کندال

با توجه به شکل ۹ نتایج حاصل از آزمون من کندال در رابطه با دمای حداکثر در ایستگاه هندیجان نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۲ یک جهش و پس از آن در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ یک روند افزایشی با سطح اطمینان ۹۵٪ وجود دارد. با توجه به مقادیر U برای ایستگاه ایذه از سال ۲۰۱۴ به بعد حاکمیت روند افزایشی با سطح اطمینان ۹۵٪ برای سال ۲۰۱۴ و ۹۹٪ برای سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ مشاهده می‌شود. در ایستگاه رامهرمز روند افزایشی معنی‌دار ۹۵٪ برای سال ۲۰۱۶ وجود دارد. در ایستگاه اهواز روند کاهشی معنی‌دار با سطح اطمینان ۹۵٪ برای سال ۲۰۱۴ وجود دارد.



شکل ۹- چند نمونه از نمودارهای تغییر روند دمای حداکثر در ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان به روش من کندال

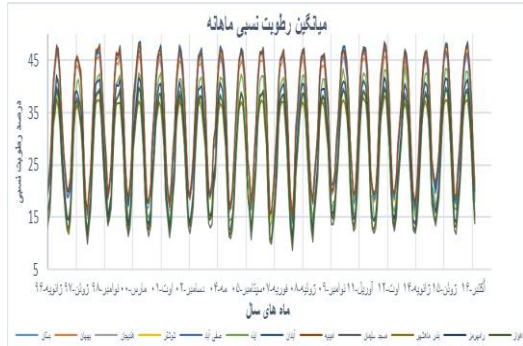
با توجه به شکل ۱۰ نتایج آزمون من کندال در رابطه با دمای متوسط نشان‌دهنده روند افزایشی مثبت با سطح اطمینان ۹۵٪ در سال ۲۰۱۶ برای هر دو ایستگاه بستان و آبادان است. در ایستگاه رامهرمز روند کاهشی معنی‌دار ۹۵٪ برای سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۰۹، ۲۰۱۳، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶ وجود دارد.



شکل ۱۱- نمودار تبخیر و تعرق ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان در طول دوره آماری

رطوبت نسبی:

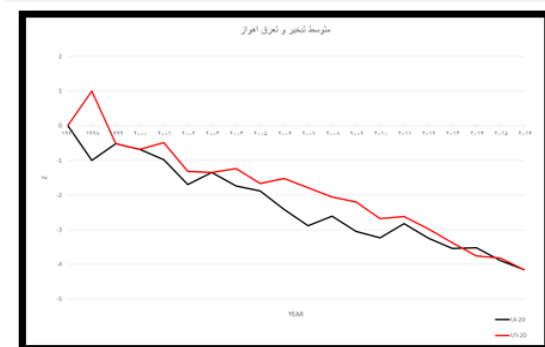
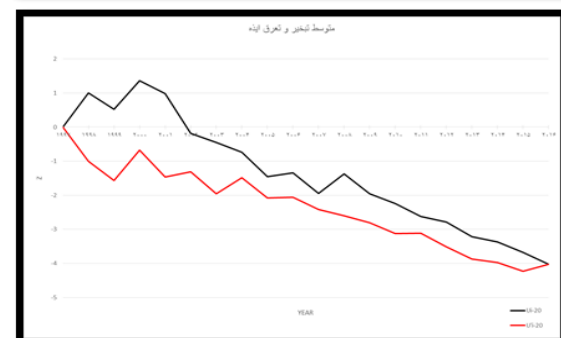
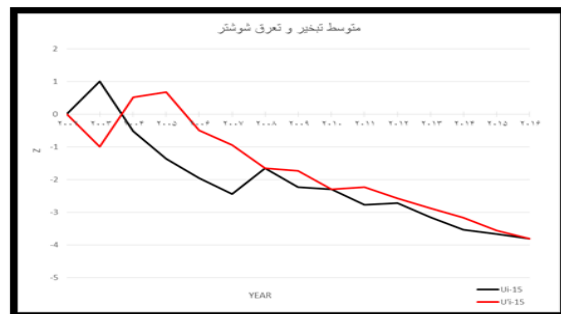
در همه‌ی ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه به جز صفی‌آباد و بندرماهشهر، شیب نمودار مقدار رطوبت نسبی در طول دوره آماری به صورت کاهشی است. حداکثر مقدار رطوبت نسبی در طول دوره آماری مربوط به آبادان و کمترین مقدار آن مربوط به ایستگاه رامهرمز می‌باشد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- نمودار رطوبت نسبی ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان در طول دوره آماری

با توجه به شکل ۱۴ نتایج آزمون من کندال در رابطه با رطوبت نسبی، در ایستگاه بستان، مقادیر U پس از یک جهش در سال ۲۰۰۱، نشان‌دهنده روند معنی‌دار کاهشی از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶ با سطح اطمینان ۹۵٪ و از سال ۲۰۰۶ به بعد با سطح اطمینان ۹۹٪ می‌باشد. در ایستگاه صفی‌آباد، در سال ۲۰۱۶ با سطح اطمینان ۹۵٪ مقدار U به صورت منفی معنی‌دار می‌شود. در ایستگاه ایذه حاکمیت روند معنی‌دار کاهشی با سطح اطمینان ۹۵٪ برای سال‌های ۲۰۱۲، ۲۰۱۳، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ قابل مشاهده است. در ایستگاه امیدیه در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵ روند کاهشی معنی‌دار با سطح اطمینان ۹۵٪ وجود دارد. در ایستگاه مسجد سلیمان روند معنی‌دار کاهشی در سطح اطمینان ۹۵٪ برای سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ و ۲۰۱۶ وجود دارد.

با توجه به شکل ۱۲ نتایج آزمون من کندال در رابطه با تبخیر و تعرق در ایستگاه بستان روند افزایشی معنی‌دار با سطح اطمینان ۹۵٪ برای سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۳ و پس از آن روند کاهشی غیرمعنی‌دار را نشان می‌دهد. در ایستگاه شوشتر مقادیر U در سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ کمتر از ۱٫۹۶- در سطح اطمینان ۹۵٪ و برای سال‌های ۲۰۱۱ به بعد کمتر از ۲٫۵۸- در سطح اطمینان ۹۹٪ است که به معنای حاکمیت روند کاهشی در طول دوره می‌باشد. در ایستگاه صفی‌آباد در سال ۲۰۰۵ با سطح اطمینان ۹۹٪ و در سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ با سطح اطمینان ۹۵٪ یک روند معنی‌دار با حاکمیت مثبت وجود دارد. در ایستگاه ایذه از سال ۲۰۱۰ به بعد حاکمیت روند کاهشی با سطح اطمینان ۹۵٪ برای سال ۲۰۱۰ و از سال ۲۰۱۱ به بعد با سطح اطمینان ۹۹٪ وجود دارد. در آبادان با توجه به نمودار من کندال و مقادیر U، روند کاهشی معنی‌دار با سطح اطمینان ۹۵٪ برای سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۵، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶ و با سطح اطمینان ۹۹٪ برای سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۰ وجود دارد. در مسجد سلیمان در سال ۲۰۰۶ یک روند کاهشی معنی‌دار در سطح ۹۵٪ وجود دارد. در ایستگاه اهواز روند معنی‌دار کاهشی با سطح اطمینان ۹۵٪ برای سال ۲۰۰۶ و سطح اطمینان ۹۹٪ برای سال ۲۰۰۷ به بعد و همچنین دو جهش معنی‌دار نیز در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ مشاهده می‌شود.



شکل ۱۲- چند نمونه از نمودارهای تغییر روند تبخیر و تعرق در ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان به روش من کندال

۴- نتیجه گیری

به طور کلی نتایج نشان داد که طی دوره آماری مورد مطالعه، بارندگی در همه ایستگاه‌ها روندی کاهشی داشته است. همچنین، پارامترهای دمای حداقل و حداکثر در بیشتر ایستگاه‌ها روندی افزایشی داشته است. پارامترهای تبخیر و تعرق و رطوبت نسبی در بیشتر ایستگاه‌ها روند کاهشی غیر معنی‌داری داشته است. بر اساس نتایج حاصل از نمودارهای من کندال مشخص شد که ایستگاه‌های صفی‌آباد، امیدیه و هندیجان بیش از سایر ایستگاه‌ها تحت تاثیر این تغییرات قرار گرفته‌اند. بدیهی است مقابله با اثرات تغییر اقلیم و تبعات آن همانند بالا رفتن دمای سطح زمین و یا کاهش بارندگی نیازمند بررسی دقیق علل وقوع این پدیده و ارائه راهکارهای مناسب است تا بتوان از به خطر افتادن امنیت غذایی، افزایش فرسایش خاک، بیابان زایی و سایر مشکلات جلوگیری کرد.



شکل ۱۴- چند نمونه از نمودارهای تغییر روند رطوبت نسبی در ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان به روش من کندال

منابع

- باقرپور، م، سیدیان، س.م، فتح آبادی، الف. و محمدی، الف. بررسی کارایی آزمون من کندال در شناسایی روند در سری‌های دارای خودهمبستگی، (۱۳۹۶). نشریه علمی پژوهشی علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران، سال یازدهم، شماره ۳۶
- ترابی پوده، ح.، امامقلی زاده، ص.، بررسی روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های استان لرستان با استفاده از روش TFPW-MK، (۱۳۹۳). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال چهاردهم، شماره ۳۵
- دارابی، ح، جعفری، ع، اخوان فرشچی، ک.، تحلیل روند تغییرات اقلیمی استان قم و پیامدهای آن، (۱۳۹۵). مطالعات علوم محیط زیست، دوره اول، شماره دوم، صفحه ۴۰-۲۵
- رحیمی، د، مرضیه، م.، تحلیل نوسانات اقلیمی و تاثیر آن بر منابع آب در دامنه شمالی کرکس، (۱۳۹۰). مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۲۱۱-۱۷:۲۲۸
- زاهدی، م.، ساری صراف، ب. و جامعی، ج.، تحلیل تغییرات زمانی- مکانی منطقه شمال غرب ایران، (۱۳۸۶). جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، صص ۱۹۸-۱۸۳
- سبزی پرور، ع. الف، شادمانی، م.، تحلیل روند تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آزمون من-کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران، (۱۳۹۰). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۴، صص ۸۳۴-۸۲۳
- عزیزی، ق، روشنی، م.، مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من- کندال، (۱۳۸۷). پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۲۸-۱۳
- علیجانی، ب.، موید فر، س.، صبایی مهر، م.، بررسی تغییرات اقلیمی شهر یزد در رابطه با توسعه شهری و منطقه‌ای، (۱۳۸۹). مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال اول، شماره ۳، صص ۵۸-۴۱
- نصرآبادی، الف.، واکاوی روند تغییرات ماهانه و سالانه فراسنج‌های اقلیمی در سبزوار، (۱۳۹۴). دو فصلنامه آب و هواشناسی کاربردی، سال دوم، شماره اول
- Blain, G. C. (2014). Removing the influence of the serial correlation on the Mann-Kendall test, Revista Brasileira de Meteorologia, Vol. 29, 2, pp. 161-170.

- Chen S., Liu Y., and Axel T., (2006). Climatic change on the Tibetan plateau: potential evapotranspiration trends from 1961-2000, *Climatic Change*, 76:291-319.
- Clark, T.S., (2003). Regional climate: Trend analysis of temperature and precipitation series at Canadian sites, *Canadian journal of agricultural economics*, Vol.48, pp.194-210.
- Ferrianta, Y., Fauzi Makki, M., Suprijanto and Rifiana, (2015). Risk Analysis and Strategy of Rice Farmers in Swampland in the Face of Climate Change Impact (Case in Sout Kalimantan Province-Indonesia). *International Journal of Agricultural Management and Development*, 5(2): 133-139
- Gadgil A., and Dhorde A. (2005). Temperature trends in twentieth century at Puna, India. *Atmospheric Envi*, 39:6550-6556
- Gellens D. (2000). Trend and Correlation Analysis of k-Day Extreme Precipitation over Belgium. *Theoretical and Applied Climatology*, 66:117-129.
- Hamed K.H., and Rao A.R. (1998). A modified Mann–Kendall trend test for autocorrelated data, *Journal of Hydrol*, 204, 182-196.
- Kahya E., and Kalayci S. (2004). Trend analysis of streamflow in Turkey, *Journal of Hydrol*, 289:128-144.
- Li, Z.L, Xu, Z.X., Li, J.Y and Li, Z.J. (2008). Shift trend and step changes for runoff time series in the Shiyang River basin, northwest China. *Hydrological Processes* 22: 4639-4646.
- Sen, P. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's ta. *Journal of American Statistical Associate*. 63:1379–1389.
- Wang X., et al., (2014). Climate change trend and its effects on reference evapotranspiration at Linhe Station, Hetao Irrigation District; *Water Science and Engineering*, Vol. 3 No. 3, pp. 250-266.
- Yue S., Pilon P., Phinney B. and Cavadias G., (2002). The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series, *Hydrological Processes*, 16:1807-1829.
- Yaning C., Changchun X., Xingming H., Weihong L., Yapeng C., Chenggang Z., and Zhaoxia Y. (2009). Fifty-year climate change and its effect on annual runoff in the Tarim River Basin, China. *Quaternary Int*.

Analysis of the trends of climate parameters using Mann Kendal test (TFPW-MK) in Khuzestan province

Ali Akbar Noroozi ^{*1}; Mehdi Homae ²; Mina Torkaman ³

*1- Associate Professor, Institute of Soil Conservation and Watershed Management, Tehran, Iran

2- Prof. Dr. of Department of Irrigation and Drainage Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3- Graduated of Irrigation and Drainage Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

*Email Address: noroozi.aa@gmail.com

Abstract

Nowadays, climate change causes abundant worries in different spots in the world. For this reason, a study was conducted to find the trace of this global phenomenon in Khuzestan province. Therefore, we used meteorology data including temperature parameters, rainfall, evapotranspiration and relative humidity for 15 weather stations in a period of 21 years (1996-2016) and Mann Kendal graph to determine the trend. The result illustrates that there is a meaningful downward trend for rainfall parameter in SafiAbad, Hendijan, Masjedsoleiman and Bandar-E-Mahshar with confidence level of 95% and Omidiyeh with confidence level of 99%. Moreover, there is a meaningful upward trend with confidence level of 95% in temperature parameters in most stations, while this level is 99% in Bostan, Hendijan and Izeh. In addition, a meaningful upward trend in evapotranspiration in two station of Bostan and SafiAbad with confidence level of 95% and 99% and a meaningful downward trend with confidence level of 99% for Shushtar, Izeh, Abadan, Masjedsoleiman and Ahwaz as well, is visible. There is a meaningful downward trend in relative humidity in Bostan, SafiAbad, Izeh, Omidiyeh and Masjedsoleiman, which all present the climate change effect in region.

Introduction

Climate change is one of the most important challenges in the 21st century. Global warming has caused very unstable changes in climate parameters such as: changes in rainfall patterns and frequency and intensity of climate changes. The issue of climate change has become one of the main concerns of scientists related to atmospheric sciences due to its impact on various dimensions of human life and the dependence of human activities on it, and many researchers are trying to understand the various dimensions of this important phenomenon. The change in climatic elements, especially temperature and precipitation, is one of the most important signs of this phenomenon. Changes in temperature and precipitation in different parts of the earth do not follow the same trend, and climate change does not necessarily mean simultaneous changes in precipitation and temperature. The amount, distribution and temporal and spatial changes of precipitation and temperature are essential factors for decision-making, management, planning and design, especially in areas such as Iran, which is geographically located in the 28 to 48 degree north latitude and It has a dry and semi-arid climate. In order to detect the trend in the time series of water and meteorological variables, various tests are used, and these tests can be divided into two categories, parametric and non-parametric. Parametric tests are more powerful in detecting trends than non-parametric tests, and when using them, the data should be random and have a normal distribution. On the other hand, non-parametric tests can be used if the data is random and are not sensitive to the normality of the data. Mann-Kendall's test is a non-parametric test that is used in researches to investigate the trends of water and meteorological variables.

Methodology

To carry out this research, climatic data (average rainfall, average evaporation and transpiration, average humidity and temperature parameters) prepared by the meteorological organization of Tehran province for a statistical period of 21 years from 1996 to 2016 have been used. Mann-Kendall test was used to analyze the trend of climatic parameters, which will be explained in detail below.

• Mann-Kendall non-parametric test

This test was first presented in 1945 by "Mann" and then developed by "Kendall" in 1966. This test does not require a normal frequency distribution or linear behavior of the data, and it works very strongly compared to the data that deviates from the linear behavior and is used to evaluate the trend (Darabi et al., 2015). In this test, the null hypothesis (H0) and the opposite hypothesis (H1) are respectively equivalent to no trend and the presence of a trend in the time series of observational data.

Mann-Kendall diagram test:

The steps of the test are briefly as follows:

We rank the data and calculate the t_i statistic, which is defined as the ratio of rank I to its previous ranks, and then we obtain the cumulative frequency of the statistic t_i ($\sum t_i$). Mathematical expectation, variance and Mann-Kendall index are calculated based on the following formulas (Zahedi et al., 2016):

$$E_i = \frac{n_i(n_i-1)}{4}$$

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

$$U_i = \frac{(\sum t_i - E_i)}{\sqrt{V_i}}$$

In these relationships, n_i is the time order of the data. To check the changes, the index U_i' should also be calculated: rank the data and determine the statistic t_i' , which is defined as the ratio of rank I to its next ranks, and then calculate the cumulative frequency of t_i' we do The mathematical expectation, variance and index U_i' are as follows:

$$E_i' = \frac{[N-(n_i-1)](N-n_i)}{4}$$

$$V_i' = \frac{[N-(n_i-1)](N-n_i)[2(N-(n_i-1))] + 5}{72}$$

$$U_i' = \frac{-(\sqrt{t_i' - E_i'})}{\sqrt{V_i'}}$$

In the above relationships, N is the statistical sample size under study. The intersection of the index U_i and U_i' is a sign of a sudden change in the time behavior of a statistical series. The non-intersection of the curve or their placement within the 95% confidence range does not indicate significant changes in the data, but if the mentioned lines intersect within the critical range of 1.96 and 2.58 and then leave the critical range, it is a sign of a sudden change and a significant trend at the 95% and 99% confidence levels, respectively. If the U curve moves to the positive side, it has a positive trend, otherwise it has a negative trend. Crossings outside the critical range indicate a sudden change in the behavior of the series (Alijani et al., 2009).

Conclusion

In general, the results showed that during the studied statistical period, rainfall in all stations had a decreasing trend. Also, the minimum and maximum temperature parameters have been increasing in most of the stations. The parameters of evaporation and transpiration and relative humidity in most of the stations had a non-significant decreasing trend. Based on the results of Mann-Kendall charts, it was found that Safi Abad, Omidiyeh and Handijan stations were more affected by these changes than other stations. It is obvious that dealing with the effects of climate change and its consequences, such as the increase in the temperature of the earth's surface or the decrease in rainfall, requires a detailed investigation of the causes of this phenomenon and the provision of appropriate solutions in order to prevent endangering food security, increasing soil erosion, desertification and other problems.

Keywords

Climate change; Khuzestan; Mann Kendal; trend