نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۳، مرداد - شهریور ۱۳۸۹، ص. ۴۸۹-۴۷۶

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 3, July-Aug 2010, p. 476-489

بررسی منطقه‌ای پدیده تغییراقلیم با استفاده از آزمون‌های آماری
مطالعه موردی: حوضه آبریز گرگانرود-قره‌سو

فرشته مدرسی[1*] - شهاب عراقی‌نژاد[2] - کیومرث ابراهیمی[3] - مجید خلقی[4]

تاریخ دریافت: ۸۸/۷/۲۳
تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۲

چکیده

تاکنون اغلب مطالعات انجام شده در زمینه رخداد تغییر اقلیم، به صورت گسسته (ایستگاهی) بوده‌اند و از دیدگاه پیوسته (منطقه‌ای) کمتر به موضوع آشکارسازی تغییراقلیم پرداخته شده است. در این مقاله با بهره‌گیری توأم از روش‌های آماری و هیدرولوژیکی، آشکارسازی پدیده تغییراقلیم از دیدگاه پیوسته مورد بررسی قرار گرفته است. حوضه آبریز گرگانرود- قره‌سو محدوده مطالعاتی انتخابی می‌باشد. برای انجام این تحقیق، ابتدا همگنی و روند موجود در آمار ۳۰ ساله بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر ایستگاه‌های هواشناسی این حوضه در فواصل سال‌های آبی ۵۷-۱۳۵۶ تا ۸۶-۱۳۸۵ در مقیاس فصلی و سالانه بوسیله آزمون‌های همگنی انحرافات تجمعی و درست نمائی ورسلی و آزمون تعیین روند من- کندال محاسبه شدند. سپس با تعیین محدوده تحت تأثیر هر ایستگاه به کمک روش‌های هیدرولوژیکی و با استفاده از نتایج آزمون روند، نواحی مختلف حوضه از لحاظ وقوع پدیده تغییراقلیم مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. نتایج نشان داد که اولاً: سری‌های زمانی که عدم همگنیشان در سطح اطمینان ۹۹درصد توسط آزمون‌های همگنی تأیید شده‌است، دارای روندهای معنی‌دار (سطح اعتماد حداقل ۹۵درصد) می‌باشند. ثانیاً: به طور شاخص در نواحی شمال‌شرقی حوضه در محل قرارگیری سرچشمه‌های رودخانه گرگانرود، بارش در فصل پاییز و در شرایط سالانه از روند صعودی در سطح اعتماد ۹۰ درصد برخوردار است. همچنین، رخداد تغییراقلیم در اکثر نواحی این حوضه، در قالب وجود روند صعودی در دمای حداقل و حداکثر در فصول تابستان و زمستان (سطح اعتماد حداقل ۹۵ درصد) نمایان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، بررسی منطقه‌ای، همگنی، روند، گرگانرود- قره‌سو

مقدمه

تغییر اقلیم عبارت است از تغییرات رفتار آب و هوایی یک منطقه نسبت به رفتاری که در طول یک افق زمانی بلند مدت از اطلاعات مشاهده یا ثبت شده در آن منطقه مورد انتظار است (۹). به بیان دیگر، تغییر اقلیم، معادل تغییرات معنی‌دار آماری برای متوسط وضع آب و هوا در یک دوره طولانی (چند دهه و بیشتر) است. این تغییرات می‌تواند در متوسط دما، بارندگی، الگوهای آب و هوایی، باد، تابش و پارامترهای مشابه آن باشد. اقلیم می‌تواند گرم‌تر و یا سردتر شود و مقادیر سالانه بارندگی یا برف می‌تواند افزایش و یا کاهش یابد (۲). در مقیاس کلی، افزایش تدریجی دمای کره زمین و اقیانوس‌ها را در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای، مهمترین عامل تغییر اقلیم می‌دانند.

پژوهش‌های آشکارسازی تغییراقلیم (CCDP)[5]، در دهمین جلسه کمیسیون اقلیم شناسی WMO[6] (لیسبون، آوریل ۱۹۸۹) شروع و در کنگره ششم در ماه مِی سال ۱۹۹۱ مورد بحث بیشتر قرار گرفت. پارامترهای اقلیمی در مقیاس زمان و مکان به دلایل زیادی تغییر می‌کنند که باید نحوه تغییرات آنها براساس مشاهدات و با بهره‌گیری از روش‌های آماری تعیین شود. تحلیل روند از جمله مهم‌ترین روش‌های آماری است که به‌طور گسترده برای ارزیابی اثرات بالقوه تغییراقلیم بر روی سری‌های زمانی هیدرولوژیکی مانند سری‌های مشاهداتی دما، بارش و جریان رودخانه در نقاط مختلف جهان توسط محققین استفاده شده‌است و اغلب تحقیقات آنها نیز به صورت ایستگاهی (نقطه‌ای) می‌باشد. به عنوان مثال: روس (۳۰)، لتنماير و گان (۲۳)، لینس و اسلک (۲۴)، داگلاس و همکاران (۲۰) و ماورر و استوارت (۲۶) روندهای جریان رودخانه و برنز و همکاران (۱۹)

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، استادیار، استادیار و دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: fereshteh_modaresi@yahoo.com)

5- Climate Change Detection Project
6- World Meteorological Organization

Archive of SID
www.SID.ir

روندهای اقلیمی را در ایالات متحده آمریکا مطالعه کردند. وانگ و همکاران (۳۴) روندهای جریان رودخانه در غرب اروپا را مورد بررسی قرار دادند. در کانادا، برن و حق النور (۱۸)، یو و همکاران (۳۷)، رود و همکاران (۲۹)، عبدالعزیز و برن (۱۴) و برن (۱۷) روندهای موجود در جریان رودخانه‌های کانادا را مورد مطالعه قرار دادند. همچنین، سو و همکاران (۳۱) وجود روند در مقادیر حدی دما و بارش و ژانگ و همکاران (۳۸) روندهای موجود در ماکزیمم سطح آب و جریان رودخانه حوضه یانگ‌تسه در چین را بررسی کردند. به علاوه، کاهیا و کالایسی (۲۱) روند جریان رودخانه در ترکیه، بیرسان و همکاران (۱۵) روندهای جریان رودخانه در سوئیس، مولنار و رامیرز (۲۸) روند بارش و جریان رودخانه در مکزیک و وانگ و همکاران (۳۳) روند بارش تابستانه در سئول کره و مدرس و سیلوا (۲۷) روندهای بارش در مناطق خشک و نیمه خشک ایران را بررسی کردند.

همچنین، طباطبایی و حسینی (۶) روندهای موجود در پارامترهای بارش ماهانه و متوسط دمای ماهانه در شهر سمنان، خسروی و همکاران (۱) تغییرات فصلی دما در شهر مشهد، کاویانی و عساکره (۱۰) روند بلند مدت بارش سالانه در اصفهان و داورزنی و داوطلب (۴) روندهای موجود در پارامترهای بارندگی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته در شهر شاهرود را بررسی نمودند. غریب و مساعدی (۸) نحوه تغییرات زمانی و مکانی بارندگی در بخشی از حوضه آبریز گرگانرود، مساعدی و شریفان (۱۲) روند فراوانی وقوع سیل در رودخانه گرگانرود و نیک‌قوجق و یارمحمدی (۱۳) روندهای موجود در داده‌های بارش، دمای هوا و دبی رودخانه ایستگاه‌های هواشناسی و آب‌سنجی نهارخوران واقع در زیرحوضه رودخانه زیارت از حوضه گرگانرود- قره‌سو را مورد بررسی قرار دادند. کتیرایی و همکاران (۱۱) روند تغییرات روزانه بارش ۳۸ ایستگاه در سراسر کشور را بررسی کردند، همچنین، دانش کار آراسته و شکوهی (۳) برای بررسی رخداد تغییراقلیم در ایران از دو سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای بارش ماهانه و میانگین دمای ماهانه استفاده کردند و با استفاده از این تصاویر، روند تغییرات مکانی و زمانی این دو متغیر اقلیمی را تحلیل نمودند.

مطالعات نشان می‌دهد تحقیق دانش کار آراسته و شکوهی (۳) به‌طور گسترده تمامی ایران را مورد مطالعه قرار داده است و سایرین به‌صورت نقطه‌ای (ایستگاهی) می‌باشند. همچنین، بجز تحقیق داورزنی و داوطلب (۴)، در سایر تحقیقات، بررسی همگنی صورت نگرفته است.

بنابراین، در این تحقیق، برای بررسی رخداد تغییراقلیم در حوضه گرگانرود- قره‌سو واقع در استان گلستان، از سه پارامتر بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر که تحت تأثیر مستقیم پدیده تغییراقلیم قرار می‌گیرند، استفاده شده است و ابتدا با استفاده از آزمون‌های آماری همگنی و تعیین روند پیشنهاد شده توسط سازمان هواشناسی بین‌المللی (WMO) برای مطالعات تغییراقلیم، همگنی و روند موجود در این سری‌های زمانی بصورت توأم مورد بررسی قرار گرفتند. زیرا عدم همگنی در سری‌های زمانی عامل مهمی در تشخیص وجود روند در داده‌ها می‌باشد. از آنجایی که آمارهای موجود به صورت ایستگاهی می‌باشند، لازم است تا برای بررسی جامع یک حوضه یا منطقه، این آمار به تمامی مساحت آن محدوده تعمیم داده‌شود. با توجه به این نکته که محدوده تحت تأثیر هر ایستگاه هواشناسی، دارای رفتار آب و هوایی مانند آن ایستگاه است (۷)، بنابراین، روند موجود در آمار ایستگاه مورد نظر قابل تعمیم به محدوده تحت تأثیر آن ایستگاه می‌باشد. در نتیجه، با بکارگیری روش چند ضلعی‌های تیسن، محدوده تحت تأثیر هر ایستگاه تعیین شد و با استفاده از نتایج آزمون روند، نواحی مختلف حوضه به صورت جامع و پیوسته از لحاظ وقوع پدیده تغییراقلیم مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

به منظور آشکارسازی تغییرات اقلیمی از دیدگاه آماری، روش‌های خاصی بکار گرفته می‌شود. این روش‌ها علاوه بر دید کلی، محقق را در یافتن بسیاری از حقایق یاری می‌دهند و بررسی این روش‌ها در کنار هم مفیدتر است. بنابراین در این تحقیق از برخی از آزمون‌های آماری پیشنهادی سازمان هواشناسی بین‌المللی (WMO) برای بررسی رخداد تغییراقلیم، استفاده شده است که این آزمون‌ها شامل آزمون‌های همگنی انحرافات تجمعی و درست‌نمائی ورسلی و آزمون تعیین روند من- کندال می‌باشند (۳۵).

آزمون همگنی انحرافات تجمعی (Cumulation Deviation Test)

این آزمون توسط بیشاند (۱۶) ارائه و بر اساس جمع‌های جزئی تعدیل شده یا انحرافات تجمعی از میانگین، پایه گذاری شده است.

در این آزمون، اگر $x_1,x_2,\ldots,x_n$ مشاهدات مورد نظر باشند، آنگاه داریم:

$$\begin{aligned} S_0^* &= 0 \\ S_k^* &= \sum_{i=1}^{k}(x_i-\bar{x}) \quad k=1,2,..,n-1 \\ S_n^* &= 0 \\ \bar{x} &= \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i \end{aligned} \qquad (۱)$$

مجموع‌های جزئی در مقیاس کوچک $\left(S_k^{**}\right)$ با تقسیم S_k^* بر واریانس داده‌ها $\left(D_x^2\right)$ به دست می‌آیند:

$$D_x^2=\sum_{i=1}^{n}\frac{(x_i-\bar{x})^2}{n} \qquad (۲)$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_x} \qquad k = 1,2,,...,n \qquad (۳)$$

مقادیر $\left(S_k^{**}\right)$ با تغییر خطی در داده‌ها تغییر نمی‌کنند در حالی که S_k^*، این خاصیت را ندارد، به همین دلیل، به جای S_k^* از S_k^{**} استفاده می‌شود.

رابطه (۴) آماره این آزمون را ارائه می‌کند (مقادیر بزرگ Q یک نشانه برای تغییر در میانگین هستند):

$$Q = Max\left|S_k^{**}\right| \qquad 0 \le k \le n \qquad (۴)$$

در آزمون‌های همگنی، فرض صفر ثابت بودن میانگین (همگنی داده‌ها) در مقابل فرض تغییر میانگین (عدم همگنی داده‌ها) مورد آزمون قرار می‌گیرد(۳۴).

آزمون همگنی درست نمائی ورسلی (Worsley's Liklyhood Ratio Test)

این آزمون توسط ورسلی (۳۶) ارائه شده‌است. آماره Z_k^{**} در این آزمون، بر اساس S_k^* و D_x (همانگونه که در آزمون انحرافات تجمعی محاسبه شدند) مطابق روابط (۵) و (۶) بدست می‌آید:

$$Z_k^* = \left[k(n-k)\right]^{-\frac{1}{2}} S_k^* \qquad 1 \le k \le n-1 \qquad (۵)$$

$$Z_k^{**} = \frac{Z_k^*}{D_x} \qquad (۶)$$

آنگاه داریم:

$$V = Max\left|Z_k^{**}\right| \qquad 1 \le k \le n-1 \qquad (۷)$$

آماره آزمون ورسلی (W) از رابطه (۸) بدست می‌آید:

$$W = \frac{(n-2)^{\frac{1}{2}} V}{\left(1-V^2\right)^{\frac{1}{2}}} \qquad (۸)$$

درآزمون‌های همگنی فرض صفر پذیرفته می‌شود در صورتی که آماره آزمون در سطح اطمینان خاصی از مقدار بحرانی کوچکتر یا مساوی باشد، و در غیر این صورت، فرض صفر رد خواهد شد (۳۵). (لازم به ذکر است که برای مقادیر بحرانی دو آزمون همگنی ارائه شده، جداول تجربی وجود دارد (۱۶) و (۳۶)).

آزمون انحرافات تجمعی برای حالتی که تغییر میانگین در میانه یک سری رخ دهد مناسب است در حالی که آزمون درست نمائی ورسلی برای حالت تغییر میانگین در ابتدا یا انتهای سری مناسب است. لذا بهتر می‌توان تغییرات میانگین را با انجام این دو آزمون در کنار هم شناسایی کرد (۱۶).

آزمون تعیین روند من-کندال (Mann-Kendall Test)

آزمون ناپارامتری من-کندال که توسط من (۲۵) و کندال (۲۲) ارائه شده است بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی استوار می‌باشد. این آزمون برای بررسی عدم وجود روند در مقابل وجود روند در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و هواشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مزیت این آزمون نسبت به سایر آزمون‌های تعیین روند، استفاده از رتبه داده‌ها در سری زمانی بدون در نظر داشتن مقدار متغیرها است که به دلیل وجود چنین خاصیتی، می‌توان از این آزمون برای داده‌های دارای چولگی نیز استفاده‌کرد و داده‌ها نباید در قالب توزیع خاصی درآیند(۳۲).

در این آزمون، اگر $x_1,x_2,\ldots,x_n$ مشاهدات مورد نظر باشند، آنگاه داریم:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \mathrm{sgn}\left(x_j - x_k\right) \qquad (۹)$$

$$\mathrm{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & if \quad \left(x_j - x_k\right) > 0 \\ 0 & if \quad \left(x_j - x_k\right) = 0 \\ -1 & if \quad \left(x_j - x_k\right) < 0 \end{cases} \qquad (۱۰)$$

در واقع در این آزمون هر داده با تمامی داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود. در این مرحله می‌توان بجای استفاده از مقادیر اصلی داده‌ها، از مرتبه داده‌ها در مجموعه مورد نظر(سری زمانی) استفاده کرد و مرتبه‌ها را به همین روش مقایسه نمود.

با فرض اینکه داده‌ها مستقل بوده و توزیع یکنواخت دارند، میانگین و واریانس S از روابط (۱۱) و (۱۲) بدست می‌آید:

$$E(S) = 0 \qquad (۱۱)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \qquad (۱۲)$$

در رابطه بالا: n : تعداد داده ها، m : تعداد گره ها و t : تعداد داده در هر گره می‌باشد.

منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده، بیشتر از یکی وجود داشته باشد، این مقادیر مساوی، تشکیل یک گره را می‌دهند و تعداد این مقادیر مساوی در گره m ام برابر t می‌باشد.

آماره این آزمون (Z) دارای توزیع نرمال بوده و از رابطه (۱۳) بدست می‌آید:

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & if \quad S > 0 \\ 0 & if \quad S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & if \quad S < 0 \end{cases} \qquad (۱۳)$$

Archive of SID

www.SID.ir

این آزمون، یک آزمون دو طرفه است. بنابراین در صورتی که $|Z| \le Z_{\alpha/2}$ باشد، در سطح اطمینان α فرض صفر پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت، فرض صفر رد خواهد شد. در حالت رد فرض صفر (وجود روند)، در صورتی که $S>0$ باشد، سری زمانی دارای روند مثبت (صعودی) و در صورتی که $S<0$ باشد، سری زمانی دارای روند منفی (نزولی) خواهدبود (۳۵).

حوضه آبریز گرگانرود-قره‌سو:

حوضه آبریز گرگانرود- قره‌سو در بخش جنوب‌شرقی دریای خزر قرار داشته و در تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژی ایران، جزئی از آبریز دریای خزر به شمار می‌رود. این حوضه در محدوده طول جغرافیایی ۰۰ ° ۵۴ تا ′۲۹ ° ۵۶ شرقی و عرض جغرافیایی ′۳۶ ° ۳۶ تا ′۴۷ ° ۳۷ شمالی واقع شده‌است و از شمال و شرق به حوضه رودخانه اترک و از جنوب به حوضه‌های آبریز کویر نمک و از جنوب‌غربی به حوضه رودخانه نکا محدود می‌باشد. مساحت این حوضه، ۱۳۰۶۱ کیلومترمربع است و دارای دو دشت به نام‌های گرگان- گنبد و رباط- قره‌بیل می‌باشد که دشت رباط-قره‌بیل در بخش جنوب‌شرقی حوضه قرار داشته و بجز نواحی کوهستانی، مابقی حوضه را دشت گرگان-گنبد تشکیل می‌دهد. میانگین سالانه بارش در حوضه از حدود ۳۰۰ میلی‌متر در کناره‌های جنوبی و شمالی حوضه تا ۱۰۰۰ میلی‌متر در بخش مرکزی آن متغیر است و روند تغییرات سالانه بارندگی، شبه مدیترانه‌ای است. میانگین سالانه دما در این حوضه از حدود ۱۷ درجه سانتی‌گراد در نواحی کم ارتفاع تا ۷/۵ درجه سانتی‌گراد در ارتفاعات جنوبی متغیر می‌باشد.

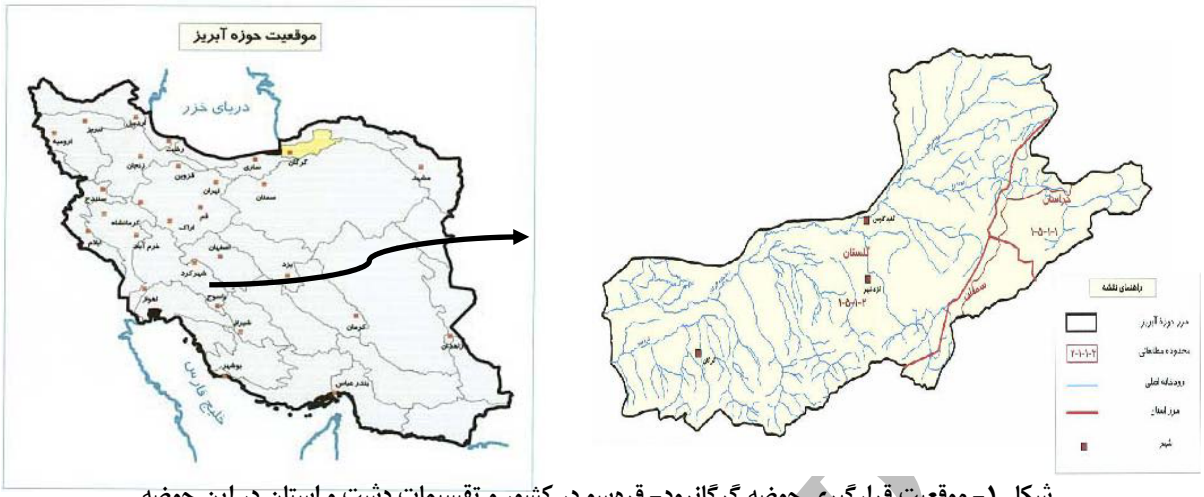
جدول ۱- اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی حوضه گرگانرود- قره‌سو

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		آمار بارش	آمار دما
		درجه	دقیقه	درجه	دقیقه		
۱	سد گرگان	۵۴	۴۴	۳۷	۱۲	✓*	✓
۲	رامیان	۵۵	۸	۳۷	۱	✓	✓
۳	زرین گل	۵۴	۵۷	۳۶	۵۲	✓	
۴	سیاه آب	۵۴	۳	۳۶	۴۹	✓	
۵	تنگراه	۵۵	۴۴	۳۷	۲۷	✓	
۶	قلعه جیق	۵۴	۱۱	۳۷	۹	✓	✓
۷	چشمه خان	۵۶	۷	۳۷	۱۸	✓	
۸	تیل آباد	۵۵	۲۸	۳۶	۵۵	✓	
۹	ارازکوسه	۵۵	۸	۳۷	۱۳	✓	✓
۱۰	نهارخوران	۵۴	۲۸	۳۶	۴۶	✓	
۱۱	شصت کلاته	۵۴	۲۰	۳۶	۴۵	✓	
۱۲	تقی آباد	۵۴	۳۸	۳۶	۵۲	✓	
۱۳	باغه سالیان	۵۴	۴۰	۳۷	۷	✓	
۱۴	بهلکه داشلی	۵۴	۴۷	۳۷	۴	✓	✓
۱۵	نوده	۵۵	۱۶	۳۷	۳	✓	
۱۶	لزوره	۵۵	۲۳	۳۷	۱۳	✓	
۱۷	قزاقلی	۵۵	۲	۳۷	۱۴	✓	
۱۸	گنبد	۵۵	۸	۳۷	۱۴	✓	
۱۹	تمر	۵۵	۳۰	۳۷	۲۹	✓	✓
۲۰	گالیکش	۵۵	۲۶	۳۷	۱۶	✓	
۲۱	غفارحاجی	۵۴	۸	۳۷	۰	✓	✓
۲۲	فاضل آباد	۵۴	۴۵	۳۶	۵۴	✓	✓
۲۳	غازمحله	۵۴	۶	۳۶	۴۷	✓	

* - علامت ✓ نشان دهنده نوع آمار استفاده شده از ایستگاه مورد نظر می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت قرارگیری حوضه گرگانرود- قره‌سو در کشور و تقسیمات دشت و استان در این حوضه

حوضه آبریز گرگانرود- قره‌سو دارای رودخانه‌های کوچک و متوسط متعدد است که پس از عبور از ارتفاعات و طی مسافتی در دشت، نهایتا دو رودخانه اصلی حوضه یعنی گرگانرود و قره‌سو را تشکیل می‌دهند که در طی مسیر شرق به غرب به دریای خزر می‌ریزند (۵). در تحقیق حاضر از آمار ایستگاه‌های هواشناسی که دارای آمار ۳۰ ساله بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر در فواصل سال‌های آبی ۵۷-۱۳۵۶ تا ۸۶-۱۳۸۵ بوده‌اند در مقیاس ماهانه استفاده شده و بررسی‌های صورت گرفته در مقیاس فصلی و سالانه می‌باشد. در جدول شماره۱ نام، مختصات و نوع آمار استفاده شده ایستگاه‌ها و در شکل شماره ۱ موقعیت قرارگیری حوضه نسبت به کل کشور و محدوده دشت‌ها و تقسیمات استانی حوضه آورده شده است.

نتایج و بحث

آزمون‌های همگنی انحرافات تجمعی و درست نمائی ورسلی و آزمون تعیین روند من- کندال برای تمامی سری‌های زمانی ۳۰ ساله بارش، دمای حداقل و حداکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه در مقیاس‌های فصلی و سالانه انجام شد و آماره‌های بدست آمده برای ایستگاه سد گرگان به طور نمونه به ترتیب در جداول شماره ۲، ۳ و ۴ آورده شده‌است. مقادیر مثبت و منفی آماره آزمون روند به ترتیب نشان‌دهنده روند صعودی و نزولی در سری زمانی مورد بررسی هستند. همچنین، نتایج آزمون روند انجام شده برای تمامی ایستگاه‌ها در جداول ۶،۵ و۷ به ترتیب برای سری‌های زمانی بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر موجود ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج آزمون‌های همگنی و روند سری‌های بارش ایستگاه سدگرگان

سری زمانی	همگنی		روند
	آزمون انحرافات تجمعی	آزمون درست نمائی ورسلی	آزمون من-کندال
پاییزه	۰/۷۱۵	۱/۴۳۴	۰/۶۷۸
زمستانه	۰/۷۰۲	۱/۶۸۱	-۰/۶۶۰
بهاره	۰/۷۲۰	۱/۴۴۵	-۰/۲۵۰
تابستانه	۰/۵۹۶	۱/۳۹۹	۰/۸۲۱
سالانه	۰/۵۹۷	۱/۳۴۵	۰/۰۵۴

جدول ۳- نتایج آزمون‌های همگنی و روند سری‌های دمای حداقل ایستگاه سدگرگان

سری زمانی	همگنی		روند
	آزمون انحرافات تجمعی	آزمون درست نمائی ورسلی	آزمون من-کندال
پاییزه	۰/۷۸۵	۲/۲۰۶	-۰/۲۱۵
زمستانه	۰/۴۴۵	۲/۰۹۰	-۰/۸۲۲
بهاره	۰/۴۹۰	۱/۶۵۳	-۰/۴۳۱
تابستانه	۰/۷۷۶	۱/۷۲۱	-۰/۵۴۱
سالانه	۰/۶۱۳	۱/۸۸۷	-۰/۹۵۰

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- نتایج آزمون‌های همگنی و روند سری‌های دمای حداکثر ایستگاه سدگرگان

سری زمانی	همگنی		روند
	آزمون انحرافات تجمعی	آزمون درست نمائی ورسلی	آزمون من-کندال
پاییزه	۱/۵۸۴***	۳/۸۶۸***	۱/۹۸۷**
زمستانه	۱/۷۷۵***	۴/۶۶۹***	۲/۵۷۷***
بهاره	۰/۴۵۲	۱/۵۱۶	-۰/۲۷۰
تابستانه	۱/۰۷۷	۲/۲۸۶	۱/۱۳۵
سالانه	۰/۷۲۲	۱/۹۴۳	۰/۴۱۶

آماره‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد و ۹۹ درصد به ترتیب بوسیله علائم ** و *** نشان داده شده‌اند.

جدول ۵- نتایج آزمون روند من- کندال سری‌های زمانی بارش ایستگاه‌های محدوده مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	سری زمانی				
		پاییزه	زمستانه	بهاره	تابستانه	سالانه
۱	سد گرگان	۰/۶۷۸	-۰/۶۶۰	-۰/۲۵۰	۰/۸۲۱	۰/۰۵۴
۲	رامیان	۱/۸۷۴*	-۱/۳۳۸	-۰/۴۶۴	۲/۹۴۴***	۱/۵۳۴
۳	زرین گل	۰/۵۸۹	-۰/۲۳۲	۱/۶۷۷*	-۰/۴۸۲	۰/۹۹۹
۴	سیاه آب	۱/۳۲۰	-۰/۸۵۷	۲/۰۷۰	-۰/۳۹۳	۰/۷۱۴
۵	تنگراه	۲/۱۲۳*	۰/۲۶۸	۰/۸۳۹	۱/۱۴۲	۱/۹۰۹*
۶	قلعه جیق	۰/۸۲۱	۰/۱۹۶	۰/۰۰۰	۰/۱۴۳	۰/۵۵۳
۷	چشمه خان	-۰/۶۴۳	-۰/۴۶۴	-۰/۱۷۹	۲/۰۴۱**	۰/۲۱۴
۸	تیل آباد	-۱/۹۸۱**	۰/۱۷۹	۰/۷۶۷	۰/۹۹۹	۰/۲۸۶
۹	ارازکوسه	۰/۱۷۸	-۰/۷۵۰	۱/۱۲۴	۱/۰۸۹	۰/۳۹۳
۱۰	نهارخوران	۱/۱۲۴	-۰/۵۰۰	۱/۸۳۸*	۰/۹۸۱	۰/۹۹۹
۱۱	شصت کلاته	۰/۸۲۱	-۰/۳۹۳	۰/۵۵۳	-۰/۸۰۳	۱/۰۳۵
۱۲	تقی آباد	۱/۱۰۷	-۰/۶۶۰	۰/۲۵۰	-۰/۳۹۳	-۰/۳۰۳
۱۳	باغه سالیان	۱/۴۹۹	۱/۷۱۳*	۱/۳۹۲	۱/۴۱۰	۲/۶۴۱***
۱۴	بهلکه داشلی	-۱/۱۹۶	-۲/۶۰۶***	-۰/۳۲۱	۰/۳۰۳	-۱/۳۰۳
۱۵	نوده	۱/۹۴۵*	۰/۴۶۴	۱/۰۵۳	۱/۵۸۹	۲/۲۴۸**
۱۶	لزوره	۱/۰۱۷	-۰/۸۳۹	۰/۸۳۹	۰/۳۰۳	۰/۶۰۷
۱۷	قزاقلی	۱/۹۲۷*	۰/۱۰۷	۰/۲۱۴	۰/۲۵۰	۰/۵۰۰
۱۸	گنبد	۱/۶۹۵*	۰/۶۶۰	۱/۷۱۳*	۱/۵۳۵	۲/۰۳۴**
۱۹	تمر	۲/۵۳۴**	۰/۶۴۳	۱/۳۰۳	۱/۶۴۲	۲/۱۷۷**
۲۰	گالیکش	۰/۸۵۷	۰/۱۲۵	۰/۹۹۹	۰/۱۷۹	۱/۰۳۵
۲۱	غفارحاجی	۰/۷۱۴	-۰/۵۷۱	۰/۱۴۳	-۰/۹۶۳	-۰/۲۵۰
۲۲	فاضل آباد	-۰/۱۰۷	-۰/۳۰۳	۱/۲۱۳	-۰/۱۰۷	۰/۰۸۹
۲۳	غازمحله	۰/۷۱۴	۰/۶۲۵	۱/۷۸۴*	-۱/۵۳۴	۰/۹۶۳

آماره‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۹۰ درصد، ۹۵ درصد و ۹۹ درصد به ترتیب بوسیله علائم * و ** و *** نشان داده شده‌اند.

با توجه به جداول ۲، ۳ و۴، مشاهده می‌شود که هر سری زمانی که عدم همگنی (معنی‌دار نبودن آماره آزمون در سطح احتمال بیش از ۹۰ درصد) آن بوسیله آزمون‌های همگنی تأیید شده‌است، دارای روند معنی‌داری (در سطح احتمال بیش از۹۰ درصد) می‌باشد که این مطلب در مورد دمای حداکثر پاییزه و زمستانه ایستگاه سد گرگان مشهود است به طوری‌که عدم همگنی سری‌های زمانی دمای حداکثر پاییزه و زمستانه با احتمال ۹۹ درصد تأیید شده‌است و همچنین، با احتمال ۹۵ درصد و ۹۹ درصد روند صعودی معنی‌داری به ترتیب در دمای حداکثر پاییزه و زمستانه وجود دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- نتایج آزمون روند من- کندال سری‌های زمانی دمای حداقل ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	سری زمانی				
		پاییزه	زمستانه	بهاره	تابستانه	سالانه
۱	سد گرگان	-۰/۲۱۵	-۰/۸۲۲	-۰/۴۳۱	-۰/۵۴۱	-۰/۹۵۰
۲	رامیان	۲/۹۳۱***	۳/۱۴۸***	-۱/۰۵۹	۰/۵۱۹	۳/۵۰۸***
۳	قلعه جیق	-۰/۰۷۲	۰/۳۲۴	-۰/۳۴۱	-۰/۳۷۷	۰/۱۴۵
۴	ارازکوسه	-۰/۰۷۲	۰/۹۱۹	۰/۷۹۰	۰/۸۲۵	۱/۱۹۱
۵	بهلکه داشلی	۲/۷۶۶***	۲/۹۳۹***	۰/۳۴۳	۳/۰۸۱***	۲/۸۹۰***
۶	تمر	-۰/۲۳۳	۱/۵۲۵	۱/۱۴۷	۱/۵۲۳	۱/۵۲۵
۷	غفارحاجی	۰/۱۴۳	۰/۶۶۶	۰/۲۱۶	۰/۳۰۷	۰/۷۴۰
۸	فاضل آباد	۱/۰۰۷	۱/۵۲۹	۰/۵۷۵	۰/۶۶۸	۱/۸۰۱*

آماره‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۹۰ درصد، ۹۵ درصد و ۹۹ درصد به ترتیب بوسیله علائم * و ** و *** نشان داده شده‌اند.

جدول ۷ - نتایج آزمون روند من- کندال سری‌های زمانی دمای حداکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	سری زمانی				
		پاییزه	زمستانه	بهاره	تابستانه	سالانه
۱	سد گرگان	۱/۹۸۷**	۲/۵۷۷***	-۰/۲۷۰	۱/۱۳۵	۰/۴۱۶
۲	رامیان	-۰/۹۸۸	۳/۲۰۷***	۱/۱۴۸	۱/۴۵۳	۱/۲۲۰
۳	قلعه جیق	۲/۱۵۲**	۳/۶۵۶***	۰/۷۵۱	۲/۱۲۹**	۱/۶۶۷*
۴	ارازکوسه	۲/۷۱۱***	۱/۲۴۱	۱/۴۱۵	۰/۰۳۶	-۰/۶۸۱
۵	بهلکه داشلی	-۱/۰۶۷	۲/۱۴۲**	-۰/۵۹۲	-۲/۱۵۲**	-۲/۳۶۸**
۶	تمر	۰/۶۶۱	۱/۳۰۹	-۰/۵۵۸	۰/۵۰۴	۰/۳۰۶
۷	غفارحاجی	-۰/۰۳۶	۲/۴۵۲**	-۰/۸۵۹	۰/۳۵۸	-۰/۳۴۳
۸	فاضل آباد	-۰/۳۲۴	۲/۵۸۱***	۰/۳۷۹	۰/۵۱۰	-۰/۲۳۵

آماره‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۹۰ درصد، ۹۵ درصد و ۹۹ درصد به ترتیب بوسیله علائم * و ** و *** نشان داده شده‌اند.

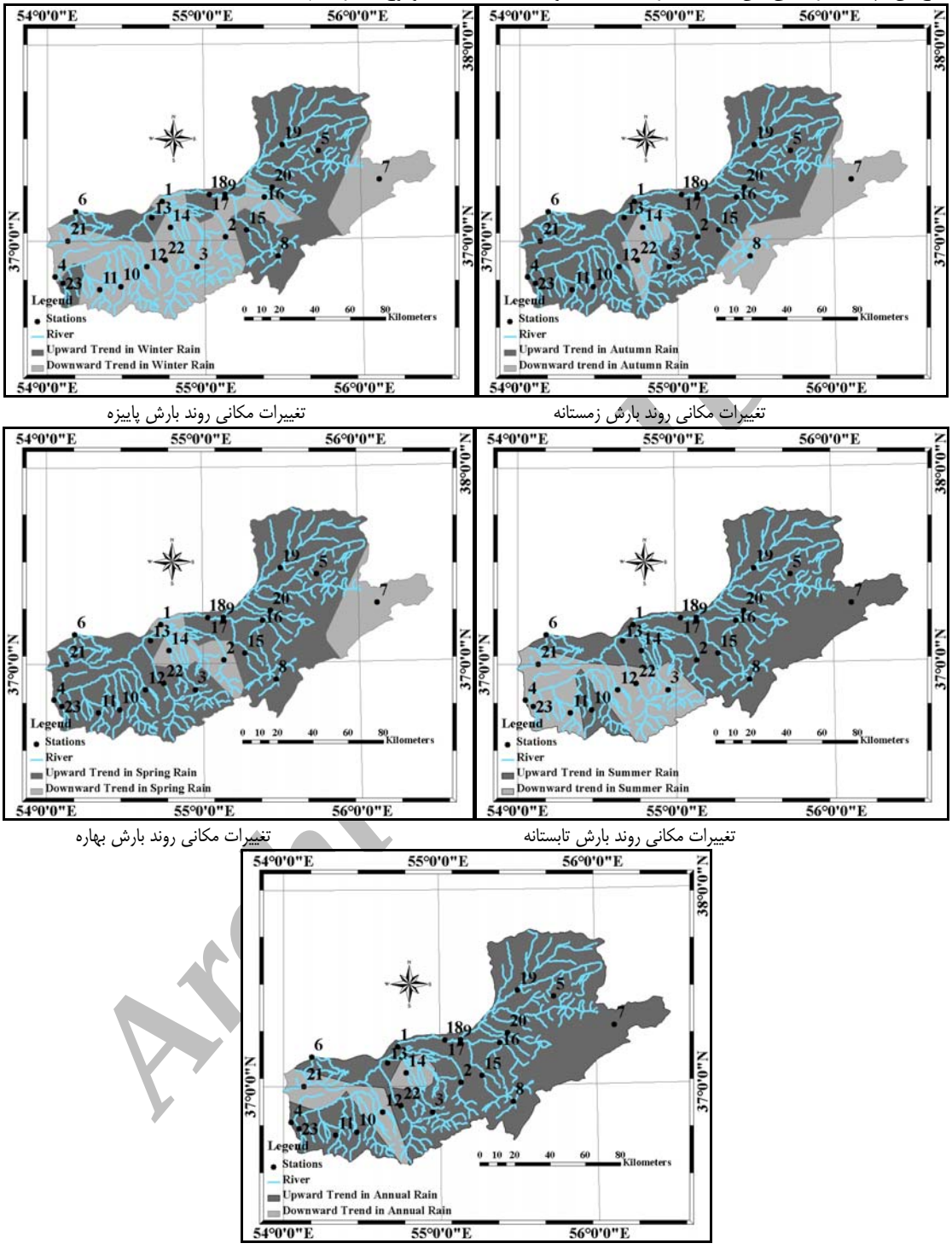
با توجه به جداول ۵ ، ۶ و ۷ ، مشاهده می‌شود که پارامترهای بارش، دمای حداقل و حداکثر، در شرایط فصلی و سالانه، در ایستگاه‌های مختلف روندهای متفاوتی را از خود نشان می‌دهند که صرف نظر از علامت، هرچه آماره بدست آمده بزرگتر باشد نشان‌دهنده روند بیشتر در آن سری زمانی می‌باشد. در این جداول آماره‌های معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۰ درصد ،۹۵ درصد و ۹۹ درصد مشخص شده‌اند. از آنجایی که ایستگاه‌های مورد بررسی در سراسر حوضه پراکنده شده‌اند، بنابراین برای بررسی تغییرات مکانی روند هر متغیر در حوضه، با استفاده از روش چندضلعی‌های تیسن، و به کمک نرم افزار ArcGIS ، محدوده تحت تأثیر هر ایستگاه تعیین شد و با در نظر گرفتن روند موجود در سری زمانی مربوط به هر ایستگاه برای محدوده تحت تأثیر آن (ایستگاه)، نواحی دارای روند صعودی و نزولی در هر یک از پارامترهای هواشناسی در مقیاس فصلی و سالانه مشخص شدند. شکل‌های شماره ۲ ، ۳ و ۴ به ترتیب نشان‌دهنده تغییرات مکانی روند بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر در سراسر حوضه در فصول مختلف و در شرایط سالانه می‌باشند. لازم به ذکر است که در این شکل‌ها، شماره ایستگاه‌های هواشناسی، همان شماره ردیف این ایستگاه‌ها در جدول شماره ۱ می‌باشد.

با توجه به نقشه‌های موجود در شکل شماره ۲، مشاهده می‌شود که بارش در ناحیه شمال‌شرقی حوضه، در محدوده ایستگاه‌های تنگراه و تمر در تمامی فصول و شرایط سالانه دارای روند صعودی است که این روند صعودی در فصل پاییز و شرایط سالانه از سطح معنی‌داری حداقل ۹۰ درصد برخوردار می‌باشد و از آنجایی که سرچشمه‌های رودخانه گرگانرود در این ناحیه قرار گرفته‌اند، بنابراین افزایش بارش می‌تواند بر وقوع پرآبی و سیل در این ناحیه (در شرایطی که سایر عوامل نیز بررسی شوند) اثرگذار باشد. همچنین، در نواحی جنوب و جنوب‌غربی حوضه در محل قرارگیری رودخانه قره‌سو، در فصول زمستان و تابستان، بارش دارای روند نزولی است ولی روندهای موجود در سطح اعتماد کوچکتر از ۹۰ درصد معنی‌دار هستند و این روند نزولی در بارش می‌تواند بر وقوع کم‌آبی در این فصول در رودخانه قره‌سو اثر گذارد. به علاوه در ناحیه جنوب‌شرقی حوضه در محل دشت رباط- قره‌بیل در فصول پاییز، زمستان و بهار (که فصول اصلی بارش هستند) بارش دارای روند نزولی است و این روند در فصل پاییز به طور شاخص در محدوده ایستگاه تیل آباد دارای احتمال

Archive of SID

www.SID.ir

۹۵ درصد می‌باشد و این مسئله نیز می‌تواند بر وقوع کم‌آبی در آبهـای سطحی و به تبع آن آبهای زیرزمینی این دشت تأثیر بگذارد. بـا توجـه به شواهد فوق، روندهای موجود در بارش در این حوضه می‌توانـد بـه علت وقوع تغییراقلیم باشد.



تغییرات مکانی روند بارش زمستانه

تغییرات مکانی روند بارش پاییزه

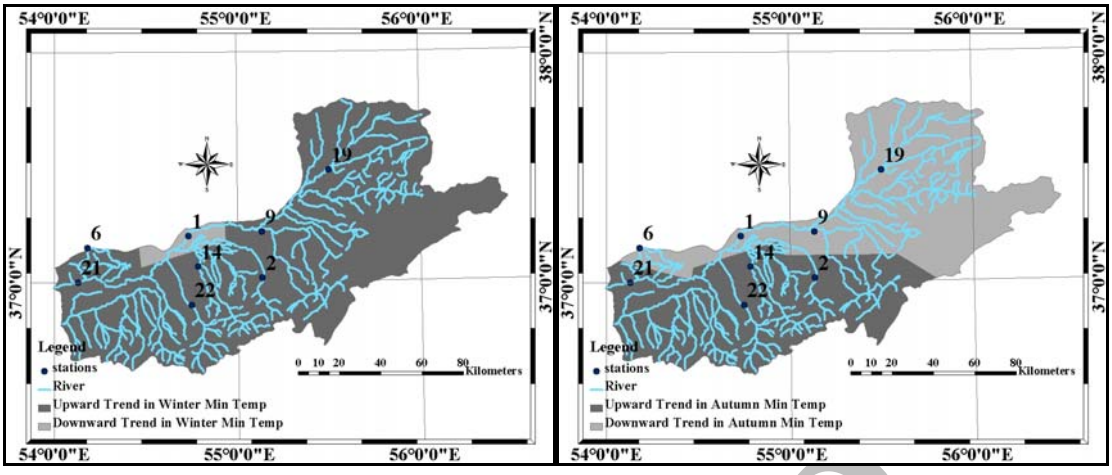
تغییرات مکانی روند بارش تابستانه

تغییرات مکانی روند بارش بهاره

تغییرات مکانی روند بارش سالانه

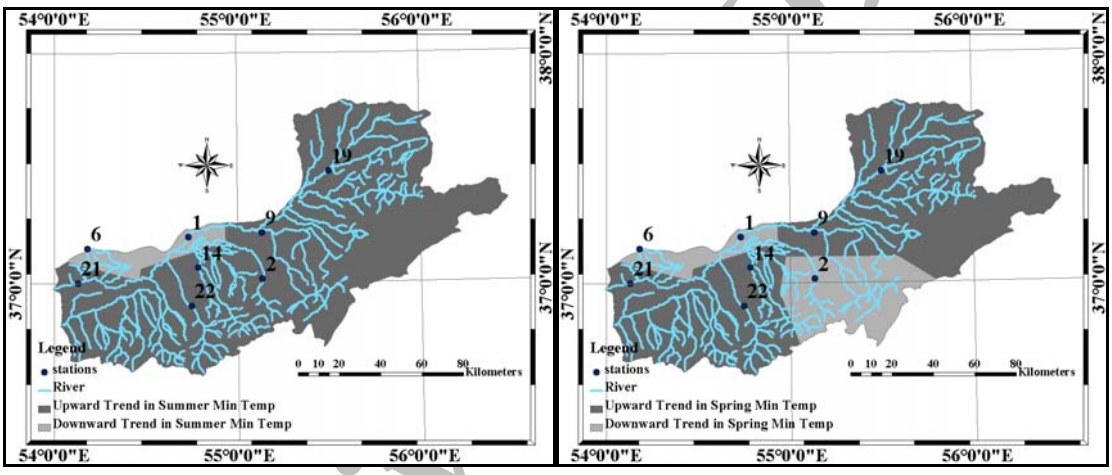
شکل ۲ - نقشه‌های تغییرات مکانی روند بارش در شرایط فصلی و سالانه در حوضه گرگانرود-قره‌سو

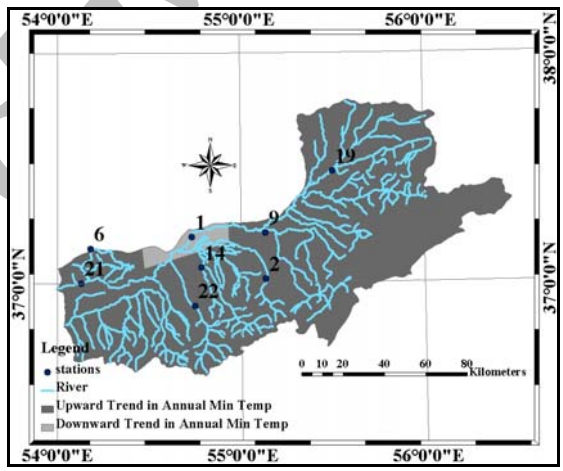
www.SID.ir



تغییرات مکانی روند دمای حداقل پاییزه تغییرات مکانی روند دمای حداقل زمستانه

تغییرات مکانی روند دمای حداقل بهاره تغییرات مکانی روند دمای حداقل تابستانه



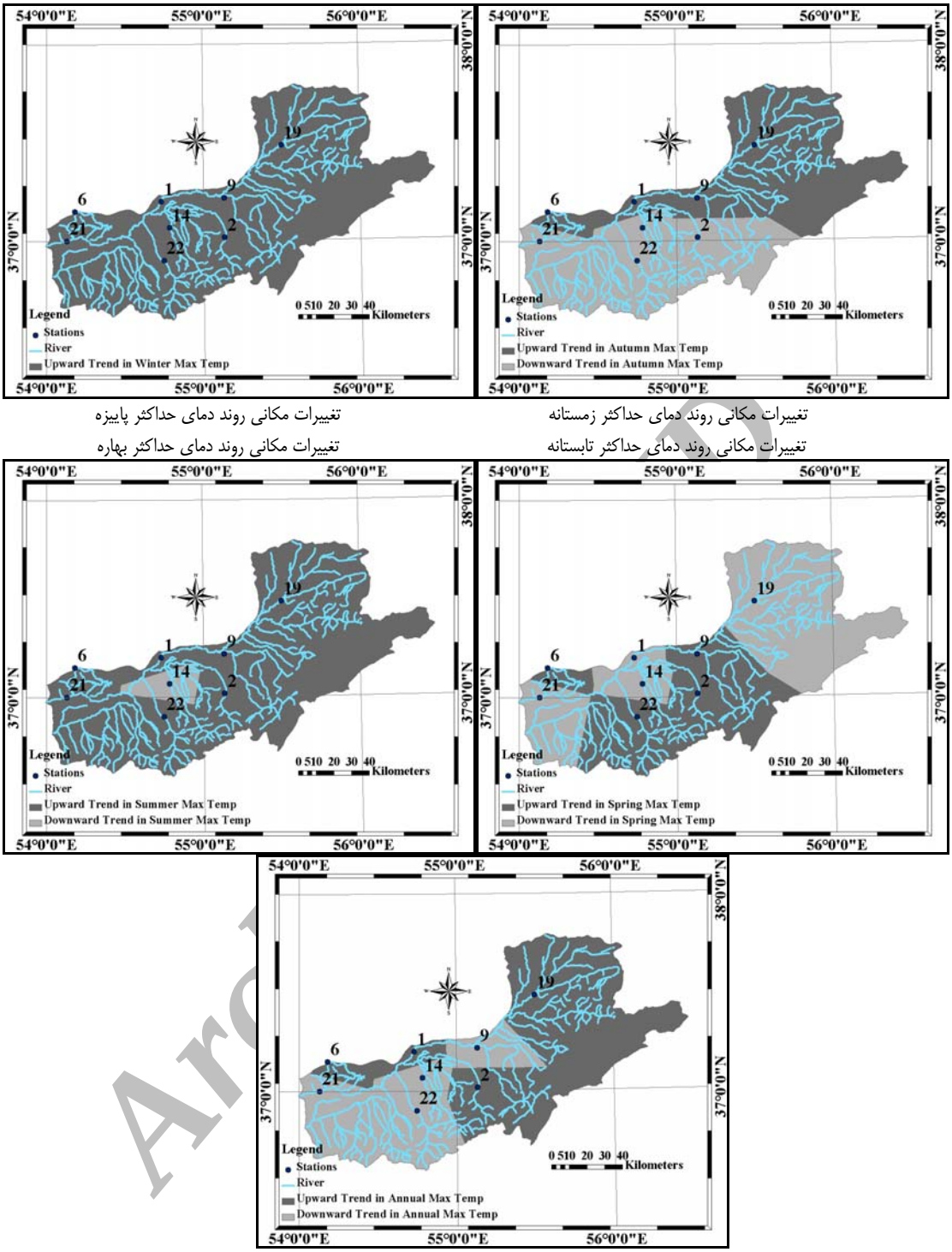


تغییرات مکانی روند دمای حداقل سالانه

شکل ۳ - نقشه‌های تغییرات مکانی روند دمای حداقل در شرایط فصلی و سالانه در حوضه گرگانرود-قره‌سو

Archive of SID

www.SID.ir



تغییرات مکانی روند دمای حداکثر زمستانه

تغییرات مکانی روند دمای حداکثر پاییزه

تغییرات مکانی روند دمای حداکثر تابستانه

تغییرات مکانی روند دمای حداکثر بهاره

تغییرات مکانی روند دمای حداکثر سالانه

شکل ٤ - نقشه‌های تغییرات مکانی روند دمای حداکثر در شرایط فصلی و سالانه در حوضه گرگانرود-قره‌سو

با مقایسه نقشه‌های موجود در شکل‌های شماره ۳ و ۴ می‌توان دریافت که به‌طور شاخص، در فصل پاییز در نیمه شمالی حوضه روند دمای حداقل، نزولی (با احتمال کمتر از ۹۰ درصد) و روند دمای حداکثر صعودی (با احتمال بیشتر از ۹۵ درصد) می‌باشد و این شرایط در نیمه جنوبی حوضه، عکس نیمه شمالی است که در این حالت نیز روند صعودی موجود در دمای حداقل با احتمال ۹۹ درصد و روند

www.SID.ir

نزولی دمای حداکثر با احتمال کمتر از ۹۰ درصد می‌باشد. بنابراین، در این فصل، دامنه تغییرات دما در نیمه شمالی در حال افزایش و در نیمه جنوبی در حال کاهش می‌باشد و با کاهش دامنه تغییرات دما، دمای حداقل و حداکثر به دمای متوسط نزدیک می‌شوند. همچنین، در سایر فصول و در شرایط سالانه، در اکثر مناطق حوضه، دمای حداقل دارای روند صعودی (در سطوح اطمینان متفاوت) است که این مطلب نشان‌دهنده گرم‌تر شدن دمای هوای حوضه می‌باشد. دمای حداکثر نیز در فصول زمستان و تابستان که فصول مهمی در تعیین شرایط دمایی منطقه هستند، تقریباً در تمامی حوضه دارای روند صعودی است و روند صعودی موجود در دمای حداکثر زمستانه در اکثر نواحی حوضه در سطح اعتماد ۹۵درصد و ۹۹درصد معنی‌دار است. با توجه به مطالب فوق، روندهای مشاهده شده در دمای حداقل و حداکثر می‌توانند ناشی از وقوع پدیده تغییراقلیم در این ناحیه باشند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری نمود که:

۱- پدیده تغییراقلیم باعث ایجاد عدم همگنی در داده‌های طبیعی می‌شود و این عدم همگنی، اغلب ناشی از وجود روندهای درازمدت در این داده‌ها می‌باشد. بنابراین، بهتر است برای بررسی وجود تغییرات آرام (روند) در یک سری زمانی که ممکن است به علت وقوع پدیده تغییراقلیم باشد، ابتدا همگنی آن سری مورد بررسی قرار گیرد که در تحقیق حاضر به این موضوع پرداخته شده است و نتایج بدست آمده نشان دادند سری‌های زمانی غیر همگن که عدم همگنیشان در سطح اعتماد ۹۹درصد بوسیله آزمون‌های همگنی تأیید شده است، دارای روند معنی‌دار (در سطح اعتماد حداقل۹۵درصد) هستند و این نتایج تأیید کننده مطالب بالا می‌باشند.

۲- استفاده همزمان از آزمون‌های همگنی انحرافات تجمعی و درست نمائی ورسلی باعث می‌شود که رخداد هرگونه تغییرات در میانگین در هر بخشی از سری زمانی کشف شود و آزمون‌های آماری همگنی و روند در کنار هم، روش‌های مطمئنی برای بررسی تغییرات موجود در یک سری زمانی هستند.

۳- در صورتی که پدیده تغییراقلیم به جای حالت ایستگاهی به صورت پیوسته (منطقه‌ای) بررسی شود، قضاوت بهتری در مورد وقوع یا عدم وقوع آن می‌تواند صورت گیرد و از آنجایی که داده‌های موجود برای یک حوضه به صورت ایستگاهی می‌باشند، باید به نحوی آمار ایستگاه‌ها به تمامی حوضه تعمیم داده شود تا تغییرات مکانی روند نیز قابل بررسی باشد که در تحقیق حاضر از روش چندضلعی‌های تیسن برای تعمیم روند به دست آمده برای ایستگاه‌ها به تمامی محدوده حوضه استفاده شده است و سپس، نواحی دارای روند صعودی و نزولی از یکدیگر تفکیک شده‌اند تا دید جامع‌تری نسبت به حوضه ایجاد شود.

۴- نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات غریب و مساعدی که نحوه تغییرات زمانی و مکانی بارش را در بخشی از حوضه آبریز گرگانرود بررسی کرده‌اند بجز ایستگاه ارازکوسه، در بقیه ایستگاه‌ها مطابقت خوبی دارد؛ البته در مقاله غریب و مساعدی برای بررسی روند از شیب معادله رگرسیون خطی استفاده شده در حالی که در این تحقیق از آزمون من- کندال بهره گرفته شده است.

۵- بررسی روندهای بارش نشان داد که بارش در ناحیه شمال‌شرقی حوضه که سرچشمه‌های رودخانه گرگانرود قرار دارد، در محدوده ایستگاه‌های تنگراه و تمر در تمامی فصول و شرایط سالانه دارای روند صعودی است که این روند صعودی در فصل پاییز و شرایط سالانه از سطح معنی‌داری حداقل ۹۰درصد برخوردار می‌باشد. همچنین، در نواحی جنوب و جنوب‌غربی حوضه در محل قرارگیری رودخانه قره‌سو، در فصول زمستان و تابستان، بارش دارای روند نزولی است ولی روندهای موجود در سطح اعتماد کوچکتر از ۹۰درصد معنی‌دار هستند. به علاوه در ناحیه جنوب‌شرقی حوضه در محل دشت رباط- قره‌بیل در فصول پاییز، زمستان و بهار (که فصول اصلی بارش هستند) بارش دارای روند نزولی است و این روند در فصل پاییز به طور شاخص در محدوده ایستگاه تیل آباد دارای احتمال ۹۵درصد می‌باشد. بنابراین، با توجه به شواهد فوق می‌توان نتیجه‌گیری نمود که روندهای موجود در بارش در بخش‌های مختلف این حوضه و در فصول مختلف با یکدیگر متفاوت است و این روندها می‌توانند به علت وقوع تغییراقلیم باشند.

۶- بررسی روندهای موجود در دمای حداقل و حداکثر نشان می‌دهند که در تمامی فصول بجز پاییز و در شرایط سالانه، در اکثر مناطق حوضه، دمای حداقل دارای روند صعودی (در سطوح اطمینان متفاوت) است که این مطلب نشان‌دهنده گرم‌تر شدن دمای هوای حوضه می‌باشد. دمای حداکثر نیز در فصول زمستان و تابستان که فصول مهمی در تعیین شرایط دمایی منطقه هستند، تقریباً در تمامی حوضه دارای روند صعودی است و روند صعودی موجود در دمای حداکثر زمستانه در اکثر نواحی حوضه در سطح اعتماد ۹۵درصد و ۹۹درصد معنی‌دار است. با توجه به شواهد به دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که روندهای مشاهده شده در دمای حداقل و حداکثر می‌توانند ناشی از وقوع پدیده تغییراقلیم در این ناحیه باشند.

۷- روندهای مشاهده شده در بارش و دما در ایستگاه‌های مختلف در نواحی مختلف حوضه بیانگر تغییراتی در شرایط طبیعی بارش و دما در این نواحی هستند؛ ولی برای اینکه بتوان عامل این تغییرات را به طور قطع پدیده تغییراقلیم دانست بهتر است بررسی‌ها در دوره زمانی طولانی‌تری صورت گیرند؛ البته انجام این تحقیق در دوره زمانی ۳۰ ساله به علت آمار محدود ایستگاه‌های حوضه می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱- خسروی م. ، جاودانی ن. و محمدنیا س. ۱۳۸۲ . بررسی انطباق سری‌های زمانی دمای مشهد با تغییرات و نوسانات دمای کره زمین. سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان.

۲- خلیلی ع. ۱۳۷۹. بررسی اثر محتمل تغییراقلیم بر منابع آب کشور. گزارش طرح جاماب کشور

۳- دانش کار آراسته پ. و شکوهی ع.ر. ۱۳۸۷. در جستجوی اثرات تغییر اقلیم بر شرایط آب و هوایی و منابع آبهای سطحی ایران. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.

۴- داورزنی ح. و داوطلب ر. ۱۳۸۵ . بررسی اثر تغییر اقلیم بر پارامتر بارندگی شاهرود. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب.

۵- شرکت مهندسین مشاور جاماب، ۱۳۸۴ . مطالعات برنامه جامع سازگاری با اقلیم، وضعیت موجود و آینده منابع آب حوضه آبریز رودخانه‌های گرگانرود- قره‌سو.

۶- طباطبایی س.ع. و حسینی م. ۱۳۸۲ . بررسی تغییراقلیم در شهر سمنان بر اساس پارامترهای بارش ماهیانه و متوسط دمای ماهیانه. سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان.

۷- علیزاده ا. ۱۳۸۴ . اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد. ۸۱۵ص

۸- غریب م. و مساعدی ا. ۱۳۸۲ . بررسی نحوه تغییرات زمانی و مکانی بارندگی در بخشی از حوضه آبریز گرگانرود. سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان.

۹- کارآموز م. و عراقی نژاد ش. ۱۳۸۴. هیدرولوژی پیشرفته. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. تهران. ۴۶۴ص

۱۰- کاویانی م.ر. و عساکره ح. ۱۳۸۲ . بررسی آماری روند بلند مدت بارش سالانه اصفهان. سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان.

۱۱- کتیرایی پ. س.، حجام، س. و ایران نژاد، پ. ۱۳۸۴. بررسی روند تغییرات بارندگی در ایران طی دوره ۱۹۶۰ الی ۲۰۰۱ ، رساله دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

۱۲- مساعدی ا. و شریفان ح. ۱۳۸۲ . بررسی روند فراوانی وقوع سیل در رودخانه گرگانرود. سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان.

۱۳- نیک‌قوجق ی. و یارمحمدی م. ۱۳۸۷ . ارزیابی تغییراقلیم و بررسی تأثیر آن بر منابع آب سطحی(مطالعه موردی: رودخانه زیارت در استان گلستان). سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.

14- Abdul Aziz O.I., and Burn D.H. 2006. Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin. J. Hydrology., 319:282-294.

15- Birsan M.V., Molnar P., Burlando P., and Pfaundler M. 2005. Streamflow trends in Switzerland. J. Hydrology., 314: 312-329.

16- Buishand T.A. 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfallrecords. J. Hydrology., 58: 11-27.

17- Burn D.H. 2008. Climatic influences on streamflow timing in the headwaters of the Mackenzie River Basin. J. Hydrology., 352: 225-238.

18- Burn D.H., and Hag Elnur M.A. 2002. Detection of hydrolic trends and variability. J. Hydrology., 255: 107-122.

19- Burns D.A., Klaus J., and McHale M.R. 2007. Recent climate trends and implications for water resources in the Catskill Mountain region, New York, USA. J. Hydrology., 336: 155-170.

20- Douglas E.M., Vogel R.M., and Kroll C.N. 2000. Trends in flood and low flows in the United States: impact of spatial correlation. J. Hydrology., 240: 90–105.

21- Kahya E., and Kalayci S. 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey. J. Hydrology., 289: 128–144.

22- Kendall M.G. 1975. Rank Correlation Methods. Charles Griffin, London.

23- Lettenmaier D.P., and Gan T.Y. 1990. Hydrologic sensitivities of the Sacramento-San Joaquin River Basin, California, to global warming. J. Water Res., 26:69-86.

24- Lins H.F., and Slack J.R. 1999. Streamflow trends in the United States. Geophys. Res. Lett. 26 (2): 227–230.

25- Mann H.B. 1945. Nonparametric tests against trend. Econometrica.,13, 245-259.

Archive of SID

www.SID.ir

26- Maurer E.P., and Stewart I.T. 2007. Detection, attribution and sensitivity of trends toward earlier streamflow in the Sierra Nevada. J. Geophysical Research., 112: 111-118.
27- Modarres R., and Silva V.P.R. 2007. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. J. Arid. Enviroments., 70: 344-355.
28- Molna´r P., and Ramı´rez J. 2001. Recent trends in precipitation and streamflow in the Rio Puerco basin. J. Climate., 14: 2317–2328.
29- Rood S.B., Samuelson G.M., Weber J.K., and Wywrot K.A. 2005. Twentieth-century decline in streamflows from the hydrographic apex of North America. J. Hydrology. 306:215–233.
30- Roos M. 1987. Possible Changes in California Snowmelt Patterns. Proc., 4th Pacific Climate Workshop, Pacific Grove, California., 22-31.
31- Su B.D., Jiang T., and Jin W.B. 2006. Recent trends in observed temperature and precipitation extremes in the Yangtze River basin, China. J. Theoretical and Applied Climatology., pp: 129-151.
32- Turgay P., and Ercan K. 2005. Trend analysis in Turkish precipitation data. Hydrological processes published online in Wiley interscience.
33- Wang B., Ding Q., and Jhun J.G. 2006. Trends in Seoul (1778–2004) summer precipitation.Geophys. Res. Lett. 33, L 15803.
34- Wang W., Gelder P.H., and Vrijling J.K. 2005. Trend and stationarity analysis for streamflow processes of rivers in Western Europe in the 20th Century. IWA International Conference on Water Economics, Statistics, and Finance, 8–10 July, Rethymno, Greece.
35- World Climate Program, 1988. Analyzing Long Time Series of Hydrological Data with Respect of climate Variability and Change. Weap-3 WMO/TD no.224.
36- Worsley K.J. 1979. On the likelihood ratio test for a shift in location of normal population. J. Am. Stat. Assoc., 74, 365-367.
37- Yue S., Pilon P., and Phinney R. 2003. Canadian Streamflow trend detection: impacts of serial and cross-correlation. J. Hydrology. Sci. 48 (1): 51–63.
38- Zhang Q., Liu C., Xu C., Xu Y., and Jiang T. 2006. Observed trends of annual maximum water level and streamflow during past 130 years in the Yangtze River basin, China. J. Hydrology., 324:255-265.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 3, July-Aug 2010, p. 476-489

نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۳، مرداد - شهریور ۱۳۸۹، ص. ۴۸۹-۴۷۶

Regional Assessment of Climate Change Using Statistical Tests: Case Study of Gorganroud-Gharehsou Basin

F. Modaresi [1]*- Sh. Araghinejad [2] – K. Ebrahimi [3] – M. Kholghi [4]

Abstract

Despite the significance of climate change assessment on regional planning of a basin, most of the previous researches have been focused on the point assessment of this phenomenon. This paper uses statistical tests as well as regional assessment to investigate the impact of climate change on the Gorganroud-Gharehsou basin. In this regard, various tests including Man-Kendall, Cumulating Deviation, and Worsley's Liklyhood Ratio Test have been applied to recognize the homogeneity and probable trend of seasonal and annual rainfall as well as max and min temperature data in the period of 1977 through 2006. Then, the results were generalized over the basin to result in the regions affected by the climate change impact. The results show that first: Non-homogen time series (sig.99%) have been trends (sig.95%). Second: an increasing trend in Autumn and Anuual rainfall in the north-east of the basin (sig.90%). Furthermore, the climate change is demonstrated in the basin by increasing the minimum and maximum temperature during the summer and winter seasons (sig.95%).

Keywords: Climate Change, Regional assessment, Homogeneity, Trend, Gorganroud-Gharehsou

Archive of SID

1,2,3,4 Graduate Student, Water Resources Eng, Assistant Professor, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Irrigation and Reclamation Eng. College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Respectively
(*-Corresponding author Email: fereshteh_modaresi@yahoo.com)

www.SID.ir