

بررسی منطقه‌ای پدیده تغییر اقلیم

مطالعه موردی: حوضه آبریز گرگانرود - قره‌سو

فرشته مدرسی*

چکیده

تاکنون اغلب مطالعات انجام شده در زمینه رخداد تغییر اقلیم، به صورت ایستگاهی (نقطه‌ای) بوده‌اند و از دیدگاه پیوسته (منطقه‌ای) کمتر به این موضوع پرداخته شده است. در این تحقیق، با بهره‌گیری توأم از روش‌های آماری و هیدرولوژیکی، پدیده تغییر اقلیم به صورت منطقه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور، حوضه آبریز گرگانرود - قره‌سو به عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شده است. برای انجام این تحقیق، ابتدا 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 آزمون تعیین روند من- کندال محاسبه شده و سپس با بکارگیری روش‌های هیدرولوژیکی و تعیین محدوده تحت تأثیر هر ایستگاه، نواحی مختلف حوضه از لحاظ وقوع پدیده تغییر اقلیم مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که به طور شاخص در نواحی شمال شرقی حوضه در محل قرارگیری سرچشمه‌های رودخانه گرگانرود، بارش در تمامی فصول و در شرایط سالانه از روند صعودی برخوردار است. بنابراین، احتمال وقوع سیل در آینده در این حوضه وجود خواهد داشت. همچنین، رخداد تغییر اقلیم در اکثر نواحی این حوضه، در قالب وجود روند صعودی در دمای حداقل و حداکثر در فصول تابستان و زمستان نمایان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بررسی منطقه‌ای، تغییر اقلیم، روند، گرگانرود - قره‌سو، من-کندال.

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 (کارآموز و عراقی‌نژاد، ۱۳۸۴). 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 (خلیلی، ۱۳۷۹). در مقیاس کلی، افزایش تدریجی دمای کره زمین و اقیانوس‌ها را در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای، مهمترین عامل تغییر اقلیم می‌دانند. 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 تغییر اقلیم بر روی سری‌های زمانی هیدرولوژیکی مانند سری‌های مشاهداتی دما، بارش و جریان رودخانه در نقاط مختلف جهان توسط محققین استفاده شده است و اغلب تحقیقات آنها نیز به صورت ایستگاهی (نقطه‌ای) می‌باشد. به عنوان مثال: لتنامیر و گان (۱۹۹۰)، داگلاس و همکاران (۲۰۰۰) و ماورر و استوارت (۲۰۰۷) روندهای جریان رودخانه و برنز و همکاران (۲۰۰۷) روندهای اقلیمی را در ایالات متحده آمریکا مطالعه کردند. در کانادا، برن و حق النور (۲۰۰۲)، رود و همکاران (۲۰۰۵)، عبدالعزیز و برن (۲۰۰۶) و برن (۲۰۰۸) روندهای موجود در جریان رودخانه‌های کانادا را مورد مطالعه قرار دادند. همچنین، سو و همکاران (۲۰۰۶) وجود روند در مقادیر حدی دما و بارش و

* کارشناس ارشد مهندسی منابع آب. دانشگاه تهران. Email: fereshteh_modaresi@yahoo.com
fmodaresi@ut.ac.ir

ژانگ و همکاران (۲۰۰۶) روندهای موجود در ماکزیمم سطح آب و جریان رودخانه حوضه یانگتسه در چین را بررسی کردند. وانگ و همکاران (۲۰۰۵) روندهای جریان رودخانه در غرب اروپا را مورد بررسی قرار دادند. به علاوه، کاهیا و کالایسی (۲۰۰۴) روند جریان رودخانه در ترکیه، بیرسان و همکاران (۲۰۰۵) روندهای جریان رودخانه در سوئیس، مولنار و رامیرز (۲۰۰۱) روند بارش و جریان رودخانه در مکزیک و وانگ و همکاران (۲۰۰۶) روند بارش تابستانه در سئول کره و مدرس و سیلوا (۲۰۰۷) روندهای بارش در مناطق خشک و نیمه خشک ایران را بررسی کردند.

همچنین در ایران، خسروی و همکاران (۱۳۸۲) تغییرات فصلی دما در شهر مشهد، کاپانی و عساکره (۱۳۸۲) روند بلند مدت بارش سالانه در اصفهان، طباطبایی و حسینی (۱۳۸۲) روندهای موجود در پارامترهای بارش ماهانه و متوسط دمای ماهانه در شهر سمنان و داورزنی و داوطلب (۱۳۸۵) روندهای موجود در پارامترهای بارندگی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته در شهر شاهرود را بررسی نمودند. مساعدی و شریفان (۱۳۸۲) روند فراوانی وقوع سیل در رودخانه گرگانرود، غریب و مساعدی (۱۳۸۲) نحوه تغییرات زمانی و مکانی بارندگی در بخشی از حوضه آبریز گرگانرود و نیک قوجق و یارمحمدی (۱۳۸۷) 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. همچنین، دانش کار آراسته و شکوهی (۱۳۸۷) برای بررسی رخداد تغییرات اقلیم 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 که فقط تحقیق دانش کار آراسته و شکوهی (۱۳۸۷) به‌طور پیوسته تمامی ایران را مورد مطالعه قرار داده است و سایر بررسی‌ها به صورت نقطه‌ای (ایستگاهی) می‌باشد. بنابراین، در این تحقیق، برای بررسی رخداد تغییرات اقلیم در حوضه گرگانرود-قره‌سو واقع در استان گلستان، از سه پارامتر بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر که تحت تأثیر مستقیم پدیده تغییرات اقلیم قرار می‌گیرند، استفاده شده است و ابتدا با استفاده از آزمون تعیین روند من-کندال که توسط سازمان هواشناسی بین‌المللی (World Meteorological Organization = WMO) برای مطالعات تغییرات اقلیم پیشنهاد شده است، روند موجود در این سری‌های زمانی در مقیاس فصلی و سالانه مورد بررسی قرار گرفت. 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 داده شود. با توجه به این نکته که محدوده تحت تأثیر هر ایستگاه هواشناسی، دارای رفتار آب و هوایی مانند آن ایستگاه است (علی‌زاده، ۱۳۸۴)، 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 تغییرات اقلیم مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر برای تعیین روند موجود در سری‌های زمانی بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر در مقیاس فصلی و سالانه، از آزمون ناپارامتری تعیین روند من-کندال که توسط سازمان هواشناسی بین‌المللی (WMO) برای مطالعات تغییرات اقلیم پیشنهاد شده است، استفاده شده است زیرا مزیت آزمون‌های ناپارامتری بر آزمون‌های پارامتری این است که در اکثر آزمون‌های پارامتری، فرض اولیه آزمون، وجود توزیع نرمال در داده‌ها می‌باشد در صورتی که در اکثر آزمون‌های ناپارامتری چنین فرضی وجود ندارد. از آنجایی که بسیاری از داده‌ها در شرایط واقعی نیز دارای چولگی بوده و توزیع نرمال ندارند، بنابراین برای آنکه نتایج واقعی‌تری بدست آید، ترجیح داده می‌شود که از آزمون‌های ناپارامتری استفاده شود. این آزمون به شرح زیر می‌باشد:

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

آزمون ناپارامتری من-کندال که توسط من (۱۹۴۵) و کندال (۱۹۷۵) ارائه شده است بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی استوار می‌باشد (Mann, 1945; Kendall, 1975). 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 استفاده کرد و داده‌ها نباید در قالب توزیع خاصی درآیند (Turgay and Ercan, 2005).

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

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

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

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 (۳) و (۴) بدست می‌آید:

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (4)$$

در رابطه بالا: n : تعداد داده‌ها، m : تعداد گره‌ها 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 (۵) بدست می‌آید:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

این آزمون، یک آزمون دو طرفه است. بنابراین در صورتی که $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$ 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) خواهد بود (World Climate Program, 1988).

حوضه آبریز گرگانرود-قره‌سو :

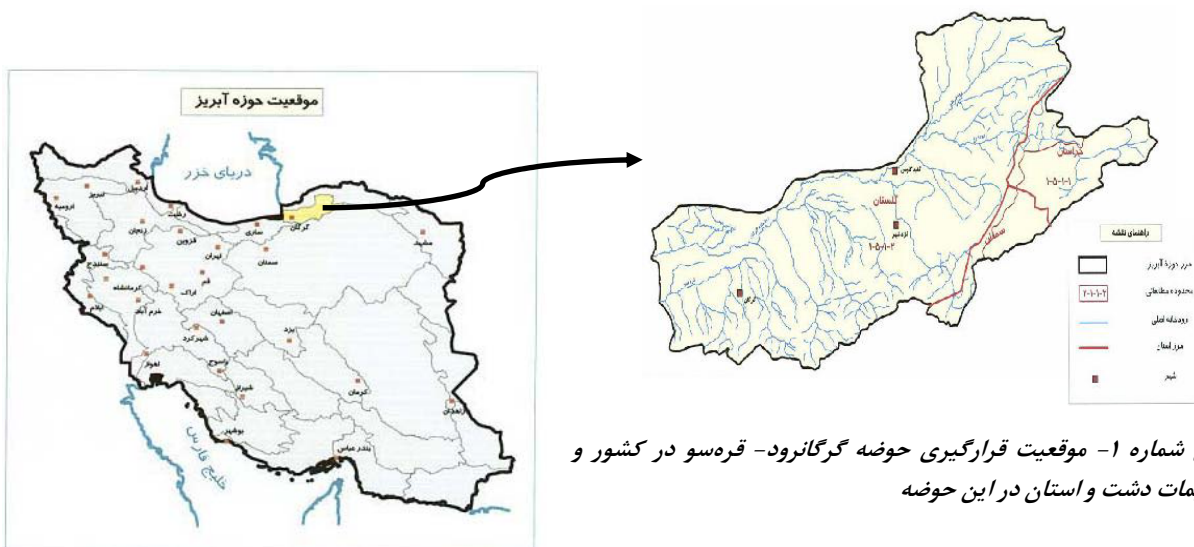
حوضه آبریز گرگانرود-قره‌سو در بخش جنوب‌شرقی دریای خزر قرار داشته و در تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژی ایران، جزئی از آبریز دریای خزر به شمار می‌رود. این حوضه در محدوده طول جغرافیایی $00^\circ - 54^\circ$ تا $29' - 56^\circ$ شرقی و عرض جغرافیایی $36' - 36^\circ$ تا $47' - 37^\circ$ شمالی واقع شده است و از شمال 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، 13061 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 300 میلی‌متر در کناره‌های جنوبی و شمالی حوضه تا 1000 میلی‌متر در بخش مرکزی آن متغیر است. میانگین سالانه دما در این حوضه از حدود 17 درجه سانتی‌گراد در نواحی کم ارتفاع تا $7/5$ درجه سانتی‌گراد در ارتفاعات جنوبی متغیر می‌باشد. حوضه آبریز گرگانرود-قره‌سو دارای رودخانه‌های کوچک و متوسط متعدد است که پس از عبور از ارتفاعات و طی مسافتی در دشت، نهایتاً دو رودخانه اصلی حوضه یعنی گرگانرود و قره‌سو را تشکیل می‌دهند که در طی مسیر شرق به غرب به دریای خزر می‌ریزند (جاماب، ۱۳۸۴).

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 شماره ۱ 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.

جدول شماره 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	غفار حاجی	۵۴	۸	۳۷	۰	✓	✓
۲۲	فاضل آباد	۵۴	۴۵	۳۶	۵۴	✓	✓
۲۳	غازمحل	۵۴	۶	۳۶	۴۷	✓	✓

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



نتایج و بحث

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 هر سه متغیر در مقیاس فصلی و سالانه به طور نمونه برای ایستگاه سدگرگان در جدول شماره ۲ آورده شده است. مقادیر مثبت و منفی آماره آزمون روند به ترتیب نشان‌دهنده روند صعودی و نزولی در سری زمانی مورد بررسی هستند.

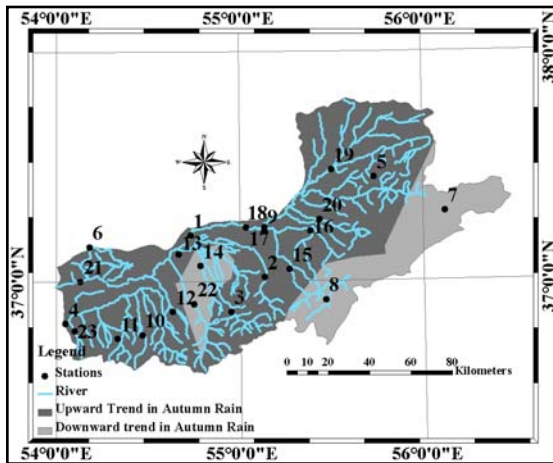
جدول شماره ۲- آماره‌های آزمون روند ایستگاه سدگرگان برای سه متغیر بارش، دمای حداقل و حداکثر

متغیر	سری زمانی			
	پاییزه	زمستانه	بهاره	تابستانه
بارش	۰/۶۷۸	-۰/۶۶۰	-۰/۲۵۰	۰/۸۲۱
دمای حداقل	-۰/۲۱۵	-۰/۸۲۲	-۰/۴۳۱	-۰/۵۴۱
دمای حداکثر	۱/۹۸۷**	۲/۵۷۷***	-۰/۲۷۰	۱/۱۲۵

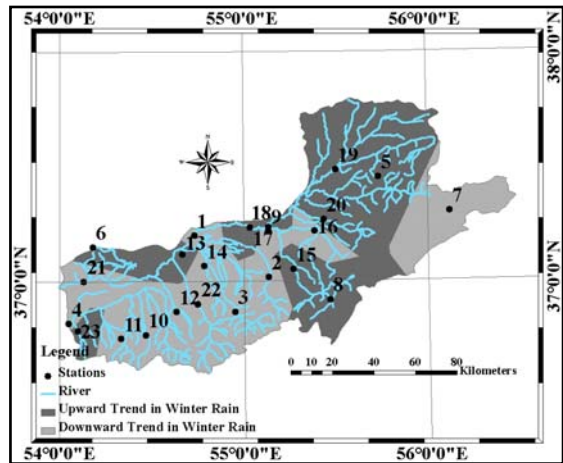
آماره‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۹۰٪، ۹۵٪ و ۹۹٪ به ترتیب بوسیله علائم * و ** و *** نشان داده شده‌اند.

با توجه به جدول شماره ۲، مشاهده می‌شود که در ایستگاه سد گرگان، در متغیرهای بارش و دمای حداقل در مقیاس فصلی و سالانه روند معنی‌داری وجود ندارد ولی در دمای حداکثر پاییزه و زمستانه به ترتیب با احتمال ۹۵٪ و ۹۹٪ روند صعودی معنی‌دار وجود دارد و در سایر فصول و شرایط سالانه در دمای حداکثر نیز روند معنی‌دار مشاهده نشده است. به طور کلی نتایج به دست آمده از تمامی ایستگاه‌ها نشان می‌دهند که پارامترهای بارش، دمای حداقل و حداکثر، در شرایط فصلی و سالانه، در ایستگاه‌های مختلف روندهای متفاوتی دارند. 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 شمال شرقی 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٪ برخوردار می‌باشد و از آنجایی که سرچشمه‌های رودخانه گرگانرود در این ناحیه قرار گرفته‌اند، بنابراین افزایش بارش می‌تواند بر وقوع پرابی و سیل در این ناحیه (در شرایطی که سایر عوامل نیز بررسی شوند) اثرگذار باشد. همچنین، در نواحی جنوب و جنوب غربی 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٪ معنی‌دار هستند و این روند نزولی در بارش می‌تواند بر وقوع کم‌آبی در این فصول در رودخانه قره‌سو اثر گذارد. به علاوه در ناحیه جنوب شرقی 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 ۹۵٪ می‌باشد و این مسئله نیز می‌تواند بر وقوع کم‌آبی در آبهای سطحی و به تبع آن آبهای زیرزمینی این دشت تأثیر بگذارد. با توجه به شواهد فوق، روندهای موجود در بارش در این حوضه می‌تواند به علت وقوع تغییرات اقلیم باشد.

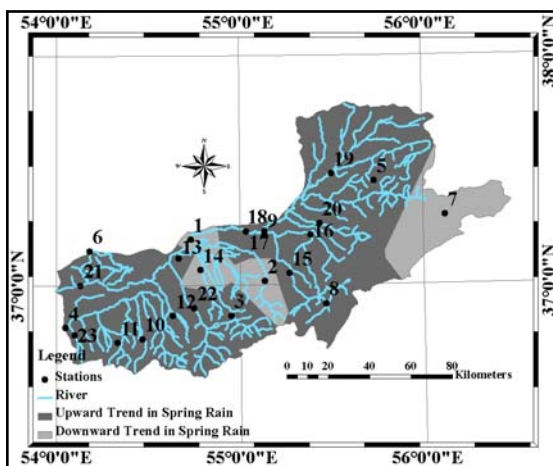
با مقایسه نقشه‌های موجود در شکل‌های شماره ۳ و ۴ می‌توان دریافت که به‌طور شاخص، در فصل پاییز در نیمه شمالی حوضه روند دمای حداقل، نزولی (با احتمال کمتر از ۹۰٪) و روند دمای حداکثر صعودی (با احتمال بیشتر از ۹۵٪) می‌باشد و این شرایط در نیمه جنوبی حوضه، عکس نیمه شمالی است که در این حالت نیز روند صعودی موجود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



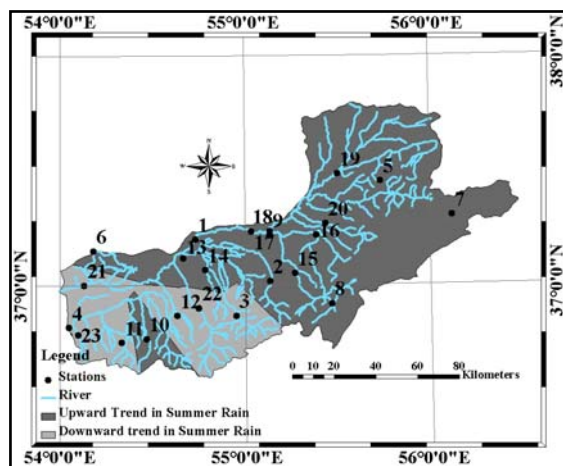
تغییرات مکانی روند بارش پاییزه



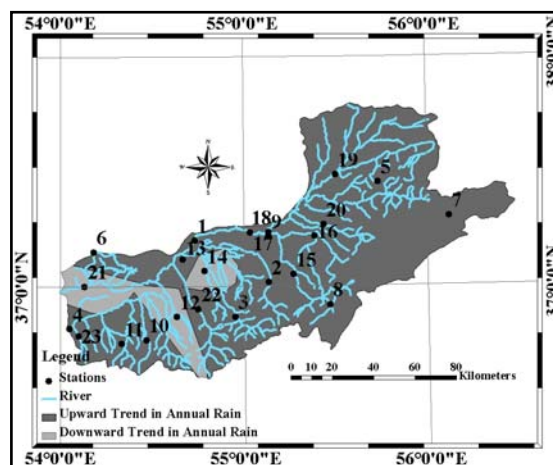
تغییرات مکانی روند بارش زمستانه



تغییرات مکانی روند بارش بهاره

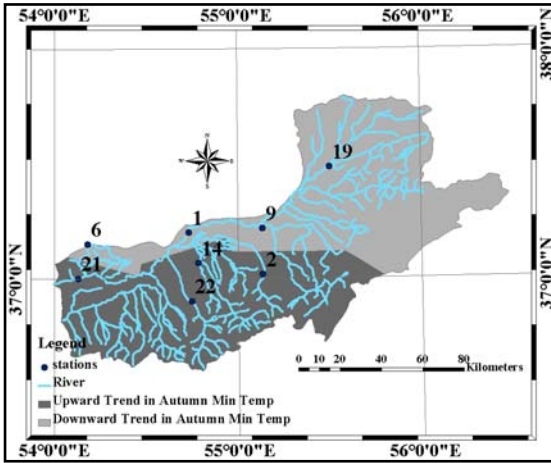


تغییرات مکانی روند بارش تابستانه

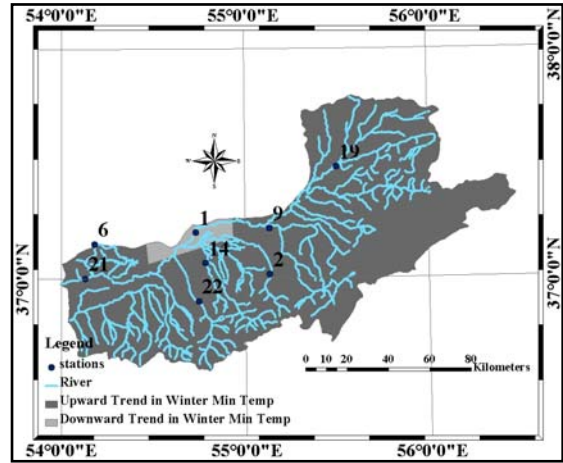


تغییرات مکانی روند بارش سالانه

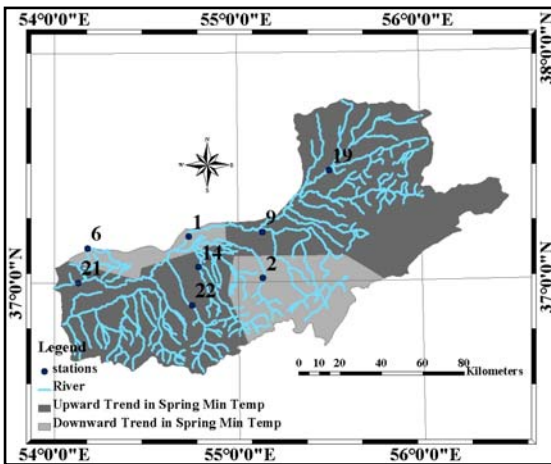
شکل شماره ۲ - نقشه‌های تغییرات مکانی روند بارش در شرایط فصلی و سالانه در حوضه گرگانرود-قره‌سو



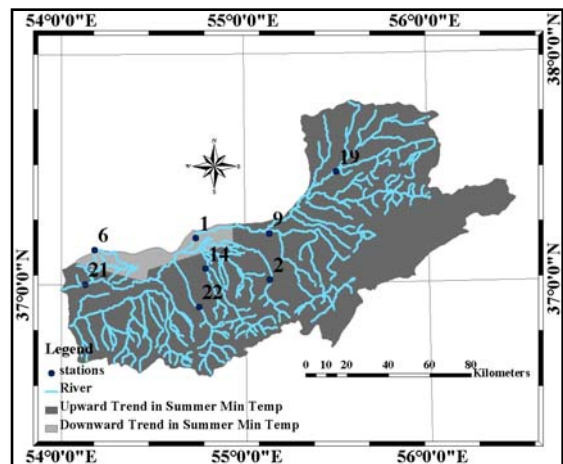
تغییرات مکانی روند دمای حداقل پاییزه



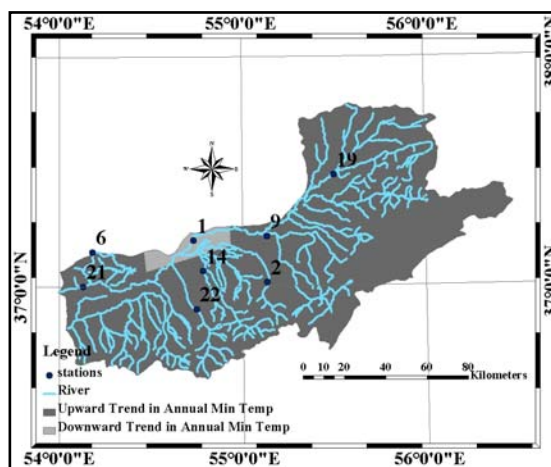
تغییرات مکانی روند دمای حداقل زمستانه



تغییرات مکانی روند دمای حداقل بهاره

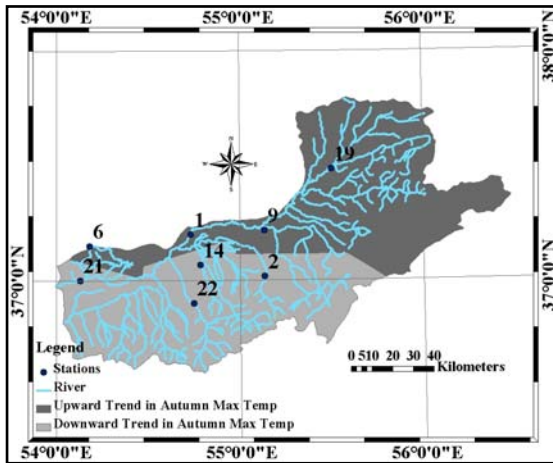


تغییرات مکانی روند دمای حداقل تابستانه

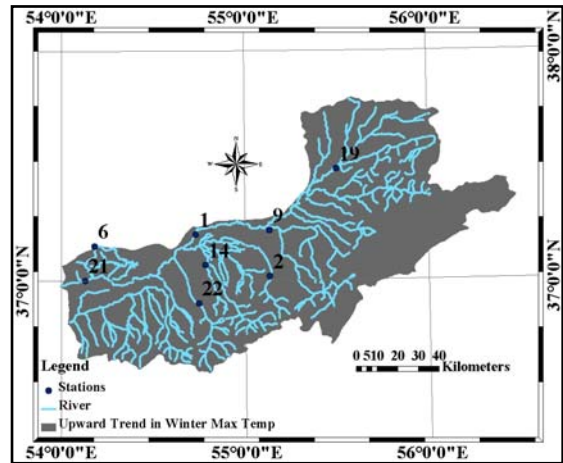


تغییرات مکانی روند دمای حداقل سالانه

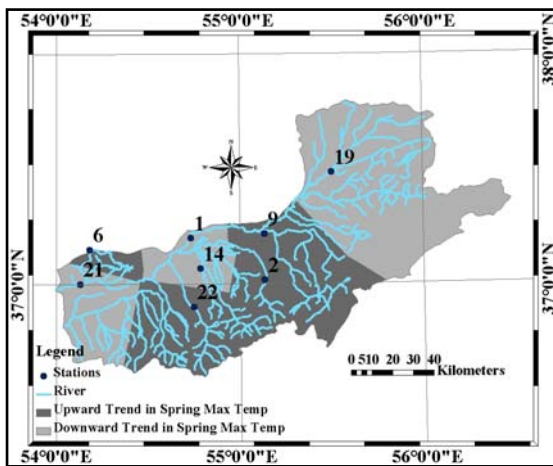
شکل شماره ۳ - نقشه‌های تغییرات مکانی روند دمای حداقل در شرایط فصلی و سالانه در حوضه گرگانرود-قره‌سو



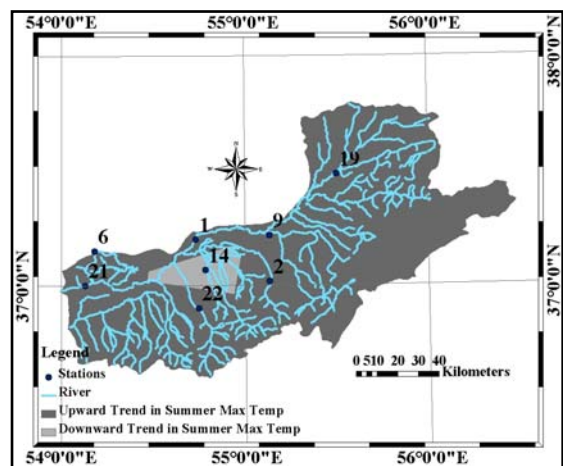
تغییرات مکانی روند دمای حداکثر پاییزه



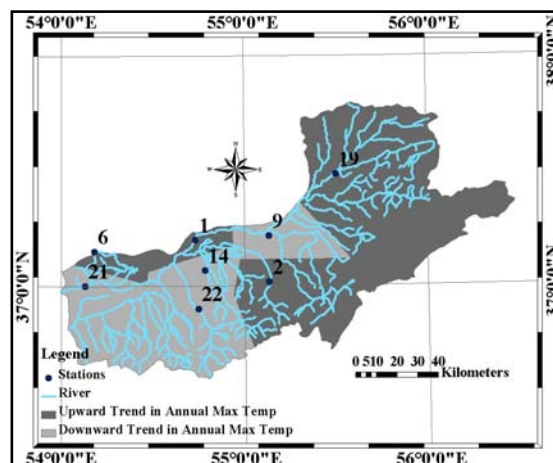
تغییرات مکانی روند دمای حداکثر زمستانه



تغییرات مکانی روند دمای حداکثر بهاره



تغییرات مکانی روند دمای حداکثر تابستانه



تغییرات مکانی روند دمای حداکثر سالانه

شکل شماره ۴ - نقشه‌های تغییرات مکانی روند دمای حداکثر در شرایط فصلی و سالانه در حوضه گرگانرود-قره‌سو

تمامی حوضه دارای روند صعودی است و روند صعودی موجود در دمای حداکثر زمستانه در اکثر نواحی حوضه در سطح اعتماد ۹۵٪ و ۹۹٪ معنی‌دار است. با توجه به مطالب فوق، روندهای مشاهده شده در دمای حداقل و حداکثر می‌توانند ناشی از وقوع پدیده تغییر اقلیم در این ناحیه باشند.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق را می‌توان در قالب موارد زیر جمع‌بندی نمود:

- ۱- در صورتی که پدیده تغییر اقلیم 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.
- ۲- 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.
- ۳- بررسی روندهای بارش نشان داد که بارش در ناحیه شمال شرقی 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 ۹۰٪ 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 ۹۰٪ معنی‌دار هستند. به علاوه در ناحیه جنوب شرقی 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 ۹۵٪ 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 تغییر اقلیم باشند.
- ۴- 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 ۹۵٪ و ۹۹٪ 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 تغییر اقلیم در این ناحیه باشند.
- ۵- 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 تغییر اقلیم 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.

مراجع

- [۱] خسروی، محمود؛ جاودانی، ناصر؛ محمدنیا سهراب؛ "بررسی انطباق سری‌های زمانی دمای مشهد با تغییرات و نوسانات دمای کره زمین"، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، ۱۳۸۲.
- [۲] خلیلی، علی؛ "بررسی اثر محتمل تغییر اقلیم بر منابع آب کشور"، گزارش طرح جاماب کشور، ۱۳۷۹.
- [۳] دانش کار آراسته، پیمان؛ شکوهی، علیرضا؛ "در جستجوی اثرات تغییر اقلیم بر شرایط آب و هوایی و منابع آبهای سطحی ایران"، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تبریز، ۱۳۸۷.

- [۴] داورزنی، حسین؛ داوطلب، رحمان؛ "بررسی اثر تغییر اقلیم بر پارامتر بارندگی شاهرود"، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، اصفهان، ۱۳۸۵.
- [۵] شرکت مهندسی مشاور جاماب؛ "مطالعات برنامه جامع سازگاری با اقلیم، وضعیت موجود و آینده منابع آب حوضه آبریز رودخانه‌های گرگانرود- قره‌سو"، ۱۳۸۴.
- [۶] طباطبایی، سیدعلی؛ حسینی، مهرداد؛ "بررسی تغییر اقلیم در شهر سمنان بر اساس پارامترهای بارش ماهیانه و متوسط دمای ماهیانه"، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، ۱۳۸۲.
- [۷] علیزاده، امین؛ "اصول هیدرولوژی کاربردی"، انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد، ۱۸، ۱۳۸۴.
- [۸] غریب، معصومه؛ مساعدی، ابوالفضل؛ "بررسی نحوه تغییرات زمانی و مکانی بارندگی در بخشی از حوضه آبریز گرگانرود"، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، ۱۳۸۲.
- [۹] کارآموز، محمد؛ عراقی‌نژاد، شهاب؛ "هیدرولوژی پیشرفته"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. تهران، ۱۳۸۴.
- [۱۰] کاویانی، محمدرضا؛ عساکره، حسین؛ "بررسی آماری روند بلند مدت بارش سالانه اصفهان"، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، ۱۳۸۲.
- [۱۱] مساعدی، ابوالفضل؛ شریفان، حسین؛ "بررسی روند فراوانی وقوع سیل در رودخانه گرگانرود"، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، ۱۳۸۲.
- [۱۲] نیک‌قوجق، یعقوب؛ یارمحمدی، محمد؛ "ارزیابی تغییر اقلیم و بررسی تأثیر آن بر منابع آب سطحی (مطالعه موردی: رودخانه زیارت در استان گلستان)"، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تبریز، ۱۳۸۷.
- [13] Abdul Aziz O.I. and Burn D.H.: *Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin*. J. Hydrology., 319:282-294, 2006.
- [14] Birsan M.V., Molnar P., Burlando P. and Pfaundler M.: *Streamflow trends in Switzerland*. J. Hydrology., 314: 312-329, 2005.
- [15] Burn D.H.: *Climatic influences on streamflow timing in the headwaters of the Mackenzie River Basin*. J. Hydrology., 352: 225-238, 2008.
- [16] Burn D.H. and Hag Elnur M.A.: *Detection of hydrolic trends and variability*. J. Hydrology., 255: 107-122, 2002.
- [17] Burns D.A., Klaus J. and McHale M.R.: *Recent climate trends and implications for water resources in the Catskill Mountain region, New York, USA*. J. Hydrology., 336: 155-170, 2007.
- [18] Douglas E.M., Vogel R.M. and Kroll C.N.: *Trends in flood and low flows in the United States: impact of spatial correlation*. J. Hydrology., 240: 90-105, 2000.
- [19] Kahya E. and Kalayci S.: *Trend analysis of streamflow in Turkey*. J. Hydrology., 289: 128-144, 2004.
- [20] Kendall M.G. (1975): *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London.
- [21] Lettenmaier D.P. and Gan T.Y.: *Hydrologic sensitivities of the Sacramento-San Joaquin River Basin, California, to global warming*. J. Water Res., 26:69-86, 1990.
- [22] Mann H.B.: *Nonparametric tests against trend*. Econometrica., 13, 245-259, 1945.
- [23] Maurer E.P. and Stewart I.T.: *Detection, attribution and sensitivity of trends toward earlier streamflow in the Sierra Nevada*. J. Geophysical Research., 112: 111-118, 2007.
- [24] Modarres R., and Silva V.P.R.: *Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran*. J. Arid. Enviroments., 70: 344-355, 2007.
- [25] Molnar P. and Ramirez J.: *Recent trends in precipitation and streamflow in the Rio Puerco basin*. J. Climate., 14: 2317-2328, 2001.
- [26] Rood S.B., Samuelson G.M., Weber J.K. and Wywrot K.A.: *Twentieth-century decline in streamflows from the hydrographic apex of North America*. J. Hydrology. 306:215-233, 2005.
- [27] Su B.D., Jiang T. and Jin W.B.: *Recent trends in observed temperature and precipitation extremes in the Yangtze River basin, China*. J. Theoretical and Applied Climatology., pp: 129-151, 2006.
- [28] Turgay P., and Ercan K.: *Trend analysis in Turkish precipitation data*. Hydrological processes published online in Wiley interscience, 2005.
- [29] Wang B., Ding Q. and Jhun J.G.: *Trends in Seoul (1778-2004) summer precipitation*. Geophys. Res. Lett. 33, L 15803, 2006.
- [30] 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.
- [31] World Climate Program: *Analyzing Long Time Series of Hydrological Data with Respect of climate Variability and Change*. Weap-3 WMO/TD no.224, 1988.
- [32] Zhang Q., Liu C., Xu C., Xu Y. and Jiang T.: *Observed trends of annual maximum water level and streamflow during past 130 years in the Yangtze River basin, China*. J. Hydrology., 324:255-265, 2006.

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

Fereshteh Modaresi ¹

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. In this research, climate change is considered on regional planning by using of statistical and hydrological methods and Gorganroud-Gharehsou basin is case study. In this paper, first, the trends being in 30 years precipitation, min and max temperature data of meteorological stations in the basin from 1977-78 to 2006-2007 have been calculated in seasonal and annual scale by using of Mann-Kendal trend test. Then, by using of hydrological methods and defining the region affected by every station, different regions of the basin were considered from aspect of climate change happening. Results show that in east-north areas of the basin at springs of Gorganroud river, precipitation has upward trend in all seasons and annual condition. So there will be the probability of flood happening in this basin. Also, in the most region of the basin, upward trends being in min and max temperature show climate change happening.

Keywords: Regional assessment, Climate change, trend, Gorganroud- Gharehsou, Mann- Kendal.

¹ Master of Science of Water Resources Management. University of Tehran.
Email: fereshteh_modaresi@yahoo.com
fmodaresi@ut.ac.ir