نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۹، شماره ۵۲، تابستان ۱۳۹٤، صفحات ٦۳-٤۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۳۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۲/۱۰/۳۰

تحلیل روند تغییرات بارندگی و دبی ایستگاه‌های دوست بیگلو و سامیان حوضه آبریز قره‌سو

ناهیده جاهدی اسفنجانی[۱]
محمدعلی قربانی[۲]

چکیده

اطلاع از روند تغییرات کاهشی یا افزایشی بارندگی و دبی در حوضه‌های آبریز نقش مهمی در مدیریت منابع آب و امور مرتبط با مهندسی آب ایفا می‌کند. در این تحقیق روند تغییرات بارندگی و دبی در حوضه رودخانه قره‌سو واقع در استان اردبیل در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه بین سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۲ مورد مطالعه قرار گرفته است. برای بررسی وجود و یا عدم وجود روند از آزمون ناپارامتری من-کندال با حذف اثر کلیه ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار و برای بررسی میزان بزرگی آن از آزمون شیب تخمین‌گر سن در سطوح معنی‌داری مختلف استفاده گردید. نتایج تحلیل بارندگی و دبی نشان می‌دهد که جریان رودخانه قره سو در مقیاس سالانه در هر دو ایستگاه این رودخانه روند نزولی دارد. هم‌چنین روند نزولی معنی‌دار در داده‌های دبی در مقیاس فصلی در فصول بهار، پاییز و زمستان مشاهده شد که در آن شدیدترین روند متعلق به فصل زمستان است. بیش‌ترین میزان کاهش دبی مربوط به ایستگاه دوست بیگلو در فصل بهار (۰/۶۲- مترمکعب بر ثانیه در سال) و کم‌ترین آن مربوط به همین ایستگاه در فصل تابستان می‌باشد. به‌طوری که در داده‌های بارندگی هر دو ایستگاه در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه روند معنی‌داری مشاهده نشد.

واژگان کلیدی: روند، دبی، بارندگی، من-کندال، حوضه قره‌سو.

۱ـ کارشناس ارشد مهندسی عمران- آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهر.
۲ـ دانشیار گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز. Email:ghorbani@tabrizu.ac.ir

مقدمه

تحلیل روند تغییرات جریان رودخانه‌ها و بارش حوضه‌های آبریز از مسایل مهم در مدیریت منابع آب حوضه‌های آبریز می‌باشد. به‌همین دلیل در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در این خصوص صورت گرفته است. روش‌های تحلیل روند سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و اقلیمی با استفاده از آزمون‌های آماری پارامتریک و ناپارامتریک می‌باشد. مبنای این روش‌ها مطرح نمودن دو فرضیه (H_0) و (H_1) است. فرضیه (H_0) مبتنی بر عدم وجود روند در سری زمانی است و حکم بر تصادفی بودن داده‌های سری دارد. متقابلاً پذیرش فرضیه(H_1) به منزله وجود روند معنی‌داری در سری داده‌ها بوده که در صورت رد شدن فرضیه صفر پذیرفته می‌شود (حجام و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۵۸). روش غیرپارامتریک من–کندال معمول‌ترین روش آماری است که برای بررسی وجود روندهای معنی‌دار در سری‌های زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود، اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (تورگی و همکار، ۲۰۰۵: ۴). افزون بر این، آزمون مذکور توسط سازمان جهانی هواشناسی برای تشخیص روند در سری زمانی داده‌های محیطی توصیه شده است (میشل و همکاران[3]، ۱۹۹۶: ۷۹).

مطالعات متعددی در دنیا در زمینه تعیین روند پارامترهای هیدرولوژیکی و ا قلیمی نظیر بارش، دما، رطوبت و دبی رودخانه‌ها صورت گرفته است، لتنماير و همکارانش[4] (۱۹۹۴) با استفاده از تست من–کندال به بررسی شواهد روند بارندگی، میانگین دما و رطوبت هوا در ۱۰۳۶ ایستگاه ایالات متحده آمریکا پرداختند. نتایج نشان‌دهنده روند مثبت معنی‌داری در بارش پاییزی در مناطق مرکزی آمریکا بوده است. زانگ و همکاران[5] (۲۰۰۱) روند تغییرات ۱۱ متغیر هیدروکلیماتولوژی در ۲۴۳ ایستگاه هیدرومتری را در حوضه‌های کانادا با طول دوره

3- Mitchell et al
4- Lettenmaier et al
5- Zhang et al

آماری ۳۰ تا ۵۰ سال پس از حذف اثر خودهمبستگی داده‌ها با آزمون من–کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که میانگین سالانه جریان رودخانه‌ها در منطقه مورد مطالعه بخصوص مناطق جنوبی کانادا دارای روند منفی معنی‌دار است. برن و حق النور[۶] (۲۰۰۲) نیز روند ۱۸ فاکتور هیدرولوژیکی از جمله دبی متوسط سالانه، حداکثر دبی روزانه و دبی‌های متوسط ماهانه را برای ۲۴۸ حوضه آبخیز کشور کانادا با استفاده از روش ناپارامتری من– کندال مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گیری نمودند که روندهای معنی‌دار مشاهده شده، تغییرات شدید مکانی داشته و به‌صورت غیریکنواخت توزیع شده است. ژو و همکاران[۷] (۲۰۱۰) روند دما، بارندگی و دبی در حوضه آبریز تاریم[۸] در چین را با آزمون من-کندال بررسی کردند. به‌طوری که روند دما و بارندگی در کل حوضه آبخیز افزایشی بود. در حالی که روند دبی در قسمت‌های بالادست حوضه افزایشی و در پایین دست کاهشی بود. افزایش دما در مناطق کوهستانی باعث ذوب شدن برف و یخ در فصل بهار شده و دبی را افزایش داده است و روند کاهشی دبی در مناطق دشتی را به‌علت افزایش فعالیت‌های انسانی و استفاده از جریانات سطحی دانسته‌اند.

در زمینه تعیین روند بارندگی و دبی گیمر و همکاران[۹] (۲۰۰۴) روند تغییرات بارش ماهانه ۱۶۰ ایستگاه کشور چین را در طول نیم قرن با روش من–کندال مورد تجزیه قرار دادند که روند مثبت و منفی بارش‌ها حاصل گردید. کاهیا و کالایجی[۱۰] (۲۰۰۴) روند جریان ماهانه ۲۶ حوضه ترکیه را در یک دوره ۳۱ ساله با استفاده از آزمون من–کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که به‌طور کلی دبی آب رودخانه‌های حوضه‌های واقع در غرب ترکیه روند کاهشی در سطح معنی‌داری ۵ درصد داشتند در حالی که حوضه‌های واقع در شرق ترکیه فاقد روند معنی‌دار بودند بیرسان و همکاران[۱۱] (۲۰۰۵) روند دبی حداقل و حداکثر را در ۴۸ حوضه آبخیز کشور سوییس طی دوره آماری ۱۹۳۱ تا ۲۰۰۰ بر پایه سری‌های فصلی و

6- Burn and Hag Elnur
7- Xu and et al
8- Tarim River Basin
9- Gemmer et al
10- Kahya and Kalayci
11- Birsan et al

سالانه مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها روند دبی حداکثر را در سری‌های سالانه، فصل‌های زمستان، بهار و پاییز افزایشی مشاهده کردند و اعلام داشتند که بارندگی به تنهایی برای توضیح روند در جریان‌های سطحی کافی نیست، بلکه دما عامل تعیین‌کننده در ایجاد روند دبی می‌باشد. مطالعه تادسون[۱۲] (۲۰۰۷) بر روی اثرات تغییر ا قلیم بر جریان رودخانه‌های دانمارک طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ نشان داد که مقادیر دبی رودخانه‌ها از ماه دسامبر تا آگوست کاهش و در ماه‌های سپتامبر و اکتبر افزایش یافته است. حامد[۱۳] (۲۰۰۸) با بررسی روند دبی حداکثر سالانه در ۵۷ رودخانه در سراسر جهان، روند معنی‌داری در حداکثر دبی سالانه این رودخانه‌ها مشاهده نکرد.

حامد و رائو[۱۴] (۱۹۹۸) نیز اثر وجود خودهمبستگی را در داده‌های مورد استفاده در تحلیل روند با روش‌های ناپارامتری مورد ارزیابی قرار دادند و با ارائه روابط تئوری برای حذف اثر خودهمبستگی در روند داده‌های بارش و جریان نشان دادند که استفاده از روش من–کندال با حذف اثر خودهمبستگی از دقت بیشتری برخوردار است. کومار و همکارانش[۱۵] (۲۰۰۹) جریان‌های کم و میانگین رواناب روزانه ۳۱ ایستگاه هیدرومتری واقع در ایالت ایندیانا را مطالعه کردنـد. آن‌ها اشاره کردنـد که حذف اثر خودهمبستگی به‌طور معنی‌داری تعداد ایستگاه‌های با روند معنی‌دار را، در مقایسه با آزمون روند بدون حذف اثر خودهمبستگی، کاهش داده است.

در ایران نیز رضیئی و همکاران (۱۳۸۴) در پژوهشی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مرکز و شرق ایران را با استفاده از داده‌های ۷۹ ایستگاه اقلیم‌شناسی و سینوپتیک سازمان هواشناسی با طول دوره آماری ۳۶ سال با استفاده از آزمون‌های آماری ناپارامتری مورد بررسی قرار دادند. نتیجه این بررسی نشان داد که نشانه‌ای از بروز تغییرات اقلیمی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد. رهبر و همکاران (۱۳۸۴) روند تغییرات رواناب در حوضه آبریز خررود را بررسی و نشان دادند که در دوره سی ساله با وجود ثبات بارش سالانه و

12- Thodsen
13- Hamed
14- Hamed and Rao
15- Kumar et al

کاهش دمای سالانه، ارتفاع رواناب و نسبت رواناب به بارش سالانه روندی افزایشی و معنی‌دار داشته است. عسگری و همکاران (۱۳۸۶) تغییرات روند نمایه‌های بارش‌های حدی در ایران را بر اساس داده‌های بارش روزانه ۲۰ ایستگاه همدید طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ تحلیل و نتایج آن‌ها نشان داد که در دو سوم از ایستگاه‌ها مقدار سالانه بارش در روزهای تر کاهش چشمگیری یافته است. کتیرایی و همکاران (۱۳۸۶) روند بارش ایران را طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ در ۳۸ ایستگاه بررسی کردند. آن‌ها برای بررسی وجود روند بارش از آزمون من- کندال استفاده کردند و مطالعه آن‌ها نشان داد که ایستگاه‌های واقع در منطقه غرب و شمال غرب دارای روند بارش سالانه کاهشی و بیش‌تر ایستگاه‌های واقع در نواحی جنوبی و مرکزی ایران دارای روند افزایشی هستند. مریانجی و همکاران (۱۳۸۷) روند تغییرات دبی رودخانه یالفان و همچنین پارامترهای دما و بارش را در یک دوره آماری ۳۰ ساله مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که داده‌های سالانه دما دارای روند افزایشی معنی‌داری بوده در حالی که روند معنی‌داری در داده‌های بارش و دبی مشاهده نشده است. حجام و همکارانش (۱۳۸۷) روند تغییرات بارندگی فصلی و سالانه چند ایستگاه در حوضه مرکزی ایران با استفاده از دو روش ناپارامتری من -کندال و تخمین‌گر سن بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که کارآیی دو روش فوق در تحلیل روند بارندگی فصلی و سالانه در اکثر موارد شبیه هم است و کارآیی روش سن در تحلیل مشاهداتی که در آن‌ها تعداد داده‌های صفر زیاد است، بهتر از آزمون من-کندال می‌باشد. وفاخواه و همکاران (۱۳۹۱) نیز پژوهشی را با هدف تحلیل روند بارندگی و دبی در حوضه آبخیز کشفرود در ۱۳ ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری در دوره آماری بین سال های ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۵ با آزمون ناپارامتری من- کندال انجام دادند. نتایج تحلیل داده‌های بارندگی و دبی نشان داد بارندگی در فصل پاییز در اکثر ایستگاه‌ها افزایش یافته است. در مقیاس سالانه نیز از مجموع ۱۳ ایستگاه مورد مطالعه ۵ ایستگاه روند افزایشی و ۸ ایستگاه روند کاهشی در داده‌های بارندگی نشان دادند. ولی در داده‌های دبی در هیچ یک از ایستگاه ها روند افزایشی مشاهده نشد.

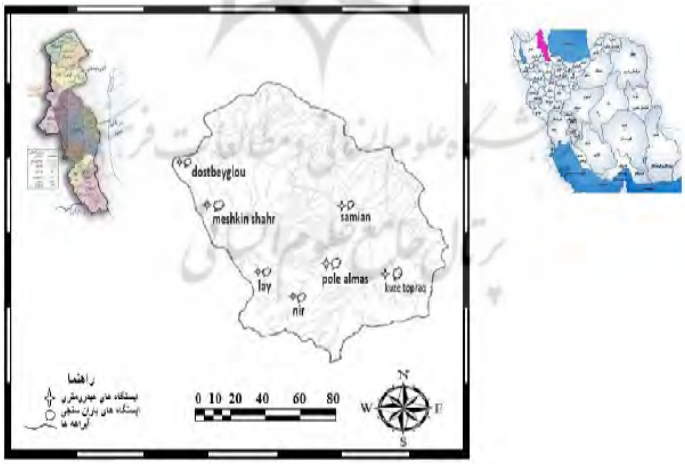
با بررسی پیشینه تحقیق، در مورد وجوه اشتراک و افتراق مطالعات انجام گرفته با تحقیق حاضر چنین استنباط می‌شود که بررسی توام تغییرات بارش و دبی به‌صورت ماهانه، فصلی و سالانه در یک تحقیق بدون در نظر گرفتن اثر خودهمبستگی داده‌ها انجام شده است، از

طرفی با توجه به اهمیت حوضه آبریز قره‌سو در تأمین آب شرب و کشاورزی منطقه و انجام مطالعات متعدد در این حوضه از قبیل تحلیل مکانی و زمانی رسوب معلق در حوضه رودخانه (فرجزاده و همکار، ۱۳۹۰) و پیش‌بینی پراکنش‌های مکانی دمایی و بارش ماهانه آینده حوضه (جوان و همکاران، ۱۳۹۰)، ضرورت بررسی روند پارامترهای دبی و بارش در این حوضه بیش از پیش روشن می‌گردد، بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی روند تغییرات بارندگی و دبی در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه با روش ناپارامتری من–کندال با در نظر گرفتن اثر خودهمبستگی داده‌ها در سطح حوضه آبریز رودخانه قره‌سو انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه و داده‌های مورد استفاده

حوضه آبریز قره‌سو در مختصات جغرافیایی ′۳۲ °۴۷ تا ′۴۱ °۴۸ طول شرقی و ′۴۷ °۳۷ تا ′۵۲ °۳۸ عرض شمالی در شرق استان اردبیل واقع شده و از پیوند رودهای پر آب متعدد دیگر تشکیل می‌گردد. طول رودخانه اصلی ۲۸۵ کیلومتر و با آبدهی سالانه ۵۵۴ میلیون مترمکعب پرآب‌ترین رودخانه داخلی استان به‌شمار می‌رود. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز قره‌سو و برخی ایستگاه‌های هیدرومتری و بارانسنجی حوضه نشان داده شده است.



شکل (۱) نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز قره‌سو وایستگاه‌های حوضه

در این تحقیق اطلاعات دبی و بارش ایستگاه‌های دوست‌بیگلو و سامیان در طول دوره آماری۳۰ سال مورد استفاده قرار گرفت. جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های منتخب و طول دوره آماری هرکدام را نشان می‌دهد.

جدول (۱) مشخصات ایستگاه های رودخانه قره‌سو

نام ایستگاه	رودخانه	پارامتر	دوره آماری		طول دوره (سال)	ارتفاع (متر)	مختصات جغرافیایی	
			شروع	خاتمه			طول	عرض
دوست بیگلو	قره سو	دبی	۱۳۵۳	۱۳۸۲	۳۰	۷۸۰	۴۷° ۳۲′	۳۸° ۳۳′
		بارش	۱۳۵۳	۱۳۷۷	۲۵			
سامیان	قره سو	دبی	۱۳۵۳	۱۳۸۲	۳۰	۱۲۹۰	۴۸° ۱۴′	۳۸° ۲۲′
		بارش	۱۳۵۱	۱۳۷۵	۲۵			

آزمون ناپارامتری من-کندال[16]

این آزمون که ابتدا توسط من[17] (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال[18] (۱۹۷۵) توسعه یافت، جزو متداول‌ترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی به‌شمار می‌رود محاسبه آماره این آزمون به‌شرح زیر می‌باشد:

ابتدا باید اختلاف بین تک‌تک مشاهدات محاسبه شود و تابع علامت اعمال شود و آماره S که حاصل جمع همه شمارش‌ها است برای انجام آزمون من-کندال با رابطه (۱) به‌دست آید:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \mathrm{sgn}(X_j - X_i) \qquad (۱)$$

که در آن X_j و X_i به ترتیب داده‌های j ام و i ام سری، n تعداد داده‌ها و $\mathrm{sgn}(\theta)$ تابع علامت می‌باشد که با رابطه (۲) تعیین می‌شود:

16- Non-parametric Mann-Kendall test
17- Mann
18- Kendall

$$\text{sgn}(\theta)=\begin{cases}0, & if \quad \theta<0\\ 1, & if \quad \theta=0\\ 11, & if \quad \theta>0\end{cases} \qquad (۲)$$

آماره S بازای $n\geq 10$ دارای توزیع نرمال بوده و میانگین و واریانس آن به‌شرح روابط (۳) ، (۴) و (۵) است:

$$E(S)=0 \qquad (۳)$$

$$Var(s)=\frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \qquad \text{اگر } n<10 \quad (۴)$$

$$Var(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{m} t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \qquad \text{اگر } n\geq 10 \quad (۵)$$

که در آن n تعداد داده‌ها و m معرف تعداد سری‌هایی که در آن حداقل یک داده تکراری وجود داشته باشد و tمعرف داده‌های با ارزش یکسان است.

آماره آزمون من–کندال یا Z با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$Z=\begin{cases}\dfrac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & S<0\\ 0 & S=0\\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & S>0\end{cases} \qquad (۶)$$

درصورتی که رابطه زیر برقرار باشد فرض H_0 (عدم وجود روند در سطح معنی‌داری α) پذیرفته می‌شود، در غیر این‌صورت فرض H_0 رد شده و فرض H_1 (وجود روند در سطح معنی‌داری α) پذیرفته می‌شود.

$$|Z| \le Z_{\alpha/2} \qquad (۷)$$

α سطح معنی‌داری است که برای آزمون من-کندال در نظر گرفته می‌شود و آماره Z توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، $\frac{\alpha}{2}$ استفاده شده است. در این مطالعه آزمون من-کندال برای سطوح اطمینان ۱ درصد، ۵ درصد و ۱۰ درصد به‌کار گرفته شده است که مقدار $Z_{\alpha/2}$ به‌ترتیب برابر ۲/۳۳، ۱/۹۵ و ۱/۶۴۵ می‌باشد.

در صورت مثبت بودن آماره Z روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

تخمین شیب خط روند با روش تخمینگر سن

برای اندازه‌گیری میزان روند می‌توان شیب تخمینی β را با روش تخمین گر سن[۱۹] از رابطه ناپارامتری زیر برآورد نمود:

$$\beta = Median\left[\frac{x_j - x_l}{j-1}\right] \forall l < j \qquad (۸)$$

در این رابطه که توسط سن (۱۹۶۸) ارایه شده است و شیب روند یکنواخت را در سری داده‌ها نشان می‌دهد β برآوردگر شیب خط روند و Xl مقدار مشاهده l ام می‌باشد. مقدار مثبت β حاکی از صعودی بودن روند و مقدار منفی آن نشان‌دهنده نزولی بودن روند است. در این مطالعه شیب خط روند با استفاده از روش سن محاسبه و در سطح معنی‌داری ۱، ۵ و ۱۰ درصد مورد آزمون قرار می‌گیرد.

آزمون من کندال با حذف اثر خودهمبستگی مرتبه اول

شـرط لازم برای استفاده از آزمون من-کندال نداشتن ضریب خودهـمبستگی[۲۰] معنی‌دار در

19- Sen's estimator
20- Autocorrelation coefficient

سری زمانی داده‌هاست (پارتال و همکار، ۲۰۰۶: ۲۰۱۳). بنابر این اگر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول در سری داده‌ها معنی‌دار باشد، با روش پیش سفید کردن[۲۱] اثر خود همبستگی از سری داده‌ها حذف می‌شود. برای این کار ابتدا ضریب خودهمبستگی مرتبه kام از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k}(xi-\bar{x})(x_{i+k}-\bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2} \qquad (۹)$$

با قرار دادن مقدار k معادل ۱ ضریب خودهمبستگی مرتبه اول به‌دست می‌آید و برای آزمون معنی‌داری آن چنین عمل می‌شود که اگر $\frac{-1-c\sqrt{n-2}}{n-1} \le r_1 \le \frac{-1+c\sqrt{n-2}}{n-1}$ باشد آنگاه فرض می‌شود که داده‌ها در سطح معنی‌داری مطابق با مقدار بحرانی c مستقل از هم هستند، مقدار بحرانی یا c برای سطوح معنی‌داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به ترتیب برابر ۱/۶۴۵، ۱/۹۵ و ۲/۳۳ می باشد. در غیر این صورت داده‌ها دارای خودهمبستگی بوده و قبل از انجام آزمون من کندال باید اثر خودهمبستگی داده‌ها از سری زمانی مربوطه حذف شـود. برای این کار ابـتدا باید سری داده‌های جدید با توجه به شیب خط روند (β) که قبلاً توضیح داده شد با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردد:

$$X_i^{'} = Xj - (\beta \times i) \qquad (۱۰)$$

سپس سری جدید داده‌ها به‌شرح زیر به‌دست می‌آید:

$$y_i^{'} = X_j^{'} - r1 \times X_i^{'} - 1 \qquad (۱۱)$$

r_1 ضریب خود همبستگی مرتبه اول می‌باشد. با افـزودن مجدد $(\beta \times i)$ به سری داده‌های اخیر، سری زیر به‌دست می‌آید:

$$yi = y_i' + (\beta \times i) \qquad (۱۲)$$

21- Pre-whitening

آماره Z من-کندال برای سری اخیر محاسبه و معنی‌داری آن در سطوح ۱، ۵ و ۱۰ درصد مورد آزمون قرار می‌گیرد.

یافته‌ها و بحث

برای انجام تحقیق حاضر داده‌های بلندمدت ماهانه و سالانه بارندگی و دبی دو ایستگاه دوست بیگلو و سامیان رودخانه قره‌سو از سازمان آب منطقه‌ای استان اردبیل اخذ گردیده و به‌منظور کنترل کیفی داده‌ها از آزمون همگنی ران تست استفاده شد، سپس داده‌های هر ایستگاه در سال‌های مختلف از قدیم به جدید پشت سر هم مرتب گردید، ابتدا ضریب خودهمبستگی مرتبه اول داده‌های بارندگی و دبی ایستگاه‌های مذکور در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه محاسبه شد. از روش من-کندال برای سری‌هایی که مقدار r_1 آن‌ها معنی‌دار نبوده و از روش من-کندال اصلاح شده برای سری‌هایی که r_1 آن‌ها معنی‌دار بوده برای تشخیص وجود روند استفاده شد. در جدول (۳) مقادیر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول برای داده‌های بارندگی و دبی و هم‌چنین ضرایب معنی‌دار در سطوح معنی‌داری ۱، ۵ و ۱۰ درصد آورده شده است.

جدول (۳) مقادیر ضریب خود همبستگی مرتبه اول برای متغیرهای دبی و بارش رودخانه قره‌سو

ایستگاه	متغیر	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
دوست بیگلو	دبی	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۲۳	۰/۰۹
	بارش	-۰/۲	۰	۰/۱۸	۰/۳***	۰/۰۴	-۰/۱۵
سامیان	دبی	-۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۲۹	۰/۴۴*	۰/۱۷	۰/۱۳
	بارش	-۰/۲۳	۰	-۰/۲۷	-۰/۳۳**	۰/۳۶*	-۰/۲۲

ایستگاه	متغیر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
دوست بیگلو	دبی	۰/۲۶	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۲۶	۰/۳۷**	۰/۲۱	۰/۴۵*
	بارش	-۰/۰۸	-۰/۱۳	-۰/۱	۰/۱۸	-۰/۰۴	-۰/۱۲	۰/۱
سامیان	دبی	-۰/۰۲	۰/۲۴	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۲۷	۰/۱۹	۰/۳۱***
	بارش	۰/۰۹	۰/۱	۰/۱۲	۰/۳۱***	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱

***معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱٪، **معنی‌دار در سطح ۵٪ و ***معنی‌دار در سطح ۱۰٪**

در جـدول (۴) مقادیر آماره Z من–کـندال بـرای متغیرهای بارنـدگی و دبی در دو ایـستگاه رودخانه قره‌سو نشان داده شده است. بررسی نتایج آزمون من–کندال برای داده‌های بارندگی هر دو ایستگاه نشان می‌دهد که از مجموع ۲۴ سری داده‌های ماهانه بارندگی، فقط یک سری داده دارای روند معنی‌دار مثبت در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد است که مربوط به ایستگاه دوست‌بیگلو در ماه آبان با آماره Z= +۱/۹ می‌باشد. بقیه سری داده‌ها فاقد روند معنی‌دار بوده و تنها تغییرات ناگهانی منفی و یا مثبت مشاهده می‌شود. در بررسی داده‌های بارندگی هر دو ایستگاه رودخانه قره‌سو در مقیاس سالانه و فصلی نیز روند معنی‌داری مشاهده نشد. در شکل‌های (۱) و (۲) روند تغییرات بارندگی سالانه برای هر دو ایستگاه دوست‌بیگلو و سامیان نشان داده شده است، با توجه به این نمودارها نیز مشخص می‌شود که نمی‌توان نظر صریحی در مورد افزایش و یا کاهش بارندگی در حوضه رودخانه قره‌سو داد. این در حالیست که از مجموع ۲۴ سری داده‌های ماهانه دبی فقط یک سری داده فاقد روند معنی‌دار بود و ۲۳ سری داده دارای روند معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد و کم‌تر از آن است. از این ۲۳ آماره Z معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد، ۳ آماره در سطح ۵ درصد و۲۰ آماره در سطح ۱ درصد نیز معنی دارند. از مجموع ۲۳ سری داده‌های دارای روند معنی‌دار همه دارای روند منفی بودند که بیش‌ترین روند منفی معنی‌دار مربوط به ماه بهمن هر دو ایستگاه با آماره Z=–۴/۲۳ می‌باشد. شکل‌های (۳) و (۴) روند تغییرات دبی سالانه را برای ایـستگاه‌های رودخانه قره‌سو نشان مـی‌دهد. همان‌طورکه از این نمودارها مشخص است داده‌های سالانه هر دو ایستگاه نیز دارای روند منفی می‌باشند که بزرگ‌ترین آن مربوط به ایستگاه سامیان با آماره Z=–۴/۶ می‌باشد. در مقیاس فصلی نیز از مجموع ۸ سری داده فقط ۲ سری فاقد روند معنی‌دار هستند که مربوط به فصل تابستان است. داده‌های هر دو ایستگاه در فصول بهار، پاییز و زمستان دارای روند معنی‌دار منفی هستند و شدیدترین آن مربوط به ایستگاه دوست‌بیگلو در فصل زمستان با آماره Z=–۴/۶ است. به‌عبارتی نتایج آزمون من–کندال به روشنی بیان‌گر کاهش کلی دبی در رودخانه قره‌سو می‌باشد.

جدول (۴) مقادیر آماره z آزمون من-کندال برای داده‌های دبی و بارش رودخانه قره‌سو

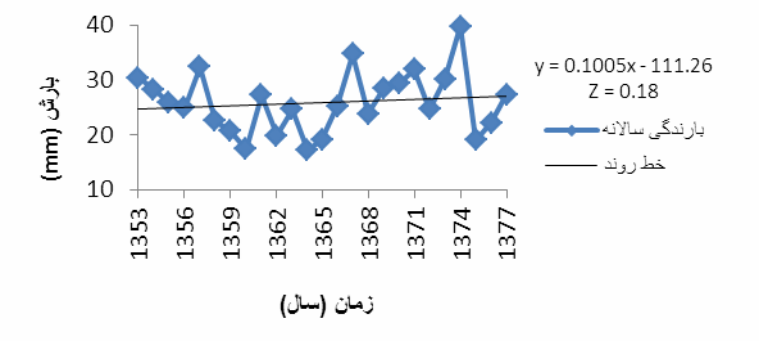
ایستگاه	متغیر	ماهانه					
		فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
دوست بیگلو	دبی	-۲/۸۵*	-۲/۸۶*	-۲/۱۱**	-۱/۴۵	-۲/۲۳**	-۲/۴**
	بارش	۱/۳۷	۰/۶۳	-۱	۰/۲۸	۰/۸۷	-۱/۴۷
سامیان	دبی	-۳/۱۹*	-۳/۴۳*	-۳/۲×*	-۲/۱۸**	-۳/۱۸*	-۱/۹۸**
	بارش	۰/۲۵	۰/۱۸	-۰/۵۶	-۰/۷	۰/۰۲	-۰/۱۱

ایستگاه	متغیر	ماهانه					
		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
دوست بیگلو	دبی	-۲/۶۳*	-۲/۹۱*	-۲/۸*	-۳/۷۳*	-۴/۲۳*	-۲/۷۸*
	بارش	۰/۸۸	۱/۹***	۰/۰۴	-۰/۷۷	-۰/۲۸	-۰/۲۱
سامیان	دبی	-۲/۴۶*	-۲/۸۶*	-۲/۵۲*	-۳/۵۲*	-۴/۲۳*	-۲/۸۶*
	بارش	-۰/۱۸	۰/۳۷	۰/۳	-۱/۰۴	-۱/۲	-۰/۹۱

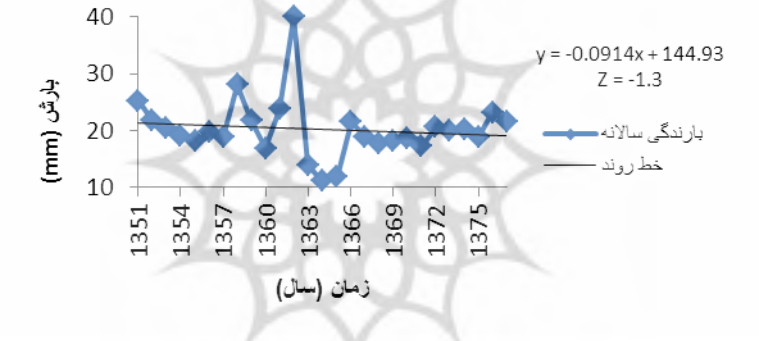
ایستگاه	متغیر	فصلی				سالانه
		بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سال
دوست بیگلو	دبی	-۳/۳۷*	-۱/۵۴	-۳/۵۵*	-۳/۹۶*	-۳/۸۵*
	بارش	۱/۳۷	-۰/۰۲	۱/۴۶	-۰/۷۷	۰/۱۸
سامیان	دبی	-۳/۴۳*	-۱/۵۲	-۳/۰۷*	-۳/۷۵*	-۴/۶*
	بارش	-۰/۲۷	۰	۰/۵۸	-۱/۵۸	-۱/۳

***معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱٪، ** معنی‌دار در سطح ۵٪ و ***معنی‌دار در سطح ۱۰٪**

پرتال جامع علوم انسانی

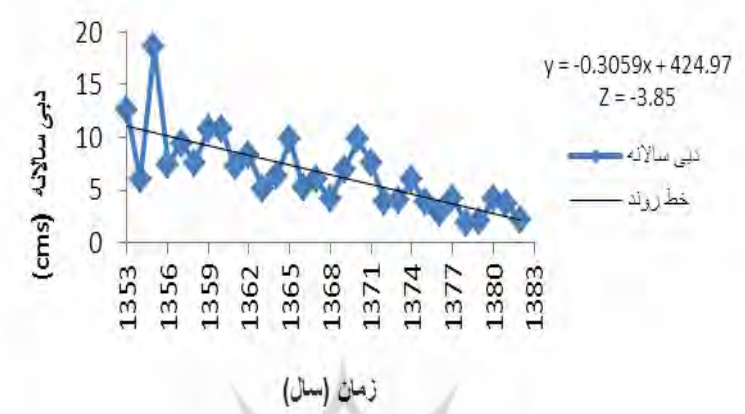


شکل (۱) روند تغییرات بارندگی سالانه ایستگاه دوست بیگلو



شکل (۲) روند تغییرات بارندگی سالانه ایستگاه سامیان

شکل(۳) روند تغییرات دبی سالانه ایستگاه دوست بیگلو



شکل (۴) روند تغییرات دبی سالانه ایستگاه سامیان

جدول (۵) مقادیر شیب خط روند (شیب Sen) را برای داده‌های بارندگی و دبی در سه مقیاس ماهانه، سالانه و فصلی نشان می‌دهد. به‌طوری که از جدول استنباط می‌شود از مجموع ۲۴ شیب محاسبه شده برای داده‌های ماهانه بارندگی ۸ شیب مثبت و ۱۲شیب منفی و ۴ شیب مقدار صفر را اختیار کرده‌اند. در بین شیب‌های محاسبه شده، بیش‌ترین شیب منفی مربوط به ایستگاه دوست‌بیگلو در ماه خرداد با شیب ۱/۱۹- مترمکعب بر ثانیه در سال و بیشترین شیب مثبت مربوط به ایستگاه دوست بیگلو در ماه آبان با شیب ۱/۲۱ مترمکعب بر ثانیه در سال می‌باشد. در حالت کلی با توجه به وجود شیب‌های مثبت و منفی امکان اظهار نظر دقیق درباره میزان کاهش یا افزایش بارندگی وجود ندارد. در مقیاس فصلی نیز از مجموع ۸ شیب محاسبه شده ۳ شیب مثبت و ۴ شیب منفی و یک شیب صفر می‌باشد که بیش‌ترین شیب منفی مربوط به ایستگاه سامیان در فصل زمستان با شیب ۰/۳۸- است و بیش‌ترین شیب مثبت مربوط به ایستگاه دوست‌بیگلو در فصل بهار با شیب ۰/۹۵ می‌باشد در مقیاس فصلی نیز به‌دلیل وجود شیب‌های مثبت و منفی نمی‌توان نظر دقیقی ارایه کرد. اما با توجه به میانه شیب محاسبه شده برای داده های سالانه بارندگی مقدار این شیب برای ایستگاه دوست‌بیگلو نزدیک به صفر و برای ایستگاه سامیان ۰/۱۱- است که بیان‌گر کاهش بارندگی در ایستگاه‌های رودخانه قره‌سو هرچند به‌مقدار کم می‌باشد.

در مورد میزان افزایش یا کاهش دبی رودخانه قره‌سو با توجه به شیب‌های محاسبه شده برای داده‌های ماهانه دبی از جدول (۵) مشاهده می‌شود که شیب‌های محاسبه شده برای تمام ماه‌های سال منفی و مابین ۰/۰۱- و ۱/۱۱- می‌باشد که بیانگر کاهش دبی رودخانه قره‌سو است هرچند که میزان این کاهش در اکثر ماه‌های سال ناچیز می‌باشد این می‌تواند به‌دلیل پایین بودن دبی رودخانه باشد. بیش‌ترین شیب منفی مربوط به ایستگاه دوست‌بیگلو در ماه فروردین با شیب ۱/۱۱- مترمکعب بر ثانیه در سال می‌باشد و کم‌ترین آن مربوط به ماه مرداد در ایستگاه دوست‌بیگلو و ماه‌های مرداد و شهریور در ایستگاه سامیان با شیب ۰/۰۱- مترمکعب بر ثانیه در سال است. و تنها شیب صفر مربوط به همین ایستگاه در ماه تیر می‌باشد. در مقیاس فصلی و سالانه نیز میانه شیب‌های محاسبه شده بیان‌گر کاهش دبی رودخانه قره‌سو می‌باشد، به‌طوری که در مقیاس فصلی از مجموع ۸ شیب محاسبه شده ۷ شیب مقدار منفی و ما بین ۰/۰۲- و ۰/۶۲- است و یک شیب مقدار صفر را اختیار کرده است. بیش‌ترین میزان کاهش دبی مربوط به ایستگاه دوست‌بیگلو در فصل بهار و کم‌ترین آن مربوط به همین ایستگاه در فصل تابستان می‌باشد.

جدول (۵) مقادیر شیب خط روند با روش تخمین گر سن برای داده‌های دبی و بارش رودخانه قره‌سو

ایستگاه	متغیر	ماهانه					
		فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
دوست بیگلو	دبی	۱/۱۱-	۰/۴۶-	۰/۱۹-	۰/۰۲-	۰/۰۱-	۰/۰۳-
	بارش	۰/۹۵	۰/۶۱	۱/۲-	۰	۰	۰/۴۳-
سامیان	دبی	۰/۹۳-	۰/۴-	۰/۰۹-	۰	۰/۰۱-	۰/۰۱-
	بارش	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۲۵-	۰/۱۵-	۰	۰

ایستگاه	متغیر	ماهانه					
		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
دوست بیگلو	دبی	۰/۰۹-	۰/۱۷-	۰/۱۴-	۰/۲-	۰/۲۸-	۰/۴۱-
	بارش	۰/۳۸	۱/۲۱	۰/۰۴	۰/۱۷-	۰/۱-	۰/۱۱-
سامیان	دبی	۰/۰۸-	۰/۱۸-	۰/۱۳-	۰/۲-	۰/۲۴-	۰/۴-
	بارش	۰/۰۵-	۰/۱۶	۰/۱۲-	۰/۲۷-	۰/۵-	۰/۳۸-

ایستگاه	متغیر	فصلی					سالانه
		بهار	تابستان	پاییز	زمستان		سال
دوست بیگلو	دبی	−۰/۶۲	−۰/۰۲	−۰/۱۴	−۰/۳۱		−۰/۲۴
	بارش	۰/۹۵	−۰/۰۲	۰/۲۶	−۰/۱۴		۰/۰۷
سامیان	دبی	−۰/۴۹	۰	−۰/۱۳	−۰/۲۹		−۰/۲۸
	بارش	−۰/۱۷	۰	۰/۱۷	−۰/۳۸		−۰/۱۱

نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف تعیین روند بارندگی و دبی و بزرگی آن‌ها در ایستگاهای دوست‌بیگلو و سامیان حوضه رودخانه قره‌سو واقع در استان اردبیل انجام گرفت. مفروضات مطالعه با توجه به پدیده گرمایش زمین، کاهش بارندگی و دبی در حوضه رودخانه مورد مطالعه در نظر گرفته شد و محدودیت‌های تحقیق نیز عدم ثبت داده‌های طولانی مدت بارندگی و دبی سایر ایستگاه‌های حوضه رودخانه قره‌سو می‌باشد که به ناچار دو ایستگاه از این حوضه مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در حالت کلی بارندگی در هر دو ایستگاه این رودخانه فاقد روند معنی‌دار است و نشانه‌ای از بروز تغییرات اقلیمی در داده‌های بارندگی ایستگاه‌های رودخانه قره سو وجود ندارد و فقط تغییرات ناگهانی منفی و یا مثبت مشاهده شد، این درحالی است که میزان آبدهی این رودخانه در طول سی سال اخیر کاهش یافته است، به‌طوری که بررسی داده‌های ماهانه نشان داد که دبی تقریباً در تمام ماه‌های سال دارای روند کاهشی است. در پژوهشی که توسط مریانجی و همکاران (۱۳۸۷) انجام گرفت نیز در داده‌های بارش حوضه رودخانه یالفان روند معنی داری مشاهده نگردید. هم‌چنین رضیئی و همکارانش (۱۳۸۴) نیز در بررسی روند بارندگی سالانه مناطق مرکز و شرق ایران نشانه‌ای از بروز تغییرات اقلیمی در منطقه مشاهده نکردند. در تحقیقی که به‌منظور بررسی روند دبی رودخانه‌های شمالغرب ایران نیز انجام گرفته نتایج نشان داده است که در حالت کلی جریان آب رودخانه های منطقه مورد مطالعه روند نزولی داشته است (نجف آبادی و همکاران، ۱۳۹۰)، در بررسی روند دبی رودخانه‌های حوضه کشف رود نیز دبی تقریباً در تمام ایستگاه‌ها دارای روند منفی می‌باشد (وفاخواه و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه به نقش حوضه

آبریز قره سو در تولید محصولات کشاورزی و تأمین آب شرب اردبیل و مشکین‌شهر و با در نظر گرفتن توسعه و گسترش باغات و زمین‌های کشاورزی در طرفین رودخانه قره‌سو در طول سالیان گذشته، به احتمال زیاد این کاهش دبی به‌علت افزایش برداشت و استفاده از آب رودخانه‌هاست. در پایان توصیه می‌شود به‌دلیل روند کاهشی دبی رودخانه، بهره‌برداری مناسبی از منابع آب موجود صورت گیرد. هم‌چنین جهت انجام تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد که روند دبی و بارندگی در حوضه با استفاده از روش‌های ناپارامتری دیگری نیز بررسی شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

- جوان، کاظم؛ طاهری شهرآیینی، حمید؛ نصیری صالح، فرزین؛ حبیبی نوخندان، مجید (۱۳۹۰)، «روشی جدید جهت پیش‌بینی پراکنش مکانی دما و بارش در حوضه آبریز رودخانه قره‌سو (اردبیل)»، ***نشریه پژوهش های اقلیم شناسی***، شماره ۵، سال دوم، صص ۱۳۰-۱۱۷.

- حجام، سهراب؛ خوشخو، یونس و شمس‌الدین وندی، رضا (۱۳۸۷)، «تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری»، ***مجله پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ۶۴، سال چهلم، صص ۱۶۸-۱۵۷.

- رضیئی، طیب؛ دانش‌کار آراسته، پیمان و ثقفیان، بهرام (۱۳۸۴)، «بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مرکزی و شرقی ایران»، ***فصلنامه آب و فاضلاب ایران***، شماره ۵۴، سال شانزدهم، صص۸۱-۷۳.

- رهبر، اسماعیل؛ پاکپرور، مجتبی؛ مسعودی، مسعود و جوکار، لادن (۱۳۸۴)، «روند تغییرات رواناب در آبخیز خررود»، ***تحقیقات مرتع و بیابان ایران***، شماره ۱۲، سال چهارم، صص ۳۷۵-۳۵۷.

- عسگری، احمد؛ رحیم‌زاده، فاطمه؛ محمدیان، نوشین و فتاحی، ابراهیم (۱۳۸۶)، «تحلیل روند نمایه‌های بارش های حدی در ایران»، ***مجله تحقیقات منابع آب ایران***، شماره ۳، سال سوم، صص۵۵-۴۲.

- فرجزاده، منوچهر و قره چورلو، مرتضی (۱۳۹۰)، « تحلیل مکانی و زمانی رسوب معلق در حوضه آبریز رودخانه»، ***پژوهش های فرسایش محیطی***، شماره ۳، سال اول، صص ۸۵-۶۱.

- کتیرایی، پری‌سیما؛ حجام، سهراب و ایران‌نژاد، پرویز (۱۳۸۶)، «سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱»، ***مجله فیزیک زمین و فضا***، شماره ۱، سال سی و سوم، صص۸۳-۶۷.

- مریانجی، زهره؛ معروفی، صفر و عباسی، حامد (۱۳۸۷)، «آشکارسازی روند تغییرات دبی و روابط آن با پارامترهای هواشناسی در حوزه یالفان همدان با کاربرد روش غیر پارامتریک من- کندال»، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، تبریز، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.

- میرعباسی نجف‌آبادی، رسول و دین‌پژوه، یعقوب (۱۳۹۰)، «تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های شمال غرب ایران در سه دهه اخیر»، ***نشریه آب و خاک***، شماره ۴، سال بیست و چهارم، صص ۷۶۸-۷۵۷.

- وفاخواه، مهدی؛ بخشی تیرگانی، محمد و خزائی، مجید (۱۳۹۱)، «تحلیل روند بارندگی و دبی در حوزضه آبخیز کشفرود»، ***مجله جغرافیا و توسعه***، شماره ۲۹، سال دهم، صص ۹۰-۷۷.

- Birsan, M.V., Molnar, P., Burlando, P. and Pfaundler, M., (2005), "Streamflow trends in Switzerland", ***Journal of Hydrology***, Vol 314. pp: 312-329.

- Burn, D.H. and Hag Elnur, M.A., (2002), "Detection of hydrologic trends and variability", *Journal of Hydrology*, Vol 255. pp: 107-122.

- Gemmer, M., Becker, S. and Jiang, T., (2004), "Observed monthly precipitation trends in China 1951–2002", ***Theor. Appl. Climatol***, Vol 77. pp: 39-45.

- Hamed, K.H., (2008), "Trend detection in hydrologic data: The Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis", ***Journal of Hydrology***, Vol 349. pp: 350-366.

- Hamed, K.H. and Rao, A.R., (1998), "A modified Mann–Kendall trend test for autocorrelated data", ***Journal of Hydrology***, Vol 204. pp: 182-196.

- Kahya, E. and Kalaycı, S., (2004), "Trend analysis of streamflow in Turkey", ***Journal of Hydrology***, Vol 289. pp: 128-144.

- Kumar, S., Merwade, V., Kam, J. and Thurner, K., (2009), "Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains", ***Journal of Hydrology***, Vol 374, pp: 171-183.

- Lettenmaier, D.P., Wood, E.F. and Wallis, J.R., (1994), "Hydro-climatological trends in the continental United States, 1948-88", ***Journal of Climate***, Vol 7. pp: 586-607.

- Mitchell, J.M., Dzerdzeevskii, B., Flohn, H., Hoftneyr, W.L, Lamb, H.H., Rao, K.N. and Wallen, C.C., (1966), ***Climate Change, WMO Technical Note*** No.79, World Meteorological Organization, p:79.

- Partal, T. and Kahya, E., (2006), "Trend analysis in turkish precipitation data", ***Hydrological Processes***, Vol 20. pp: 2011-2026.

- Thodsen, H., (2007), "The influence of climate change on stream flow in Danish rivers", ***Journal of Hydrology***, Vol 333. pp: 226-238.

- Turgay, P. and Ercan, K., (2005). "***Trend Analysis in Turkish Precipitation data***", Hydrological Processes Published Online in Wiley Interscience (www.Interscience. Wiley.com).

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

- Zhang, X., Harvey, K.D., Hogg, W.D. and Yuzyk, T.R., (2001), "Trends in Canadian streamflow", ***Water Resources Research***, Vol 37. pp: 987-998.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی