

کلید واژه‌ها: شبیه‌سازی، مدل HEC-RAS، واسنجی، انتقال رسوب، محور مرکزی رودخانه

مقدمه

افزایش میانگین دمای سطح جهان، باعث تغییر در پارامترهای آب‌وهوایی مانند: بارش، تبخیر و تعرق شده است که این امر به نوبه‌ی خود رژیم جریان رودخانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۵]. با توجه به آخرین گزارش [۱۴] پیش‌بینی می‌شود که میانگین رواناب سالانه در عرض‌های جغرافیایی بالا و در مناطق گرمسیری و مرطوب افزایش ۴۰-۱۰ درصدی و در برخی مناطق خشک در عرض‌های میانی استوا کاهش ۳۰-۱۰ درصدی داشته باشد. با توجه به این تغییرات نیاز است قبل از آنالیز و مدل‌سازی، پارامترها از نظر وجود روند بررسی گردند و در صورت لزوم روند احتمالی حذف و ایستاسازی داده‌ها صورت گیرد.

بررسی روند علاوه‌بر مشخص کردن نوسانات طولانی مدت فرایندهای هیدرولوژیکی، دوره تناوب و دیگر خصوصیات آنها را مشخص می‌کند [۷]. بدین منظور در طی سال‌های گذشته محققین روشهای مختلف پارامتری و ناپارامتری را جهت بررسی روند ارائه دادند [۱۰]. در روش‌های پارامتری نیاز است که داده‌ها مستقل بوده و از توزیع نرمال پیروی کنند. در صورتی که در روش‌های غیرپارامتری نیاز نیست داده‌ها از توزیع نرمال پیروی کنند و این روش‌ها نسبت به داده‌های پرت و گم شده حساسیت کمتری دارند [۱۰ و ۲۶ و ۹]. نقطه اشتراک دو آزمون پارامتری و ناپارامتری داشتن داده‌های مستقل است [۹]. از بین آزمونهای روند غیرپارامتری برای تشخیص روند سری‌های زمانی هیدرولوژیکی روش من-کندال (MK) مناسب‌تر است، مخصوصاً برای داده‌های هیدرولوژی که نامتوازن‌اند و داده‌های پرت دارند [۹ و ۱۵]. فرض اصلی اغلب مطالعات تحلیل روند با آزمون من-کندال (MK) استفاده از داده‌ها مستقل و به‌طور تصادفی نظم گرفته است. با این وجود در شرایط واقعی برخی سری‌های هیدرولوژیکی دارای ضریب خودهمبستگی میباشند [۱۰]. خودهمبستگی بر روی مقدار واریانس محاسبه شده در روش کندال تأثیر می‌گذارد در نتیجه احتمال رد فرض صفر یعنی عدم وجود روند در سری داده افزایش پیدا میکند. در این حالت اگرچه داده‌ها فاقد روند هستند اما با روش کندال برای آنها روند تشخیص داده می‌شود [۵ و ۲۳ و ۲۴ و ۲۰].

محققان مختلف روش‌های زیادی برای از بین بردن خودهمبستگی

بررسی کارایی آزمون من‌کندال در شناسایی روند سری‌های دارای خودهمبستگی

مهسا باقرپور^۱، سید مرتضی سیدیان^۲، ابوالحسن فتح‌آبادی^۳ و امین محمدی^۴
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۳

چکیده:

در چند سال اخیر شناسایی روند، یک مسئله مهم در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی هیدرولوژیکی بوده است. با توجه به عملکرد متنوع مدل‌ها و به دلیل تأثیر تغییرات آب‌وهوایی بر رژیم جریان رودخانه، روندیابی امری پیچیده است. در این پژوهش تغییرات روند بارندگی و دبی سالانه و فصلی چهار ایستگاه نوده‌خرمالو، رامیان، قزاقلی و قلی‌تپه واقع در حوضه گرگان‌رود استان گلستان مورد مطالعه قرار گرفته است. با توجه به در دسترس بودن اطلاعات، روند در طول دوره‌های زمانی مختلف در ایستگاه‌های مورد نظر بررسی شد. آزمون‌های آماری MK-PW، TFPW، MK، MK-BB، SEAS و VC، HERISH برای ارزیابی روند تغییرات بارندگی و دبی در مقیاس فصلی و سالانه در این تحقیق استفاده شد. نتایج نشان داد در نیمی از ایستگاه‌ها دبی دارای روند معنی‌دار و در نیمی دیگر برخی روش‌ها روند را معنی‌دار تشخیص دادند. در ۷۵ درصد ایستگاه‌ها روند بارش معنی‌دار نبوده و در ۲۵ درصد ایستگاه‌ها روند معنی‌دار مشاهده شده است. در تمام ایستگاه‌ها روند بارش به‌صورت صعودی و روند دبی به‌صورت نزولی بوده است. برای بررسی بیشتر روند و برقراری ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی با استفاده از روش MASH داده‌های بارش و دبی ایستگاه نوده‌خرمالو در ماه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد در برخی از ماه‌ها روند دبی معنی‌دار و کاهش و روند بارش افزایشی است. بررسی‌ها نشان داد روند نزولی دبی در نتیجه فعالیت‌های انسانی از جمله تغییر کاربری و تغییر پوشش گیاهی می‌باشد.

- ۱- دانشجو کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه منابع طبیعی و کشاورزی گنبد کاووس، ایران،
- ۲- نویسنده مسئول و استادیار گروه آبخیزداری، دانشگاه منابع طبیعی و کشاورزی گنبد کاووس، ایران، پست الکترونیکی: seyedian@gonbad.ac.ir
- ۳- استادیار گروه آبخیزداری، دانشگاه منابع طبیعی و کشاورزی گنبد کاووس، ایران،
- ۴- استادیار گروه آبخیزداری، دانشگاه منابع طبیعی و کشاورزی گنبد کاووس، ایران،

چهار ایستگاه قلی تپه، نوده، رامیان و قزاقلی است که به ترتیب در رودخانه‌های قلی تپه، خرمالو، قره‌چای و گرگان‌رود واقع شده‌اند. ایستگاه قلی تپه با طول جغرافیایی ۳۵۹۸۴۸ متر و عرض جغرافیایی ۴۱۲۱۹۳۲ متر و ارتفاع از سطح دریا ۲۵۰ متر است. ایستگاه نوده با طول جغرافیایی ۳۴۶۶۱۷ متر و عرض جغرافیایی ۴۱۰۲۹۵۳ متر و ارتفاع از سطح دریا ۲۸۰ متر است. ایستگاه رامیان با طول جغرافیایی ۳۳۴۲۳۴ متر و عرض جغرافیایی ۴۰۹۸۸۹۹ متر و ارتفاع از سطح دریا ۲۰۰ متر است. ایستگاه قزاقلی با طول جغرافیایی ۳۲۴۳۷۲ متر و عرض جغرافیایی ۴۱۲۱۹۹۳ متر و ارتفاع از سطح دریا ۳۰ متر می‌باشد.

روش تحقیق

تست من‌کندال

تست من‌کندال، تست ناپارامتریک رتبه مینا جهت بررسی روند می‌باشد که توسط من و کندال [۱۹ و ۱۶] ارائه شد. در این تست تحت فرض H_0 داده‌ها از سری که مستقل و دارای توزیع یکسان می‌باشند گرفته شده‌اند. تست من‌کندال به صورت معادله‌های زیر می‌باشند.

(۱)

$$s = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sgn}(x_j - x_i), \text{ where } \text{sgn}(x) = \begin{cases} +1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases}$$

که واریانس فرآیند از معادله (۲) تعیین می‌گردد.

(۲)

$$\sigma_s^2 = \frac{1}{18} [N(N-1)(2N+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)]$$

که در این رابطه m تعداد دسته‌ها با داده‌های گره‌دار و t_i تعداد داده‌ها گره‌دار در هر دسته m می‌باشد.

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sigma_s}, & \text{ifs} > 0 \\ 0, & \text{ifs} = 0 \\ \frac{s+1}{\sigma_s}, & \text{ifs} < 0 \end{cases} \quad (۳)$$

که مقدار Z بدست آمده با رابطه‌های فوق با مقادیر Z بدست آمده از جدول توزیع نرمال استاندارد با سطح اطمینان مورد نظر مقایسه می‌گردد. چنانچه Z محاسباتی بزرگتر از Z جدول بود فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود روند با سطح اطمینان مورد نظر رد می‌شود. در صورت وجود روند مقادیر Z مثبت نشان دهنده روند مثبت و مقادیر منفی Z نشان دهنده روند منفی می‌باشد.

جهت اصلاح تست برای سری‌های ماهانه که دارای خودهمبستگی نیز می‌باشند [۱۲] اصلاحاتی بر روی تست من‌کندال انجام دادند. در این روش در ابتدا مقادیر آماره S برای هر فصل محاسبه شده

و کاهش خطای نوع اول ارائه دادند. از آن جمله [۲۳] روش PW (پیش سفید کردن) را پیشنهاد داد. در این روش برای حذف اثر خودهمبستگی در آزمون من‌کندال، قبل از استفاده از آزمون من‌کندال می‌توان اثر همبستگی سری داده‌ها را حذف کرد. از این روش در تحقیقات [۶ و ۱۱ و ۴ و ۱۵] در بررسی روند متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیکی استفاده شد [۱۰] با اصلاح مقدار واریانس محاسباتی تأثیر خودهمبستگی داده‌ها را در بررسی روند با روش کندال حذف کردند و نام روش خود را MK-VC گذاشتند. [۲۶] روش TFPW را ارائه کردند. از این روش در تحقیقات [۸ و ۱ و ۱۵ و ۲۰] جهت حذف تأثیر خودهمبستگی در بررسی روند استفاده شد. از روش‌های دیگر جهت حذف تأثیر خودهمبستگی در بررسی روند روش من‌کندال بوت‌استرپی بلوکی (MK-BB) است. [۱۷ و ۱۸ و ۱۵ و ۲۶ و ۲۰] از این روش در بررسی روند پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی در کشورهای کانادا و ترکیه استفاده کردند. اغلب پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی به صورت فصلی هستند که این تغییرات فصلی باعث پیچیدگی بررسی روند می‌شود. به‌عنوان مثال در خیلی از رودخانه‌ها بخشی از جریان ناشی از باران و بخشی ناشی از ذوب برف است. در این رودخانه‌ها افزایش دما در طی سال‌های مختلف باعث تغییر در میزان رواناب در فصل بارش و ذوب برف می‌شود. هنگامیکه داده‌های هر فصل به صورت جداگانه بررسی گردند این روندها به خوبی قابل مشاهده بوده اما چنانچه داده‌ها به صورت سالانه بررسی شوند به دلیل در نظر گرفتن تمام ماه‌ها این روندها قابل شناسایی نیستند بنابراین نیاز است تا داده‌ها به صورت فصلی مورد بررسی قرار گیرند. بدین منظور [۱۳] (MK-SEAS) آزمون کندال را برای داده‌های فصلی ارائه دادند. [۱۲] (MK-HERISH) روش کندال ارائه شده برای داده‌های فصلی را اصلاح کرده به طوری که این روش بتواند تأثیر خودهمبستگی را در بررسی روند با استفاده از آزمون کندال فصلی از بین ببرد.

بارندگی یکی از مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی است، تغییر شرایط اقلیمی بر الگوی بارش تأثیر گذاشته و میزان رواناب را تغییر می‌دهد. به همین دلیل با توجه به اهمیت روند در مدل‌سازی داده‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی نیاز است داده‌ها در هر منطقه از نظر وجود روند مورد بررسی قرار گیرند. بدین منظور در این تحقیق اقدام به بررسی روند متغیرهای بارش و دبی در چند ایستگاه استان گلستان گردید. به‌طور خلاصه اهدافی که در طی انجام این تحقیق پی‌گیری می‌شوند عبارتند از: ۱- تعیین وجود یا عدم وجود روند در متغیرهای دبی و بارندگی استان گلستان ۲- بررسی تأثیر خودهمبستگی بر روی معنی‌داری نتایج بدست آمده با استفاده از روش کندال ۳- بررسی ارتباط بین روند متغیرهای دبی و بارندگی.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

داده‌های مورد مطالعه داده‌های ماهانه و سالانه بارش و دبی

و در نهایت نتایج مربوط به فصل‌های مختلف با هم جمع می‌شوند (رابطه ۴).

$$\hat{S} = \sum_{j=1}^p S_j \quad (4)$$

در این رابطه S_j مقادیر S برای فصل j ($j=1,2,\dots,p$) می‌باشد.

در حالتی که سری زمانی فاقد خودهمبستگی باشد واریانس S' با استفاده از رابطه (۵) و در حالتی که داده‌های ماهیانه دارای خودهمبستگی باشند واریانس S' با استفاده از رابطه (۶) تعیین می‌شود.

$$\sigma_{\xi}^2 = \sum_{i=1}^p \text{Var}(S'_i) \quad (5)$$

$$\sigma_{\xi}^2 = \sum_{j=1}^p \text{Var}(S) + \sum_{g=1}^{p-1} \sum_{h=g+1}^p \sigma_{gh} \quad (6)$$

که σ_{gh} کواریانس بین مقادیر آماره من‌کندال برای فصل g و h می‌باشد. کواریانس نیز با استفاده از رابطه‌های (۷، ۸، ۹) تعیین می‌شود.

$$R_{ij} = \frac{1}{2} [n + 1 \sum_{k=1}^n \text{sgn}(x_{ij} - x_{kj})] \quad (7)$$

$$\sigma_{gh}^{\wedge} = \frac{1}{3} [K_{gh} + 4 \sum_{i=1}^n R_{ig} R_{ih} - n(n+1)^2] \quad (8)$$

$$K_{gh} = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}[X_{jg} - X_{ig}](X_{jh} - X_{ih}) \quad (9)$$

در این رابطه‌ها R_{ij} مرتبه هر یک از داده‌ها و n تعداد داده‌های هر ماه می‌باشند. در نهایت با استفاده از رابطه (۱۰) مقدار آماره من‌کندال اصلاحی بدست می‌آید. [۱۲] این روش را برای داده‌های دارای خودهمبستگی که مقدار خودهمبستگی مرتبه اول آنها کمتر از ۰/۶ است پیشنهاد دادند. همچنین در صورتی که داده‌ها فاقد خودهمبستگی باشد روش معمولی [۱۳] عملکرد بهتری دارد.

$$Z' = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s}, & \text{if } S > 0 \\ 0, & \text{if } \hat{S} = 0 \\ (S+1)/\sigma_s, & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (10)$$

برای حذف تأثیر خودهمبستگی در سری‌های سالیانه روش (پیش-سفید) به صورت رابطه (۱۱) توسط [۲۳] ارائه شد.

$$Y_t = X_t - r_1 X_{t-1} \quad (11)$$

در این رابطه r_1 مقادیر خودهمبستگی در تأخیر اول و X_t داده مشاهده‌ای در زمان t می‌باشد. پس از بدست آوردن مقادیر باقیمانده‌ها (Y_t) تست من‌کندال بر روی مقادیر باقیمانده‌ها صورت می‌گیرد. [۱۰] تأثیر خودهمبستگی را از طریق تعیین اندازه بهینه و اصلاح واریانس محاسباتی من‌کندال حذف کردند. اندازه بهینه نمونه واریانس اصلاحی با استفاده از رابطه‌های (۱۲) و (۱۳) تعیین می‌شود.

$$\frac{n}{\hat{n}} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-1} (n-k)(n-k-1)(n-k-2)r_k^R \quad (12)$$

$$V^*(S) = V(S) \frac{n}{n^*} \quad (13)$$

در این رابطه‌ها r_k^R مقادیر خودهمبستگی رتبه‌ها می‌باشند. [۲۶] برای حذف تأثیر خودهمبستگی بر روی داده‌های سالیانه، الگوریتم چند مرحله زیر را ارائه دادند.

۱- با استفاده از روش TSA تیل و سن [۲۰ و ۲۱] (رابطه ۱۴) شیب روند در سری داده‌ها تخمین زده می‌شود. اگر شیب برابر صفر بود لزومی جهت ادامه آنالیز روند نمی‌باشد و اگر صفر نبود فرض می‌شود که روند خطی بوده و روند با استفاده از رابطه (۱۵) از بین می‌رود.

$$b = \text{Median}\left(\frac{X_j - X_1}{j-1}\right) \quad (14)$$

$$\hat{X} = X_t - T_t = X_t - b_t \quad (15)$$

که در آن b شیب روند و X_t مشاهده t می‌باشد.
۲- مقدار خودهمبستگی مرتب اول سری بدون روند X'_t محاسبه شده و سپس مقدار ضریب خودهمبستگی مرتبه اول $AR(1)$ از داده‌ها حذف می‌شود (رابطه ۱۶). که این روش حذف خودهمبستگی بعد از حذف روند به عنوان روش (TFPW) می‌باشد. باقیمانده‌ها بعد از حذف روند باید یک سری مستقل را تشکیل دهند.

$$Y_t = X_t - rX'_{t-1} \quad (16)$$

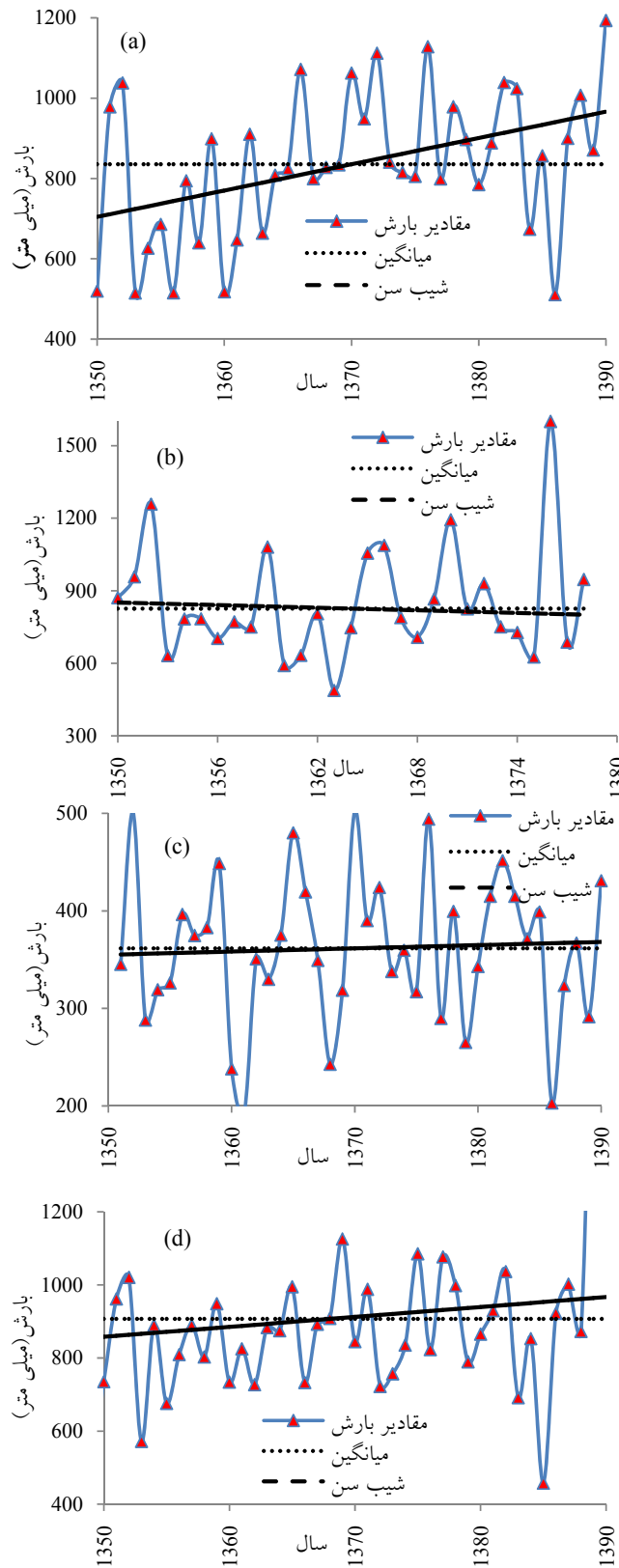
۳- در این گام مقادیر روند حذف شده در گام اول با مقادیر باقیمانده‌ها (رابطه ۱۷) جمع می‌شود.

$$Y_t = Y_t + T_t \quad (17)$$

۴- تست من‌کندال بر روی سری Y_t اعمال می‌شود.
[۱۷] به منظور حذف تأثیر خودهمبستگی در بررسی روند با استفاده از روش کندال روش من‌کندال بوت‌استرپی را ارائه دادند. در این روش سری داده اولیه به تعداد زیاد (که معمولاً ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ است) و در این تحقیق تعداد ۵۰۰۰ نمونه‌گیری انجام شد) با اندازه بلوک مشخص (که این اندازه بلوک بستگی به ضریب خودهمبستگی داده‌ها و طول دوره آماری سری داده‌ها دارد که در این تحقیق بر اساس نتایج [۲۰] برای داده‌های کمتر از ۵۰ سال اندازه بلوک ۴ و ۵ و برای داده‌های بیشتر از ۵۰ سال اندازه بلوک ۶ و ۷ در نظر گرفته شد) نمونه‌گیری همراه با جای‌گذاری صورت می‌گیرد. سپس برای هر سری داده نمونه‌گیری شده مقدار آماره کندال محاسبه و توزیع تجربی این آماره‌های محاسبه شده تعیین و با در نظر گرفتن سطح معنی‌داری و آماره کندال محاسبه شده برای داده‌های اولیه، معنی‌داری روند در ایستگاه مورد نظر تعیین می‌گردد. در این تحقیق روش‌های من‌کندال معمولی، من‌کندال فصلی [۱۳ و ۲۳] و TFPW در محیط برنامه R و روش‌های کندال بوت‌استرپی و کندال اصلاحی ارائه شده توسط [۱۰] در محیط برنامه مطلب کدنویسی و اجرا گردید.

نتایج

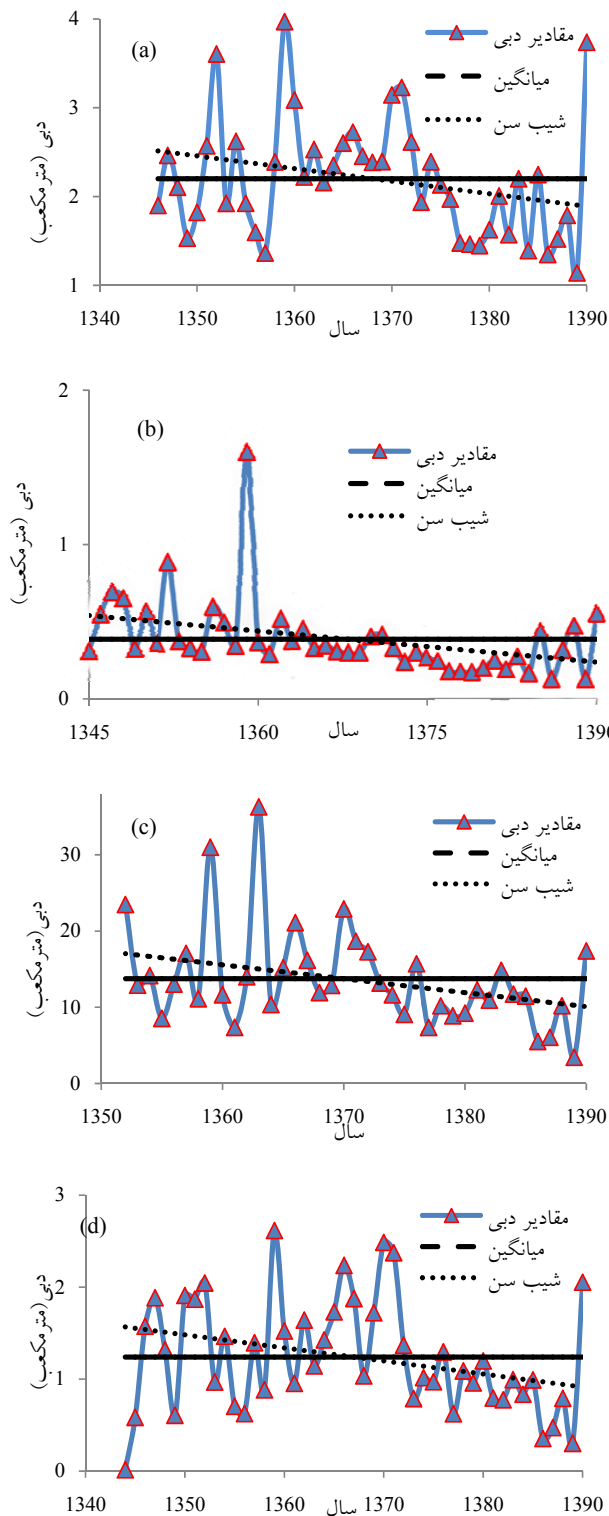
ابتدا برای بررسی وجود روند در داده‌های بارندگی و دبی



شکل ۱- روند تغییرات بارش سالانه ایستگاه‌های الف: نوده خرمالو، ب: قلی تپه، ج: قزاقلی و د: رامیان
 Fig 1. Trend of annual rainfall stations a :Nodekhormaloo ,b :gholitapeh ,c :Ghazaghli ,d :Ramian

در شکل‌های یک و دو ملاحظه می‌شود در ایستگاه نوده خرمالو تغییرات روند بارش سالانه مثبت بوده و داده‌ها دارای یک روند

سالانه نمودار میانگین سری زمانی بارندگی و دبی برای هر یک از ایستگاه‌ها رسم گردید (شکل‌های یک و دو). همان‌طور که



شکل ۲- روند تغییرات دبی سالانه ایستگاه‌های الف: نوده خرمالو، ب: قلی تپه، ج: قزاقلی، د: رامیان
 Fig 2. Trend of annual discharge stations a :Nodekhormaloo ,b :Gholitapeh ,c :Ghazaghli ,d :Ramian

ایستگاه یک روند کاهشی (برخلاف بارش مقدار شیب‌سن آن زیاد است) می‌باشد. ایستگاه قزاقلی همانند ایستگاه قلی تپه می‌باشد، روند بارش سالانه روند افزایشی خیلی ضعیف و روند دبی به صورت نزولی مشاهده می‌شود. در این ایستگاه نیز شیب‌سن بارش کم

صعودی می‌باشند اما تغییرات روند دبی سالانه در این ایستگاه نزولی بوده است. در این ایستگاه مقدار شیب‌سن برای هر دو پارامتر زیاد است. در ایستگاه قلی تپه روند بارش دارای یک روند افزایشی خیلی ضعیف (مقدار شیب‌سن خیلی کم است) و روند دبی در این

جدول ۱- نتایج روش‌های مختلف روندیابی داده‌های بارش

Table -1 Results of different methods for trend rainfall

MK-HERISH	MK-SEAS		MK-TFPW		MK-BB		MK-PW		MK		MK-VC		r				
P	Z	P	Z	P	Z	p(4)	p(5)	P	Z	P	Z	P	Z				
0.132	1.504	0.073	1.787	0.070	1.810	1.810	1.428	0.124	0.148	0.126	0.153	1.428	0.262	1.123	0.331	Ramian	رامیان
0.389	0.859	0.264	1.115	0.464	0.730	0.730	-0.318	0.485	0.925	0.094	0.925	0.094	0.925	0.094	-0.144	Gholitapeh	قلیته
0.671	0.424	0.656	0.444	0.846	0.193	0.193	0.256	0.381	0.797	0.256	0.797	0.256	0.798	0.256	0.012	Ghazaghli	قزاقلی
0.002	2.984	0.000	3.888	0.018	2.365	2.365	2.695	0.009	0.007	2.696	0.007	2.696	0.007	2.696	0.101	Nodeh	نوده

توجه به این جدول مشاهده می‌شود مقادیر بدست آمده برای روش TFPW رفتار متفاوتی داشته به طوری که در برخی از ایستگاه‌ها مقدار آن کمتر از روش MK شده است. در ایستگاه‌های قلی‌تپه، نوده‌خرمالو و قزاقلی که مقادیر خودهمبستگی مرتبه اول و مراتب بالاتر معنی‌دار نبوده سه روش MK-VC، MK، MK-PW و مشابه یکدیگر بوده در حالی که روش TFPW به دلیل محاسبه خودهمبستگی بعد از حذف روند رفتار متفاوتی از خود نشان داده است. در تمام ایستگاه‌ها کمترین مقادیر pvalu بدست آمده مربوط به روش کنندال فصلی بدون در نظر گرفتن تأثیر خودهمبستگی (SEAS) است.

با توجه به جدول دو ملاحظه می‌شود روند تغییرات دبی ایستگاه رامیان در سطح ۰/۱ توسط تمامی روش‌ها به جزء SEAS، TFPW و MK-VC معنی‌دار تشخیص داده نشده است. در این ایستگاه بیشترین مقادیر pvalu توسط روش MK-VC و کمترین مقادیر pvalu با روش TFPW بدست آمده است. در ایستگاه قلی‌تپه و قزاقلی همه روش‌ها روند معنی‌داری را برای مقادیر دبی تشخیص دادند. در این دو ایستگاه که مقادیر خودهمبستگی مرتبه اول معنی‌دار نبوده مقادیر pvalu بدست آمده از دو روش MK و MK-PW یکسان است در حالی که به دلیل معنی‌دار بودن مقادیر خودهمبستگی مرتبه‌های بالاتر مقادیر Z و pvalu بدست آمده با استفاده از روش MK-VC به ترتیب کمتر و بیشتر از مقادیر بدست آمده با استفاده از روش MK است. در این دو ایستگاه سه روش MK-VC، MK و BB و HERISH عملکرد یکسانی داشته‌اند. در ایستگاه نوده‌خرمالو در سطح ۰/۱ روش‌های SEAS، MK، TFPW و HERISH معنی‌داری را تشخیص دادند و مقادیر pvalu بدست آمده از روش PW نسبت به روش‌های دیگر بیشتر است. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود در برخی از ایستگاه‌ها مقادیر pvalu بدست آمده از روش TFPW کمتر از مقادیر pvalu بدست آمده از روش‌های SEAS و MK بوده است. همچنین سه روش MK-VC، MK-BB و HERISH عملکرد مشابهی داشته‌اند. در تمام ایستگاه‌ها بزرگترین مقادیر قدر مطلق Z مربوط به روش کنندال فصلی است که در آن

و شیب‌سن دبی بالا است. در ایستگاه رامیان روند بارش سالانه به صورت صعودی و روند دبی سالانه به صورت نزولی می‌باشد. در این ایستگاه هم شیب‌سن بارش و هم شیب‌سن دبی بالا هستند. برای بررسی بیشتر وجود روند برای سری‌های زمانی بارش و دبی سالانه و ماهانه حوضه گرگان‌رود آزمون‌های مختلف من‌کنندال شامل من‌کنندال معمولی و من‌کنندال‌های اصلاح شده که عبارتند از MK-HERISH، MK-VC، MK، TFPW، PW (آزمون کنندال فصلی [۱۲]) و SEAS (آزمون کنندال فصلی [۱۳]) برای هر یک از ایستگاه‌ها انجام گرفت. نتایج آزمون‌های مختلف روند برای سری‌های زمانی بارندگی و دبی در جداول یک و دو درج گردیده است. در این جداول در ستون r مقادیر خودهمبستگی مرتبه اول آورده شده است. مقادیر خودهمبستگی مرتبه اول برای دبی در ایستگاه رامیان و نوده‌خرمالو معنی‌دار و برای بارش فقط در ایستگاه رامیان معنی‌دار می‌باشد.

با توجه به جدول یک ملاحظه می‌شود، در ایستگاه رامیان مقادیر pvalu دو روش TFPW و SEAS کمتر از مقادیر pvalu سایر روش‌ها است و این مقادیر بیشتر از ۰/۰۵ بوده که نشان‌دهنده عدم وجود روند معنی‌دار در سری داده‌ها در سطح ۰/۰۵ است اما در این ایستگاه در سطح ۰/۱ با استفاده از این روش‌ها روند تغییرات معنی‌دار تشخیص داده شده است. در این ایستگاه بیشترین مقدار pvalu مربوط به روش MK-VC است. در این ایستگاه مقادیر pvalu بدست آمده از روش MK-PW کم می‌باشد که بدین معناست با حذف خودهمبستگی مرتبه اول روند بزرگتری برای داده‌ها ایجاد شده است. در این ایستگاه فقط برای روش MK-VC مقدار pvalu بزرگتر از روش MK بدست آمده است.

در جدول یک نشان می‌دهد روند تغییرات در ایستگاه‌های قلی‌تپه و قزاقلی معنی‌دار نمی‌باشند. در این دو ایستگاه کمترین مقادیر pvalu به ترتیب مربوط به روش‌های SEAS و MK-BB است. در ایستگاه نوده‌خرمالو همه روش‌ها روند تغییرات را معنی‌دار نشان می‌دهند. در این ایستگاه مقدار pvalu روش‌های MK و SEAS که خودهمبستگی را در نظر نمی‌گیرند کمتر از سایر روش‌ها است. با

جدول ۲- نتایج روش‌های مختلف روندیابی داده‌های دبی
Table 2 Results of different methods for trend discharge

MK-HERISH		MK-SEAS		MK-TFPW		MK-BB		MK-PW		MK		MK-VC		r		
P	Z	P	Z	P	Z	Z	p(4)	p(5)	P	Z	P	Z	P			Z
0.052	-1.938	0.000	-4.467	0.024	-1.169	-1.169	0.084	0.103	0.107	-1.628	0.075	-1.797	0.161	-1.403	0.325	Ramian
0.000	-3.877	0.000	-8.530	0.000	-4.465	-4.465	0.022	0.022	0.000	-4.222	0.000	-4.222	0.000	-4.204	0.086	Gholitapeh
0.022	-2.284	0.000	-4.456	0.014	-2.438	-2.438	0.018	0.022	0.011	-2.540	0.011	-2.540	0.031	-2.162	0.053	Ghazaghlī
0.003	2.902	0.000	-6.599	0.037	-2.085	-2.085	0.109	0.115	0.132	-1.526	0.098	-1.673	0.124	-1.540	0.304	Nodeh

به سال‌های اخیر می‌باشد. در شکل سه داده‌ها از اول مهر ترسیم شده‌اند به‌عنوان مثال عدد ۱ در محور X نشان دهنده اول مهر و عدد ۳۶۵ نشان دهنده ۳۱ شهریور می‌باشد. با توجه به شکل سه ملاحظه می‌شود در تمام روزهای سال بین مقادیر محاسبه شده در سال‌های ابتدایی با سال‌های اخیر به طور مشخص تفکیک وجود دارد. این تفکیک از ماه اسفند تا شهریور مشخص‌تر است به‌خصوص این تفکیک در ماه‌های اسفند تا اردیبهشت که بیشترین مقادیر دبی در این ماه‌ها اتفاق می‌افتد واضح‌تر است. با متوسط‌گیری داده‌ها در ماه‌های مختلف، مقادیر ماهانه برای تمامی سال‌ها بدست آمد و از روش MK-VC با توجه به عملکرد مناسب آن برای بررسی روند استفاده شد.

مقادیر آزمون MK-VC برای داده‌های ماهانه اولیه و داده‌های ماهانه که از روش MASH بدست آمده در جدول سه آورده شده است. با توجه به این جدول ملاحظه می‌شود در سطح ۰/۰۵ برای هر دو سری داده برای ماه‌های فروردین تا مهر روند تشخیص داده شده است. داده‌های اولیه در سطح ۰/۰۵ در ماه‌های مهر و آبان دارای روند می‌باشند که با استفاده از روش MASH برای این ماه‌ها روندی تشخیص داده نشده است. همچنین در سطح ۰/۱ برای داده‌های MASH در ماه‌های مهر و بهمن روند تشخیص داده نشده و برای داده‌های اولیه برای ماه‌های آذر تا اسفند روندی تشخیص داده نشده است.

مقادیر بدست آمده برای داده‌های بارندگی ایستگاه نوده در شکل چهار آورده شده است. در این شکل نیز خطوط آبی مربوط به سال‌های اولیه و خطوط قرمز مربوط به سال‌های اخیر می‌باشد. شکل چهار نشان می‌دهد در بارندگی تفکیک کمتری بین خطوط مربوط به سال‌های مختلف نسبت به دبی (شکل چهار) وجود دارد. در ماه‌هایی که این تفکیک مشخص است منحنی‌های مربوط به سال‌های اولیه (خطوط آبی) در پایین و منحنی‌های مربوط به سال‌های اخیر در بالا قرار گرفته‌اند که نشان دهنده یک روند افزایشی برای مقادیر بارش در این ایستگاه می‌باشد. نتایج حاصل از آزمون MK-VC برای داده‌های اولیه و داده‌های MASH در جدول (چهار) آورده شده است. با توجه به این جدول ملاحظه می‌شود برای داده‌های اولیه در

تصحیح خودهمبستگی در نظر گرفته نشده است. با توجه به نتایج بدست آمده از جداول یک و دو به‌طور کلی ملاحظه می‌شود کمترین مقادیر pvalue مربوط به روش SEAS است. روش HERISH عملکرد نسبتاً خوبی داشته است اما در این روش فقط یک عدد برای روند در یک حوضه بیان می‌شود. در این حالت روندهای متفاوت فصول مختلف یکدیگر را خنثی می‌کنند و همچنین امکان بررسی ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی در ماه‌های مختلف وجود ندارد. بنابراین برای بررسی روند بهتر است هر فصل به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. برای بررسی روندهای فصلی و تفسیر مشاهداتی روند، روش 'MASH' را پیشنهاد کردند. در این روش الگوی روند تغییرات فصلی توسط ۳۶۵ مقدار متوسط جریان روزانه در طی سال نمایش داده می‌شوند. میانگین‌گیری در طی روزهای متوالی یک سال و در سال‌های مختلف است. MASH ماتریسی است که به صورت رابطه (۱۸) نمایش داده می‌شود.

$$MASH = \begin{bmatrix} \mu_{1,1} & \mu_{1,2} & \dots & \mu_{1,Nh} \\ \mu_{2,1} & \mu_{2,2} & \dots & \mu_{2,Nh} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{365,1} & \mu_{365,2} & \dots & \mu_{365,Nh} \end{bmatrix} \quad (18)$$

در رابطه (۱۸) هر ستون نشان دهنده الگوی تغییرات فصلی جریان در طی Nh سال می‌باشد. $\mu_{t,h}$ میانگین جریان روز t و سال h است که به صورت رابطه $N_h = N_y - Y + 1$ بدست می‌آید. جداول یک و دو نشان می‌دهد در ایستگاه نوده خرمالو برخی از روش‌ها تغییرات دبی و همه روش‌ها تغییرات بارش را دارای روند تشخیص دادند. به‌منظور بررسی بهتر این ایستگاه از روش MASH استفاده گردید. برای داده‌های دبی این ایستگاه با در نظر گرفتن مقدار w برابر با پنج و Y برابر با ۲۰ سال، ۲۴ سری مقادیر متوسط روزانه بدست آمد که در شکل سه نشان داده شده است. در این شکل سال‌های مختلف با رنگ‌های مختلف نشان داده شده که رنگ آبی مربوط به سال‌های اولیه است و رنگ قرمز مربوط

1- Moving Average over Shifting Horizon

جدول ۳- دبی ماهانه ایستگاه نوده خرمالو

Table.3 Monthly discharge of Nodekhormaloo station

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	پارامتر	نوع آزمون
September	August	July	Jun	May	April	March	February	January	December	November	October		
0.043	0.007	0.009	0.009	0.023	0.018	0.649	0.967	0.113	0.169	0.046	0.029	Pvalue	آزمون MK-VC
-2.021	-2.700	-2.595	-2.595	-2.281	-2.365	-0.455	-0.042	-1.586	-1.375	-1.991	-2.177	Z	برای داده‌های اولیه
-0.016	-0.020	0.021	0.021	-0.035	-0.060	-0.014	0.000	-0.018	-0.013	-0.015	-0.019	B	
0.043	0.030	0.045	0.045	0.016	0.017	0.061	0.169	0.065	0.061	0.066	0.117	Pvalue	آزمون MK-VC
-2.028	-2.177	-2.000	-2.000	-2.403	-2.385	-1.877	-1.367	-1.843	-1.874	-1.841	-1.567	Z	برای داده‌های اولیه
-0.023	-0.020	-0.018	-0.018	-0.043	-0.122	-0.031	-0.009	-0.023	-0.021	-0.027	-0.014	B	MASH

جدول ۴- بارش ماهانه ایستگاه نوده خرمالو

Table4 -Monthly Rainfall of Nodekhormaloo station

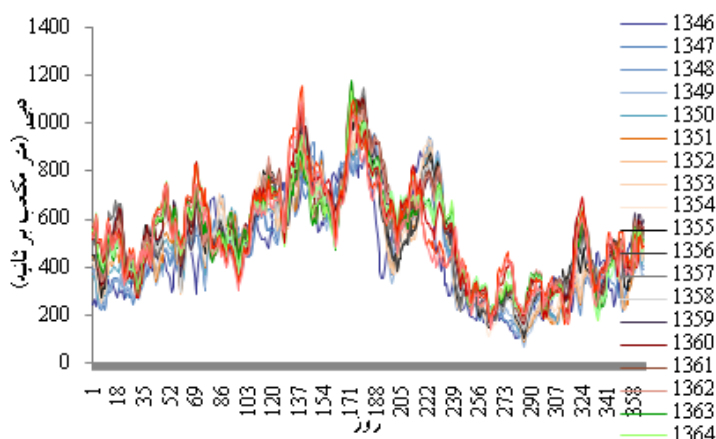
شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	پارامتر	نوع آزمون
September	August	July	Jun	May	April	March	February	January	December	November	October		
0.902	0.645	0.019	0.238	0.419	0.472	0.072	0.101	0.574	0.141	0.078	0.029	Pvalue	آزمون VC-MK
0.124	0.461	2.336	1.179	-0.809	0.719	1.797	1.640	0.562	1.471	1.763	2.123	Z	برای داده‌های اولیه
0.067	0.161	0.762	0.315	-0.448	0.509	1.297	1.037	0.250	0.865	1.042	0.808	B	
0.137	0.236	0.006	0.017	0.130	0.234	0.103	0.016	0.940	0.023	0.016	0.062	Pvalue	آزمون MK-VC
1.488	1.184	2.755	2.369	-1.513	1.191	1.628	2.404	0.076	2.277	2.419	1.868	Z	برای داده‌های اولیه
3.035	4.582	6.592	4.043	-1.481	3.944	2.000	5.147	0.240	3.660	7.553	8.427	B	MASH

محاسبه شده به وسیله آزمون‌های مختلف در برخی موارد همگن نبوده است. به عنوان مثال در ایستگاه قلی تپه روش سن روند جزئی منفی و روش کندال روند جزئی مثبت را پیش‌بینی کرده است. نتایج نشان می‌دهد دبی سالانه و فصلی در همه ایستگاه‌های مطالعاتی دارای روند کاهشی بوده است. کاهش دبی را می‌توان به کاهش نزولات جوی خصوصاً برف در ارتفاعات مرتبط دانست. همچنین با افزایش دما، مقدار قابل توجهی از بارش برف به باران تبدیل می‌گردد و به موازات آن زمان ذوب برف زودتر شده و در نتیجه الگوی جریان در زمان تغییر می‌کند [۴]. نتایج نشان داد برای داده‌های دبی دو ایستگاه قزاقلی و قلی تپه تمام روش‌ها روند معنی‌دار کاهشی تشخیص دادند

سطح ۰/۰۵ فقط برای دو ماه تیر و مهر روند وجود دارد در حالی که برای داده‌های روش MASH در ماه‌های آبان، آذر، بهمن، خرداد و تیر روند تشخیص داده شده است.

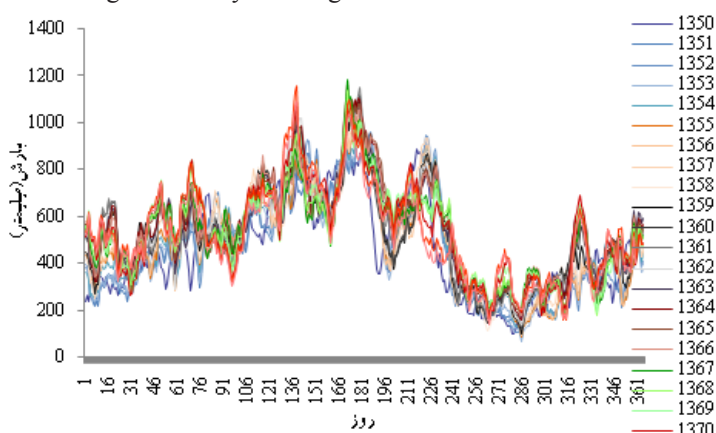
بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، روندهای سالانه و فصلی داده‌های دبی و بارش چهار ایستگاه قلی تپه، قزاقلی، رامیان و نوده خرمالو در حوزه آبخیز گرگان رود طی چهار دهه اخیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه نتایج روش‌های مختلف آزمون روند و شیب خط روند که با استفاده از آزمون برآوردگر سن محاسبه شد نشان می‌دهد روند



شکل ۳- دبی ماهانه ایستگاه نوده خرمالو

Fig 3. Monthly discharge of Nodehkhormaloo station



شکل ۴- بارش ماهانه ایستگاه نوده خرمالو

Fig 4. Monthly rainfall of Nodehkhormaloo station

استفاده از این روش به نتایج مشابهی دست یافتند. آنها نشان دادند روش‌های MK-VC، MK-BB و HERISH یک عملکرد بینابین دو روش TFPW و PW داشته است و دو روش TFPW و PW برای حالتی که داده‌ها از مدل اتورگرسیون (AR) 1 پیروی می‌کنند مناسب هستند. بنابراین این روش‌ها قادر نیستند در حالتی که مقادیر همبستگی مراتب بالاتر معنی‌دار هستند به خوبی اثر خودهمبستگی را از بین ببرند. سایر روش‌ها مثل MK-VC و MK-BB کمتر تحت تأثیر این مسأله قرار می‌گیرد (این مسأله را می‌توان برای داده‌های دبی ایستگاه قزاقلی و قلی‌تپه که در آنها مقادیر خودهمبستگی مراتب بالاتر معنی‌دار بوده است مشاهده کرد). در تحقیقات [۱۵ و ۲۰] روش‌های MK-VC و MK-BB عملکرد بهتری نسبت به دو روش MKPW و TFPW داشته‌اند و استفاده از این روش‌ها را برای بررسی روند پیشنهاد کرده‌اند.

نتایج تحقیق نشان داد در همه ایستگاه‌ها در حالت استفاده از داده‌های ماهانه دبی و بارش مقدار آماره من‌کنندال (Z) در روش HERISH در مقایسه با روش SEAS کاهش پیدا کرده است. با

و در دو ایستگاه دیگر برخی از روش‌ها روند معنی‌دار و برخی دیگر روند را معنی‌دار تشخیص ندادند.

برای ایستگاه نوده خرمالو تمام روش‌ها روند تغییرات بارندگی را معنی‌دار تشخیص دادند و در ایستگاه‌های دیگر روند معنی‌داری تشخیص داده نشده است. در اغلب ایستگاه‌ها روش PW مقادیر pvalu را بیشتر از روش‌های دیگر محاسبه کرده است. [۲۶ و ۸] بیان کردند که در نتیجه (پیش‌سفید کردن) شیب روند داده‌های اولیه تحت تأثیر قرار گرفته بنابراین در حالتی که روند شدید نباشد این روش قادر به تشخیص روند نمی‌باشد. [۲۴] بیان کردند این روش زمانی مناسب است که داده‌ها فاقد روند باشد. روش TFPW رفتار متناقضی داشته به طوری که در برخی از ایستگاه‌ها مقادیر pvalu آن از روش‌هایی که در آن خودهمبستگی در نظر گرفته نمی‌شود کمتر بوده است. در این روش مقادیر خودهمبستگی بعد از روندزدایی محاسبه می‌شود و در نتیجه این روش قادر نیست به خوبی خودهمبستگی را به دلیل تأثیر متقابل روند و خودهمبستگی حذف کرده و احتمال خطای نوع اول را کاهش دهد. [۱۵ و ۲۰ و ۳] در بررسی روند با

8. Fleming, S. and Clark, G. 2002. Autoregressive noise, deserialization, and trend detection and quantification in annual river discharge time series. *Canadian Water Resource Journal*. 27:335-354.

9. Hamed, Kh. 2007. Trend detection in hydrologic data: The Mann-Kendall trend test under the scaling hypothesis. *Journal of Hydrology*. 349:350-363.

10. Hamed, Kh. and Rao, R. 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*. 204:182-196.

11. Hamilton, J. Whitelaw, G. and Fenech, A. 2001. Mean annual temperature and annual precipitation trends at Canadian biosphere reserves. *Environmental Monitoring and Assessment*. 67:239-275.

12. Hirsch, R. and Slack, J. R. 1984. Non-parametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resource Research*. 20:727-732.

13. Hirsch, R. M. Slack, J. R. and Smith, R. A. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resource Research*. 18:107-121.

14. IPCC, 2007. *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Summary for Policymakers.*

15. Khaliq, M. N. Ouarda, T. Gachon, P. Sushama, L. and St-Hilaire, A. 2009. Identification of hydrological trends in the presence of serial and cross correlations: A review of selected methods and their application to annual flow regimes of Canadian rivers. *Journal of Hydrology*. 368:117-130.

16. Kendall, M. 1975. *Rank Correlation Methods*, Griffin, London.

17. Kundzewicz, Z. and Robson, A. 2000. *Detecting Trend and Other Changes in Hydrological Data. Word Climate program-Data and Monitoring. World Meteorological Organization, Geneva (WMO/TD-No. 1013).*

18. Kundzewicz, Z. and Robson, A. 2004. Change detection in hydrological records a review of the methodology. *Hydrological Science Journal*. 49:7-19.

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

توجه به تأثیر متقابل روند در ماه‌های مختلف اقدام به بررسی روند با استفاده از روش MASH برای داده‌های بارش و دبی ایستگاه نوده‌خرمالو در ماه‌های مختلف گردید. درشکل‌های سه و چهار با استفاده از این روش به دلیل هموار نمودن تغییرات آبی (که قادر است تغییرات فصلی و سالانه را در بررسی روند در نظر بگیرد) امکان بررسی روند را به صورت مشاهداتی فراهم می‌آورد. با بررسی روند با استفاده از این روش مشخص گردید در برخی ماه‌ها روند داده‌های دبی معنی‌دار و به صورت منفی بوده در حالی که روند داده‌های بارش افزایش را نشان می‌دهد. با توجه به این مسئله می‌توان دریافت که روند منفی مقادیر دبی در این ایستگاه در نتیجه فعالیت‌های انسانی بوده است و تغییرات بارش تأثیری نداشته است.

همان‌طور که انتظار می‌رفت در حالتی که مقدار خودهمبستگی پایین و در حد صفر باشد مدل‌های مختلف عملکرد شبیه به هم را داشته با افزایش مقدار خودهمبستگی تفاوت بین عملکرد مدل‌های مختلف بیشتر شده است. [۳] بیان کرد هر مقدار شیب روند و همچنین طول دوره آماری بیشتر گردد عملکرد روش TFPW بهتر می‌گردد. نتایج این تحقیق نشان داد بهتر است از روش PW استفاده نگردد. [۲۶ و ۸ و ۱۵ و ۲] نیز نتایج مشابهی در مورد استفاده از روش PW به دست آوردند.

منابع:

1. Abdul Aziz, O. and Burn, D. 2006. Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin. *Journal of Hydrology*. 319:282-294.

2. Anghileri, D. Pianosi, F. and Soncini-Sessa, R. 2014. Trend detection in seasonal data: from hydrology to water resources. *Journal of Hydrology*. 511:171-179

3. Blain, G. 2014. Removing the influence of the serial correlation on the Mann-Kendall. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 29:161-170.

4. Burn, D. and Hag Elnur, M. 2002. Detection of hydrological trends and variability. *Journal of Hydrology*. 255:107-122.

5. Cox, D. and Stuart, A. 1995. Some quick sign tests for trend in location and dispersion. *Biometrika*. 42:80-95.

6. Douglas, E. Vogel, R. and Kroll, Ch. 2000. Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation. *Journal of Hydrology*. 240:90-105.

7. Fang Sang, Y. Wang, Z. and Liu, CH. 2014. Comparison of the MK test and EMD method for trend identification in hydrological time Series. *Journal of Hydrology*. 510:293-298.

24. Yue, Sh. and Wang, Ch. 2004. The Mann-Kendall Test Modified by Effective Sample Size to Detect Trend in Serially Correlated Hydrological Series. *Water Resources Management*. 18:201–218.
25. Yu, Sh. Zou, Sh. and Whittemore, D. 1993. Non-parametric trend analysis of water quality data of river in Kansas. *Journal of Hydrology*. 150:61–80.
26. Yue, Sh. Pilon, P. Phinney, B. and Cavadias, G. 2002b. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrological Processes*. 16:1807–1829.
20. Onoz, B. and Bayazit, M. 2011. Block bootstrap for Mann-Kendall trend test of serially dependent data. *Hydrological Processes*. 26:3552-3560.
21. Sen, P. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's τ_a . *Journal of American Statistical Association*. 63:1379–1389.
22. Theil, H. 1950a. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. *Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen*. 53:386-392.
23. VonStorch, H. 1995. Misuses of statistical analysis in climate research. in H. V. Storch and A. Navarra (eds), *Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques*. Springer-Verlag Berlin. 11–26.

*Abstract***Study of Mann-Kendall Test Performance in Detecting the Series of Autocorrelation**M. Bagherpoor¹, S. M. Seyedian², A. H. Fathabadi³ and A. Mohamadi⁴

Received: 2015/09/21 Accepted: 2017/02/11

In the last few years trend identification is an important issue in hydrological time series analysis. It is also a difficult task due to the variety of models and the impact of climate change on river flow regime. In this study, the trend of annual and seasonal rainfall and river flow was studied in four stations, Nodehkhormaloo, Ramian, ghazaghly and Gholitapeh in the Gorganroud basin of Golestan province. According to available information trend was investigated at different time scales in these stations. In this study Statistical test MK, MK-PW, TFPW, MK-VC, MK-BB, SEAS and HERISH was used to assess the trend of seasonal and annual rainfall and river flow. The results showed that in half of stations discharge has a significant trend and in other stations some tests identified significant trend for discharge. In 75% of stations the rainfall trend was not significant and in 25% of the stations significant trends was revealed. In all stations ascending trend of rainfall and descending trend of discharge was identified. To further study relationship between climate and hydrological parameters, rainfall and river flow in Nodehkhandooz station was studied using MASH approach in different months. The results indicate that in some month's significant decreasing trend of river flow and significant increasing trend of rainfall was identified. With respect to these results, it can conclude that human activities such as changes in land use and land cover caused decreasing trend in discharge.

Keywords: Mann-Kendall, Trend analysis, Statistical tests, Gorganroud.

1- M. Sc. Dept. of watershed management, Gonbad-e-Kavouse University of Natural Resources and Agricultural Science, Iran,
2- Assistant Prof., Dept. of watershed management, Gonbad-e-Kavouse University of Natural Resources and Agricultural Science, Iran, Corresponding Author, Email: seyedian@gonbad.ac.ir
3- Assistant Prof., Dept. of watershed management, Gonbad-e-Kavouse University of Natural Resources and Agricultural Science, Iran,
4- Assistant Prof., Dept. of watershed management, Gonbad-e-Kavouse University of Natural Resources and Agricultural Science, Iran,