



## اثرات حذف اثر خودهمبستگی بر تحلیل روند متغیرهای هیدرو اقلیمی (مطالعه موردی استان فارس)

حمیدرضا قره چایی<sup>1</sup>، علی سلاجقه<sup>2</sup>، مرجان نورالهی<sup>3</sup>، حسن خسروی<sup>4\*</sup>

1. دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
  2. استاد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
  3. کارشناسی ارشد مدیریت بیابان، دانشگاه شیراز
  4. استادیار، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- \* نویسنده مسئول: [hakhosravi@ut.ac.ir](mailto:hakhosravi@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: 1394/5/25 تاریخ پذیرش: 1394/12/25

### چکیده

یکی از تحلیل روند و شناخت نوسانات تاریخی در سامانه اقلیمی یکی از مهمترین نیازمندی‌ها در تحقیقات پیرامون تغییرات اقلیمی می‌باشد. جهت بررسی روند روش‌های مختلف پارامتریک و ناپارامتریک وجود دارد. در این میان روش ناپارامتریک من‌کندال کاربرد گسترده در بررسی روند سری‌های هیدرولوژیکی دارد. اما وجود خودهمبستگی در سری‌های هیدرولوژیکی باعث می‌شود تا احتمال وقوع خطای نوع اول افزایش پیدا کند. در این پژوهش به منظور بررسی تاثیر حذف اثر خود همبستگی ابتدا روند سری‌های زمانی بدون رفع اثر خودهمبستگی و سپس با اعمال روش پیش سفید کردن بدون روند (*TFPW*) و حذف اثر خودهمبستگی مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که با حذف کردن اثر خودهمبستگی از تعداد ایستگاه‌هایی که دارای روند منفی معنی‌دار بودند کاسته شد. به طوری که در مقیاس سالیانه و ماهیانه هیچ کدام از داده‌های بارش موجود در 22 ایستگاه باران‌سنجی در سطح اطمینان 95% معنی‌دار نشدند. بنابراین آنچه آشکار گردید جهت بررسی روند داده‌های هیدروکلیماتولوژی بایستی اثر خود همبستگی از سری‌های زمانی حذف گردد تا منجر به ارائه نتایج صحیح و قابل اعتماد گردد.

**واژگان کلیدی:** تحلیل روند؛ آزمون من-کندال؛ خودهمبستگی؛ روش *TFPW*؛ استان فارس

### مقدمه

این زمینه در سراسر جهان انجام شده است. از این رو، در سالیان اخیر مطالعات متعددی در زمینه تحلیل روند متغیرهای هیدروکلیماتیک در سراسر جهان صورت پذیرفته است که نشان از اهمیت بالای این مطالعات دارد. از آنجایی که روش‌های ناپارامتریک تعیین روند به مقادیر داده‌های پرت، داده‌های گم شده و فرض نرمال بودن داده‌ها کمتر حساس بوده و همچنین در این روش‌های

بیشتر پروژه‌های منابع آب بر پایه الگوهای تاریخی، کیفیت و تقاضای آن که تحت تاثیر رفتارهای اقلیمی قرار دارند طراحی برنامه ریزی و اجرا می‌شوند. بر این اساس بررسی شرایط حال حاضر و تغییرات احتمالی در الگوهای تاریخی اقلیمی و اثراتی که آنها بر منابع آب دارند ضروری به نظر می‌رسد. در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای در

در تعداد کمی از ایستگاه‌ها معنی‌دار است در حالی که در مورد جریان‌های حداقل و سیل این تعداد بالاتر است. *Sheikh & Bahremand (2010)* روند بارش و جریان رودخانه را در حوزه رودخانه اترک مورد بررسی قرار دادند، نتایج آن‌ها نشان داد که روند جریان فصلی در فصول مختلف برای بیشتر ایستگاه‌ها نزولی و معنی‌دار بوده است. روند تغییرات زمانی سطح ایستابی آب‌های زیر زمینی آبخوان دشت آسپاس طی سال‌های (1382-1388) توسط چوبین و همکاران (1392) مورد بررسی قرار گرفت، نتایج آن‌ها نشان داد که نزدیک به 83 درصد ایستگاه‌ها داری روند معنی‌دار هستند. در کانادا *Abdul Aziz, 2006* در آمریکا *(Martinez et al., 2013)* در ایتالیا *(Coscarelli & Caloiero, 2012)*، در هندوستان *(Gocic & Duhan & Pandey, 2013)*، در صربستان *(Trajkovic, 2013)*، در اتیوپی *(Tekleab et al., 2013)*، در ایران *(Tabari & Hosseinzadeh Talae, 2011; Shifteh Some'e et al., 2012; Hosseinzadeh et al., 2013)* هر یک به نوعی با استفاده از آزمون من-کندال به همراه دیگر آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری روند متغیرهای هیدروکلیماتیک را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. با توجه به مرور منابع پیشین جهت بررسی روند روش‌های مختلف پارامتریک و ناپارامتریک وجود دارد. در این میان روش ناپارامتریک من کندال کاربردی گسترده در بررسی روند سری‌های هیدرولوژیکی دارد. اما آنچه در برخی منابع ذکر گردیده وجود خودهمبستگی در سری‌های هیدروکلیماتولوژیک باعث می‌شود تا احتمال وقوع خطای نوع اول افزایش پیدا کند. در این پژوهش سعی بر آن شد تا اثر حذف اثر خودهمبستگی بر روی داده‌ها اعمال گردد تا بدین طریق میزان اهمیت حذف اثر خودهمبستگی بر روی سری زمانی داده‌های هیدروکلیماتیک مورد بررسی قرار گیرد.

#### n مواد و روش‌ها

توصیف مجموعه داده‌های مورد استفاده داده‌های ماهانه 22 ایستگاه بارانسنجی، 12 ایستگاه آبنجی و 10 ایستگاه تبخیرسنجی استان فارس با دوره آماری 40 ساله (1351-1391) از سازمان آب منطقه‌ای استان فارس

نیازی به تعیین خطی یا غیرخطی بودن روند نیست لذا روش‌های ناپارامتریک همچون تست من کندال در طی سال‌های اخیر استفاده گسترده‌ای در تعیین روند سری‌های هیدرولوژیکی داشته است. سبزی پرور و شادمانی (1390)، روند زمانی پارامتر تبخیر و تعرق مرجع در مناطق خشک ایران مورد بررسی قرار دادند. آنها جهت کاهش اثر همبستگی متوالی بر نتایج آزمون‌ها، از روش *TFPW* استفاده کردند. نتایج آن‌ها در مقیاس سالانه نشان داد که ایستگاه مشهد بیشترین مقدار روند افزایشی تبخیر تعرق مرجع را با شیب  $7/50$  میلی‌متر در سال و ایستگاه اصفهان با شیب کاهشی  $-6/38$  میلی‌متر در سال بیشترین روند نزولی را از خود نشان داد. مقدم نیا و همکاران (1391)، روند تغییرات در مقادیر حداکثر بارش 24 ساعته و میانگین بارندگی سالانه استان مازندران را با استفاده از آزمون من-کندال منطقه‌ای در یک دوره آماری 30 مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آن‌ها برای رفع اثرات همبستگی متوالی بر آزمون من-کندال، و همچنین اثر خود همبستگی در سری‌های زمانی از روش *TFPW* استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که میانگین بارش سالانه کل استان مازندران دارای روند صعودی در سطح معنی‌داری 1% بوده است. *Gocic & Trajkovic (2013)* روند سالانه و فصلی هفت متغیر هواشناسی در کشور صربستان را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند، آن‌ها ابتدا با استفاده از روش *TFPW* اثر خودهمبستگی و همبستگی متوالی سری زمانی داده‌های مورد استفاده را به حداقل رساندند سپس با استفاده از آزمون من-کندال و شیب تخمین‌گر سن روند داده‌ها را مورد بررسی قرار دادند. *Buffoni et al. (1999)* بارش سالانه و فصلی 32 ایستگاه در دوره 1833-1996 مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که روند بارش در سراسر ایتالیا کاهشی بوده اما این کاهش تنها در جنوب مرکزی ایتالیا معنی‌دار و در مقیاس فصلی تنها در فصل بهار در قسمت جنوب مرکزی و در فصل پاییز برای قسمت شمالی بارش روند منفی معنی‌دار از خود نشان داد. دودانگه و همکاران (1390) روند مقادیر حدی جریان در حوضه آبخیز سد سفید رود را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که روند مجموع بارش سالانه و بارش حداکثر 24 ساعته

که در این رابطه  $m$  تعداد دسته‌ها با داده‌های گره‌دار و  $t_i$  تعداد داده‌ها گره‌دار در هر دسته  $m$  می‌باشد. چنانچه  $z$  محاسباتی بزرگتر از  $z$  جدول توزیع نرمال استاندارد با سطح اطمینان مورد نظر 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 خود همبستگی نیز می‌باشند هریش و همکاران (1984) اصلاحاتی بر روی تست من کندال انجام دادند. در این روش در ابتدا مقادیر آماره  $S$  برای هر فصل محاسبه شده و در نهایت نتایج مربوط به فصل‌های مختلف با هم جمع می‌شوند (رابطه 4).

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

در این رابطه  $S_j$  مقادیر  $S$  برای فصل  $j$  می‌باشد. در حالتی که سری زمانی فاقد خود همبستگی باشد واریانس  $S'$  از رابطه (5) محاسبه می‌شود. و در حالتی که داده‌های ماهیانه دارای خود همبستگی باشند واریانس  $S'$  با استفاده از رابطه (6) تعیین می‌شود.

$$S_s'^2 = \sum_{j=1}^p \text{Var}(S_j) \quad (5)$$

$$S_s'^2 = \sum_{j=1}^p \text{Var}(S_j) + \sum_{g=1}^{p-1} \sum_{h=g+1}^p S_{gh} \quad (6)$$

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

$$\hat{S}_{gh} = \frac{1}{3} \left[ K_{gh} + 4 \sum_{i=1}^n R_{ig} R_{ih} - n(n+I)^2 \right] \quad (8)$$

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

جمع‌آوری و استفاده قرار گرفت. از آنجا که قبل از هرگونه تحلیل هیدرولوژیکی اطمینان از صحت و کیفیت داده‌ها امری ضروری است، سعی بر آن شد ایستگاه‌هایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند که از طول دوره آماری مشترک برخوردار باشند. فاقد داده مفقود یا اشتباه باشند حتی الامکان از نظر پراکنش جغرافیایی و اقلیمی سراسر استان فارس را پوشش دهند.

### روش‌های مورد استفاده

در این مطالعه روند تغییرات سری‌های زمانی ماهانه و سالیانه بارش، دبی و تبخیر در هر یک از ایستگاه‌ها با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال مورد بررسی قرار گرفت، بدین صورت که ابتدا سری‌های زمانی بدون رفع اثر خودهمبستگی مورد تحلیل قرار گرفتند و سپس با استفاده از روش Yue et al. (2002) اثر خود همبستگی از سری‌های زمانی حذف شد، نتایج حاصله از دو روش مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند که در ذیل شرح داده می‌شوند.

### من کندال

آزمون من کندال توسط من (1945) و کندال (1975) ارائه شد. در این تست تحت فرض  $H_0$  داده‌ها از سری که مستقل و دارای توزیع یکسان می‌باشند گرفته شده‌اند. تست من کندال به صورت روابط زیر است. آماره  $S$  آزمون من-کندال (Kendall, 1975 & Mann, 1945) از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد؛

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

$$S_s^2 = \frac{1}{18} \left[ N(N-1)(2N+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t+5) \right] \quad (2)$$

$$z = \begin{cases} (s-1)/S_s, & \text{if } s > 0 \\ 0, & \text{if } s = 0 \\ (s+1)/S_s, & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (3)$$

2- مقدار خودهمبستگی مرتبه اول  $X'_t$  محاسبه شده و سپس مقدار ضریب خودهمبستگی مرتبه اول  $AR(1)$  از داده‌ها حذف می‌شود (رابطه 14). که این روش حذف خودهمبستگی بعد از حذف روند به عنوان روش پیش سفید کردن بدون روند می‌باشد.

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

3- در این گام مقادیر روند حذف شده در گام اول با مقادیر باقیمانده جمع می‌شود.

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

4- تست من کندال بر روی سری  $Y_t$  اعمال می‌شود.

### n نتایج

در این تحقیق کارایی روش‌های ذکر شده بالا در تعیین روند داده‌های بارش دبی و تبخیر مورد بررسی قرار گرفت.

### الف - بارش

به‌طورکلی نتایج تحلیل روند بارش در مقیاس ماهانه نشان داد که در دی ماه تنها ایستگاه خفر با آماره‌ی  $z$  برابر با  $-1/98$ ، در اسفند ماه ایستگاه‌های دشتبال ( $-2/06$ )، جمال بیگ ( $-2/06$ )، خفر ( $-2/08$ ) و چیتی ( $-1/181$ )، در اردیبهشت ماه ایستگاه شیراز ( $-2/07$ )، و در تیرماه ایستگاه پل‌خان ( $-2/73$ ) و تنگ کارزین ( $-2/62$ ) دارای روند منفی معنی‌دار در سطح 95% می‌باشند. در مقیاس سالیانه بارش تنها ایستگاه تنگاب با ( $-2/03$ ) روند منفی معنی‌دار در سطح 95% از خود نشان داد (جدول 1).

در این رابطه‌ها  $R_{ij}$  مرتبه هر یک از داده‌ها و  $n$  تعداد داده‌های هر ماه می‌باشند. در نهایت با استفاده از رابطه (10) مقدار آماره من کندال اصلاحی به‌دست می‌آید. هریش و همکاران (1984) پیشنهاد دادند این روش برای موقعی که مقدار خودهمبستگی مرتبه اول کمتر از  $0/6$  است و برای داده‌های دارای خودهمبستگی استفاده شود در صورتی که داده‌ها فاقد خودهمبستگی باشد روش معمولی هریش و همکاران (1982) عملکرد بهتری دارد.

$$z' = \begin{cases} (S' - 1)/s_s, & \text{if } \cdot S' > 0 \\ 0, & \text{if } \cdot S' = 0 \\ (S' + 1)/s_s, & \text{if } \cdot S' < 0 \end{cases} \quad (10)$$

برای حذف تاثیر خودهمبستگی در سری‌های سالیانه روش *pre-whitened* به‌صورت رابطه (11) توسط ون استروچ (1995) ارائه شد.

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

در این رابطه  $r_t$  مقادیر خودهمبستگی در تاخیر اول و  $X_t$  داده مشاهداتی در زمان  $t$  است. در گام بعدی تست من کندال بر روی مقادیر باقیمانده های ( $Y_t$ ) صورت می‌گیرد. یو و همکاران (2002) برای حذف تاثیر خودهمبستگی بر روی داده‌های سالیانه الگوریتم چند مرحله زیر را ارائه دادند. 1- با استفاده از روش TSA (تیل 1950 و سن 1968) (رابطه 12) شیب روند در سری داده‌ها تخمین زده می‌شود. سپس روند با استفاده از رابطه (13) از بین می‌رود.

$$b = \text{Median} \left( \frac{X_j - X_l}{j - l} \right) \quad (12)$$

$$X'_t = X_t - T_t = X_t - bt \quad (13)$$

جدول 1- نتایج تحلیل روند من کندال بدون حذف اثر خودهمبستگی 22 ایستگاه بارش استان فارس

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	میانگین سالانه
چوبخله	-0/050	0/66	-0/57	-0/72	0/79	-1/22	0/17	-1/79	0/044	0/104	-0/157	0/047	0/13
چمریز	-0/126	0/35	0/12	-1/17	-0/90	-1/74	-0/38	-1/52	-0/104	-0/027	-0/275	0/201	-1/36
رامجرد	-0/006	0/35	1/12	-1/14	-0/31	-1/60	-1/10	-0/68	0/172	-0/042	-0/216	0/099	-0/30
دشتبال	-0/017	0/31	-0/51	-0/45	0/78	*-2/06	0/01	-1/44	0/020	0/053	-0/114	0/069	-0/42
ارسنجان	0/007	-0/21	0/02	-0/69	0/000	-0/91	-0/64	-0/91	0/085	0/079	0/042	-0/041	-0/47
جمالیگ	-0/017	0/31	-0/51	-0/45	0/78	*-2/06	0/01	-1/44	0/020	0/053	-0/114	0/069	-0/42
سراب	0/037	0/21	0/31	-1/41	-0/30	-0/80	0/05	-1/76	0/067	0/000	0/208	0/000	-0/54
خرامه	-0/024	-0/25	-0/26	-1/14	-0/66	-1/92	-0/09	-1/03	-0/027	0/060	-0/141	0/074	-1/92
پل خان	-0/068	0/000	0/10	-0/34	0/20	-0/84	-0/12	-1/68	0/000	*-0/27	-0/105	-0/121	-0/06
شیراز	0/036	0/10	0/36	-0/90	0/34	-0/97	-0/37	*-2/07	0/107	-0/056	-0/141	-0/056	-0/59
دوبنه	-0/044	0/01	0/23	-0/97	-0/27	-1/07	-0/02	-1/07	0/146	0/018	-0/140	0/232	-0/77
بند بهمن	-0/032	-0/40	-0/05	-1/06	-0/31	-0/85	0/51	-1/80	-0/060	-0/144	-0/158	-0/186	-1/10
خفر	-0/018	0/62	0/40	*-1/9	-1/96	*-2/08	-0/28	-1/00	0/184	-0/213	-0/041	0/216	-1/61
کارزین	0/14	0/18	0/64	0/000	-1/35	-0/63	0/33	0/17	0/078	*-0/26	-0/082	-0/062	-0/72
تنگاب	-0/081	0/42	-0/14	-0/80	-1/19	-1/77	-0/99	-1/29	-0/158	0/012	-0/204	0/067	*-2/03
گوزون	-0/023	1/06	0/68	-0/68	-1/31	-1/60	0/08	-1/14	0/096	0/026	-0/066	0/097	-1/67
گوسنگان	-0/218	-0/85	0/95	-0/71	-1/06	-1/37	0/50	0/45	0/004	0/215	0/264	0/183	-1/27
مل قاندى	-0/067	-0/30	-0/10	-1/17	-0/92	-1/20	-0/98	-1/16	-0/141	-0/047	-0/038	0/134	-1/86
چیتی	-0/163	-0/10	-1/03	-0/72	-0/17	*-1/81	-1/54	-1/94	0/006	-0/017	-0/120	-0/090	-1/44
درب قلعه	-0/010	0/55	-0/94	-0/44	0/000	-2/11	-1/35	-1/37	0/207	0/104	0/220	0/187	-0/70
شهید	0/035	0/58	-0/28	-0/56	1/56	-1/14	0/45	-1/69	-0/174	-0/123	0/000	0/063	0/43
منج	-0/028	1/23	0/87	0/22	0/46	0/53	0/43	-1/04	0/096	0/21	0/177	0/203	1/19

ب- دبی

نتایج آزمون من-کندال در مقیاس ماهیانه نشان داد که در ماه مهر تمامی ایستگاه‌های آب‌سنجی (به جزء ایستگاه‌های چمریز، تنگ کارزین و تنگاب) دارای روند معنی‌دار در سطح 95% بوده‌اند. هم‌چنین، در آبان ماه تنها ایستگاه‌های دشتبال و بند بهمن فاقد روند معنی‌دار هستند. در ماه آذر تنها ایستگاه پل خان ( $z = -2/37$ ) دارای روند معنی‌دار است. در دی ماه ایستگاه‌های پل خان ( $z = -2/7$ )، تنگ کارزین ( $z = -2/2$ ) و گوزون ( $z = -2$ ) در بهمن ماه ایستگاه‌های پل خان ( $z = -2/48$ )، تنگ کارزین ( $z = -2/37$ )، در اسفند ماه ایستگاه‌های تنگ کارزین ( $z = -2/11$ )، تنگاب ( $z = -2/91$ )، گوزون ( $z = -2/65$ ) و چیتی ( $z = -2/18$ )، در ماه فروردین ایستگاه‌های تنگ کارزین ( $z = -2/09$ )، تنگاب

( $z = -2/26$ )، گوزون ( $z = -2/31$ )، در اردیبهشت ماه ایستگاه‌های چمریز ( $z = -2/18$ )، خفر ( $z = -2/14$ )، تنگاب ( $z = -2/46$ )، گوزون ( $z = -2/96$ ) و چیتی ( $z = -2/99$ )، در خرداد ماه تمام ایستگاه‌ها به جزء ایستگاه‌های پل خان و تنگ کارزین، در تیرماه نیز تمام ایستگاه‌ها به جزء ایستگاه‌های چمریز، پل خان، تنگ کارزین و تنگاب، در مرداد ماه نیز در تمام ایستگاه‌ها به جزء ایستگاه‌های چمریز، پل خان، تنگ کارزین و در شهریور ماه در تمام ایستگاه‌ها به جزء ایستگاه‌های پل خان و تنگ کارزین در سطح 95% دارای روند منفی معنی‌دار می‌باشد. در مقیاس سالیانه ایستگاه‌های پل خان ( $z = -2/27$ )، تنگ کارزین ( $z = -2/03$ )، تنگاب ( $z = -2/02$ ) و گوزون ( $z = -2/68$ ) دارای روند منفی معنی‌دار در سطح 95% می‌باشد.

## جدول 2- نتایج تحلیل روند من کندال بدون حذف اثر خودهمبستگی 12 ایستگاه آب‌سنجی استان فارس

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالیانه
چمریز	-1/75	*-2/07	-1/37	-0/66	-0/22	-1/34	-1/32	*-2/18	*-2/28	-0/82	-1/15	*-2/55	-1/43
پل‌خان	*-2/56	*-3/95	*-2/37	*-2/70	*-2/48	-1/41	-1/50	-0/36	-0/31	-0/56	-0/80	-1/78	*-2/27
دشتیال	*-2/38	-0/59	-0/69	-1/07	-0/01	-0/50	-0/97	-0/77	*-2/09	*-2/59	*-2/94	*-2/96	-0/66
بندبهمن	*-2/65	-1/62	-1/31	-1/33	-0/97	-1/21	-1/06	-1/85	*-3/71	*-3/53	*-4/01	*-3/48	-1/46
خفر	*-3/66	*-2/87	-1/09	-0/47	0/26	-1/04	-0/87	*-2/14	*-2/56	*-3/89	*-3/25	*-3/48	-0/45
تنگ کارزین	*-0/76	*-2/24	-1/69	*-2/20	*-2/37	*-2/11	*-2/09	-1/27	0/03	-1/21	-0/80	-0/27	-2/03
تنگاب	-1/84	*-3/10	-1/42	-1/75	-1/84	*-2/91	*-2/26	*-2/46	*-2/32	-1/34	*-3/05	*-3/03	*-2/02
گوسنگان	*-3/02	*-2/69	-1/13	-1/20	-0/22	-1/06	-0/43	-1/41	*-2/77	*-3/23	*-2/81	*-2/46	-1/36
گراب	*-2/91	*-3/05	-0/71	-0/66	-0/28	-1/21	-1/07	-1/72	-1/98	*-2/40	*-3/74	*-2/94	-0/92
گوزون	*-3/88	*-3/32	-1/95	*-2/00	-1/69	*-2/65	*-2/31	*-2/96	*-2/95	*-3/59	*-3/08	*-3/15	*-2/68
چیتی	*-3/89	*-3/02	-0/57	-1/07	-1/35	*-2/18	-0/70	*-2/99	*-3/42	*-3/46	*-3/42	*-3/86	-1/60
منج	*-3/21	*-2/53	-1/62	-1/77	-1/77	-1/35	-0/28	-1/20	*-2/64	*-2/87	*-3/02	*-3/16	-1/28

## ج- تبخیر

مهرآباد رامجرد، در اردیبهشت ماه ایستگاه دوبنه، رامجرد و سروو، در خرداد ماه ایستگاه‌های باباعرب، دوبنه، قلات، رامجرد و سروو، در تیرماه ایستگاه‌های باباعرب، چمریز، دوبنه، قلات، رامجرد و سروو، در مرداد ماه ایستگاه‌های باباعرب، چمریز، دوبنه، قلات، رونیز و سروو و در شهریور ماه تمام ایستگاه‌ها (به جز بند بهمن، درب قلعه و جهان آباد) دارای روند معنی‌دار در سطح 95% می‌باشند (جدول 3). در تحلیل روند سالیانه تنها ایستگاه‌های بابا عرب، بندبهمن، درب قلعه و جهان آباد فاقد روند معنی‌دار در سطح 95% بوده‌اند (جدول 3).

نتایج تحلیل روند من-کندال بدون حذف اثر خودهمبستگی 10 ایستگاه تبخیرسنجی استان فارس در جدول 3 ارائه شده است. همانطور که مشخص است، در مهرماه ایستگاه‌های بندبهمن و جهان آباد فاقد روند معنی‌دار در سطح 95% می‌باشند. در آبان ماه ایستگاه‌های دوبنه، رامجرد، رونیز و سروو، در آذرماه چمریز، دوبنه، قلات و رونیز، در دی ماه ایستگاه رونیز و دوبنه، در بهمن ماه ایستگاه‌های دوبنه، مهرآباد رامجرد و رونیز، در اسفند ماه ایستگاه رامجرد، در فروردین ماه ایستگاه دوبنه و

## جدول 3- نتایج تحلیل روند من-کندال بدون حذف اثر خودهمبستگی 10 ایستگاه تبخیرسنجی استان فارس

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
باباعرب	*-0/289	-0/180	-0/064	-0/027	-0/105	-0/012	-0/199	-0/176	*-0/241	*-0/248	*-0/271	*-0/260	-0/234
بندبهمن	0/068	0/095	0/045	0/185	0/069	-0/151	-0/087	0/013	-0/194	-0/194	-0/099	-0/012	0/000
چمریز	*-0/230	-0/172	*-0/235	-0/005	-0/058	0/015	-0/200	-0/081	-0/018	*-0/315	*-0/397	*-0/417	*-0/308
دوبنه	*-0/498	*-0/455	*-0/500	*-0/311	*-0/37	-0/197	*-0/441	*-0/267	*-0/408	*-0/491	*-0/533	*-0/603	*-0/575
درب‌قلعه	*-0/353	0/101	-0/092	0/004	-0/002	0/078	-0/217	0/153	0/067	-0/034	0/131	-0/011	0/058
قلات	*-0/266	-0/197	*-0/267	0/005	0/133	0/062	-0/112	-0/169	*-0/503	*-0/626	*-0/488	*-0/331	*-0/492
جهان‌آباد	-0/176	-0/017	-0/122	-0/146	-0/162	0/030	-0/013	0/040	-0/017	-0/159	-0/081	-0/124	-0/054
رامجرد	0/228	0/272	-0/144	0/001	0/345	0/497	0/387	0/476	0/326	0/246	0/151	0/321	*-0/254
رونیز	*-0/248	*-0/414	*-0/373	*-0/363	*-0/22	-0/063	-0/135	0/021	-0/065	-0/173	*-0/245	*-0/254	*-0/238
سروو	*-0/560	*-0/260	-0/002	0/133	0/118	0/174	0/267	0/445	0/366	0/432	0/471	0/449	0/271

## الف- بارش

با حذف اثر خودهمبستگی در مقیاس سالیانه و ماهیانه هیچ کدام از داده‌های بارش موجود در 22 ایستگاه باران‌سنجی در سطح اطمینان 95% معنی‌دار نشدند.

نتایج تحلیل روند سری‌های زمانی بارش، دبی و تبخیر با استفاده از من-کندال با حذف اثر خودهمبستگی به شرح ذیل می‌باشد؛

جدول 4- نتایج تحلیل روند من-کندال با حذف اثر خودهمبستگی 22 ایستگاه باران‌سنجی استان فارس

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
چوپخانه	-0/050	0/076	-0/064	-0/081	0/089	-0/136	0/021	-0/203	0/044	0/104	-0/157	0/047	0/015
چمریز	-0/126	0/042	0/014	-0/130	-0/100	-0/192	-0/044	-0/172	-0/104	-0/027	-0/275	0/201	-0/151
رامجرد	-0/006	0/041	0/124	-0/127	-0/036	-0/177	-0/122	-0/078	0/172	-0/042	-0/216	0/099	-0/035
دشتبال	-0/017	0/037	-0/058	-0/051	0/087	-0/228	0/003	-0/164	0/020	0/053	-0/114	0/069	-0/048
ارسنجان	0/007	-0/077	0/004	-0/025	0/001	-0/102	-0/072	-0/105	0/085	-0/079	0/042	-0/041	-0/097
جمال بیگ	-0/017	0/037	-0/058	-0/051	0/087	-0/228	0/003	-0/164	0/020	0/053	-0/114	0/069	-0/047
سراب	0/037	0/025	0/036	-0/157	-0/035	-0/090	0/006	-0/208	0/067	0/000	-0/208	0/000	-0/060
خرامه	-0/024	-0/031	-0/030	-0/127	-0/075	-0/215	-0/012	-0/121	-0/027	0/060	-0/141	0/074	-0/023
پل خان	-0/068	-0/001	0/013	-0/038	0/023	-0/094	-0/014	-0/195	0/000	-0/273	-0/105	-0/121	-0/008
شیراز	0/036	0/013	0/041	-0/100	0/038	-0/108	-0/042	-0/236	0/107	-0/056	-0/142	-0/056	-0/067
دوبنه	-0/044	0/003	0/027	-0/108	-0/031	-0/120	-0/004	-0/126	0/146	0/018	-0/140	0/232	-0/086
بندبهم	-0/032	-0/048	-0/006	-0/118	-0/036	-0/096	0/058	-0/209	-0/060	-0/114	-0/158	-0/186	-0/122
خفر	-0/018	0/075	0/045	-0/220	-0/217	-0/231	-0/032	-0/119	0/184	-0/213	-0/041	0/216	-0/178
تنگ کارزین	0/117	0/023	0/075	0/001	-0/154	-0/073	-0/039	0/022	-0/066	-0/261	-0/043	-0/025	-0/083
تنگاب	-0/081	0/050	-0/017	-0/090	-0/132	-0/196	-0/111	-0/148	-0/158	0/012	-0/204	0/067	-0/225
گوزون	-0/007	0/127	0/078	-0/077	-0/147	-0/180	0/011	-0/132	0/120	0/048	-0/039	0/121	-0/188
گوسنگان	-0/141	-0/107	-0/014	-0/143	-0/133	-0/147	-0/120	-0/147	-0/169	-0/147	0/178	-0/078	-0/155
مل قلندی	-0/067	-0/035	-0/114	-0/081	-0/021	-0/200	-0/171	-0/226	-0/143	-0/047	-0/038	0/134	-0/207
چیتی	-0/088	-0/088	-0/152	-0/104	-0/064	-0/250	-0/097	-0/064	0/042	0/014	-0/112	-0/173	-0/250
درب قلعه	0/005	0/069	0/108	-0/081	-0/120	-0/154	0/057	0/054	0/233	0/135	0/262	0/216	-0/080
شهید	0/035	0/068	-0/032	-0/063	0/173	-0/127	0/051	-0/194	-0/174	-0/123	0	0/063	0/049
منج	-0/028	0/171	0/116	0/030	0/061	0/070	0/057	-0/142	0/096	0/210	0/177	0/203	0/153

### ب- دی

نتایج آزمون من-کندال در مقیاس ماهیانه نشان داد که در ماه مهر تمامی ایستگاه‌های آب‌سنجی (به‌جز ایستگاه‌های چمریز، پل خان، دشتبال، بند بهمن، تنگ کارزین و تنگاب) دارای روند معنی‌دار در سطح 95% بوده‌اند. هم‌چنین، در آبان ماه تنها ایستگاه‌های چمریز، دشتبال، بند بهمن، تنگ کارزین، گوسنگان و منج فاقد روند معنی‌دار هستند. در ماه آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین هیچ کدام یک از ایستگاه‌ها دارای روند معنی‌دار در سطح 95% نبوده‌اند. در اردیبهشت ماه تنها ایستگاه‌های گوزون ( $z = -0/364$ ) و چیتی ( $z = -0/367$ )، در خرداد ماه ایستگاه‌های بند بهمن ( $z = -0/409$ )، گوزون ( $z = -0/363$ ) و چیتی ( $z = -0/420$ )، در تیرماه نیز ایستگاه‌های بند بهمن ( $z = -0/390$ )، علی آباد خفر ( $z = -0/441$ )، گوسنگان ( $z = -0/356$ )، گوزون ( $z = -0/446$ ) و چیتی ( $z = -0/424$ )، در مرداد ماه نیز در تمام

ایستگاه‌ها به جزء ایستگاه‌های چمریز، پل خان، تنگ کارزین و گوسنگان و در شهریور ماه در تمام ایستگاه‌ها به جزء ایستگاه‌های چمریز، پل خان و تنگ کارزین، تنگاب و گوسنگان در سطح 95% دارای روند منفی معنی‌دار می‌باشد. در مقیاس سالیانه هیچ کدام یک از ایستگاه‌های آب‌سنجی دارای روند معنی‌دار در سطح 95% نمی‌باشد.

### ج- تبخیر

نتایج تحلیل روند من-کندال با حذف اثر خودهمبستگی 10 ایستگاه تبخیرسنجی استان فارس در جدول 6 ارائه شده است. همانطور که مشخص است، در مهرماه ایستگاه‌های دوبنه و سروو، در آبان و آذر ماه ایستگاه دوبنه و رونیز، در دی ماه ایستگاه رونیز، در بهمن ماه ایستگاه‌های دوبنه و رامجرد، در اسفند ماه ایستگاه رامجرد، در فروردین ماه ایستگاه دوبنه و رامجرد، در اردیبهشت ماه ایستگاه رامجرد و سروو، در خرداد ماه

می‌باشند (جدول 6). در آنالیز روند سالیانه تنها ایستگاه‌های دوبنه، قلات، رامجرد و سروو دارای روند معنی‌دار در سطح 95% بوده‌اند

ایستگاه‌های دوبنه، قلات و رامجرد، در تیرماه ایستگاه‌های دوبنه، قلات و سروو، در مرداد ماه ایستگاه‌های چمریز، دوبنه، قلات و سروو و در شهریور ماه ایستگاه‌های چمریز، دوبنه، رامجرد و سروو دارای روند معنی‌دار در سطح 95%

جدول 5- نتایج تحلیل روند من-کندال با حذف اثر خودهمبستگی 12 ایستگاه آب‌سنجی استان فارس

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
چمریز	-0/194	-0/23	-0/153	-0/074	-0/026	-0/149	-0/146	-0/241	-0/253	-0/094	-0/128	-0/282	-0/159
پل خان	-0/284	*-0/436	-0/262	-0/299	-0/274	-0/156	-0/167	-0/041	-0/036	-0/063	-0/090	-0/197	-0/251
دشتبال	-0/266	-0/067	-0/077	-0/119	-0/003	-0/056	-0/108	-0/086	-0/235	-0/290	*-0/329	*-0/332	-0/074
بندبهن	-0/293	-0/18	-0/145	-0/148	-0/108	-0/135	-0/118	-0/205	*-0/409	*-0/390	*-0/443	*-0/385	-0/162
خفر	*-0/041	*-0/327	-0/125	-0/054	0/031	-0/12	-0/10	-0/243	-0/292	*-0/441	*-0/371	*-0/397	-0/053
تنگ‌کارزین	-0/085	-0/248	-0/187	-0/244	-0/262	-0/233	-0/231	-0/141	0/005	-0/135	-0/090	-0/031	-0/225
تنگاب	-0/204	*-0/343	-0/158	-0/194	-0/204	-0/322	-0/250	-0/273	-0/258	-0/150	*-0/339	-0/337	-0/223
گوسنگان	*-0/333	-0/297	-0/126	-0/133	-0/026	-0/118	-0/049	-0/156	-0/307	*-0/356	-0/310	-0/272	-0/151
گراب	*-0/322	*-0/337	-0/079	-0/074	-0/032	-0/135	-0/119	-0/191	-0/219	-0/266	*-0/413	*-0/325	-0/103
گوزون	*-0/488	*0/412	-0/241	-0/246	-0/208	-0/326	-0/284	*-0/364	*-0/363	*-0/446	*-0/390	*-0/396	-0/33
چیتی	*-0/477	*-0/371	-0/072	-0/133	-0/167	-0/269	-0/087	*-0/367	*-0/420	*-0/424	*-0/420	*-0/473	-0/197
منج	*-0/402	-0/317	-0/204	-0/222	-0/222	-0/169	-0/036	-0/151	-0/332	-0/361	*-0/378	*-0/397	-0/161

جدول 6- نتایج تحلیل روند من-کندال با حذف اثر خودهمبستگی 10 ایستگاه تبخیرسنجی استان فارس

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
باب‌عرب	-0/289	-0/180	-0/064	-0/027	-0/105	-0/012	-0/119	-0/176	-0/241	-0/248	-0/271	0/000	-0/234
بندبهن	0/064	0/095	0/045	0/185	0/069	-0/151	-0/087	0/013	-0/194	-0/194	-0/099	-0/012	0/000
چمریز	-0/230	-0/172	-0/235	-0/005	-0/058	0/015	-0/200	-0/081	-0/018	-0/315	*-0/397	*-0/417	-0/308
دوبنه	*-0/498	*-0/455	*-0/500	*-0/311	*-0/376	-0/197	*-0/441	*-0/267	*-0/41	*-0/49	*-0/533	*-0/603	*-0/57
درب‌قلعه	0/353	0/101	-0/092	0/004	-0/002	0/078	-0/217	0/153	0/067	-0/034	0/131	-0/011	0/058
قلات	-0/266	-0/197	-0/267	0/005	0/113	0/062	-0/112	-0/169	*-0/503	*-0/63	*-0/488	*-0/331	*-0/49
جهان‌آباد	0/176	-0/017	-0/122	-0/146	-0/162	0/03	-0/013	0/04	-0/017	-0/159	-0/081	-0/124	-0/054
رامجرد	0/228	0/272	-0/114	0/001	*-0/345	*0/497	*0/387	0/476	*0/326	0/246	0/151	*0/321	*0/359
رونیز	-0/248	*-0/414	*-0/373	*-0/363	-0/227	-0/363	-0/135	0/021	-0/065	-0/173	-0/245	-0/254	-0/238
سروو	*0/560	0/260	-0/002	0/133	0/118	0/174	0/267	-0/445	0/366	*0/432	*0/471	*0/449	*0/428



## n بحث و نتیجه گیری

رسیدند که حذف همبستگی متوالی منجر به کاهش میزان روند موجود در داده‌ها می‌شود. مطابق با نتایج این تحقیق خودهمبستگی اثر خود را به خوبی بر روی داده‌های هیدروکلیماتولوژی آشکار می‌کند. به‌طور کلی حذف اثر خود همبستگی بر روی روند داده‌ها باید پیش شرط تحلیل روند باشد. *Kumar et al. (2009)* جریان‌های کم و میانگین رواناب روزانه 31 ایستگاه آب‌سنجی واقع در ایالت ایندیانا را مطالعه کردند. آن‌ها اشاره کردند که حذف اثر خود همبستگی به‌طور معنی‌داری تعداد ایستگاه‌های با روند معنی‌دار را، در مقایسه با آزمون روند بدون حذف اثر خود همبستگی، کاهش داده است. نتایج تحلیل روند نشان داد که با حذف اثر خودهمبستگی در مقیاس ماهیانه و سالیانه در داده‌های بارش، دبی و تبخیر از تعداد ایستگاه‌هایی که دارای روند منفی معنی‌دار در سطح اطمینان 95% بودند کاسته شد. به‌طوری‌که در مقیاس سالیانه و ماهیانه هیچ کدام از داده‌های بارش موجود در 22 ایستگاه باران‌سنجی در سطح اطمینان 95% معنی‌دار نشدند. نتایج آزمون من-کندال برای داده‌های دبی در مقیاس ماهیانه نشان داد که در ماه مهر تمامی ایستگاه‌های آب‌سنجی (به جزء ایستگاه‌های چمریز، پل خان، دشتبال، بند بهمن، تنگ کارزین و تنگاب) دارای روند معنی‌دار در سطح 95% بوده‌اند. در تحلیل روند سالیانه داده‌های تبخیر نیز تنها ایستگاه‌های دوبنه، قلات، مهرآباد رامجرد و سروو دارای روند معنی‌دار در سطح 95% بوده‌اند. این تحقیق نشان داد که اثر خودهمبستگی بر روی داده‌های هیدروکلیماتولوژی کاملاً مشهود است و جهت اجتناب از تحلیل‌های نادرست باید اثر آن را از سری‌های زمانی حذف کرد.

تاکنون محققین زیادی به بررسی روند داده‌های هیدروکلیماتولوژی پرداخته‌اند. بعضی از محققین بدون حذف اثر خودهمبستگی (*Sheikh et al., 2011; Tabari & Marofi, 2011; Sheikh & Bahremand, 2010; Hojam et al., 2008*؛ دودانگه و همکاران، 1390؛ چوبین و همکاران، 1392) و بعضی نیز با حذف اثر خودهمبستگی (*Burn & Hag Elnur, 2002; Omar et al., 2002; Shifteh Some'e et al., 2012; Tabari et al., 2013; Tekleab et al., 2012*؛ سبزی‌پرور و شادمانی، 1390؛ مقدم نیا و همکاران، 1391) اقدام به تحلیل روند کرده‌اند. تحقیق حاضر تحلیل روند داده‌های هیدروکلیماتولوژی را در دو حالت با حذف کردن و بدون حذف اثر خودهمبستگی مورد بررسی و مقایسه قرار داد. نتایج تحلیل روند نشان داد که با حذف کردن اثر خودهمبستگی در مقیاس ماهیانه و سالیانه در داده‌های بارش، دبی و تبخیر از تعداد ایستگاه‌هایی که دارای روند منفی معنی‌دار در سطح اطمینان 95% بودند کاسته شد. به‌عنوان نمونه با حذف اثر خودهمبستگی در مقیاس سالیانه و ماهیانه داده‌های بارش هیچ کدام از ایستگاه‌های باران‌سنجی در سطح اطمینان 95% دارای روند معنی‌دار نشدند. *Helsel & Hirsch (1992)* بیان کردند که گرچه برای انجام آزمون من‌کندال نیازی به نرمال بودن توزیع داده‌ها نیست، اما شرط لازم برای استفاده از آزمون‌های ناپارامتری تصادفی بودن داده‌ها در سری زمانی است. در واقع برای صحیح بودن *Pvalue* نباید همبستگی متوالی وجود داشته باشد. همچنین *Yue et al. (2002)* در پژوهشی تحت عنوان، تاثیر همبستگی در توانایی تشخیص روند در سری‌های هیدرولوژیکی به این نتیجه

## n منابع

1. دودانگه، ا.، سلطانی، س.، و سرحدی، ع. (1391). بررسی روند مقادیر حدی جریان (جریان حداقل و سیل) در حوضه آبخیز سد سفید رود. *مجله علوم آب و خاک-علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، 15 (58)، 215-230.
2. چوبین، ب.، ملکیان، آ.، و قره‌چایی، ح. (1392). بررسی روند تغییرات زمانی سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در یک زیست‌بوم خشک (مطالعه موردی: آبخوان دشت آسپاس). *مجله اکوسیستم‌های بیابان*، 1، 1-11.
3. سبزی‌پرور، ع.، و شادمانی، م. (1390). تحلیل روند تبخیر و تفرق مرجع با استفاده از آزمون من-کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران. *نشریه آب و خاک*، 25 (4)، 823-834.

4. مقدم نیا، ع، رستمی کامرود، م، و فرسادنیا، ف. (1391). تحلیل روند بارندگی در استان مازندران با استفاده از روش کندال منطقه‌ای. مجله تحقیقات منابع آب ایران، 8 (2)، 60-70.
5. Abdul Aziz, O. I. (2006). Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin. *Journal of Hydrology*, 319, 282-294.
6. Abghari, H., Tabari, H., & Hosseinzadeh Talae, P. (2013). River flow trends in the west of Iran during the past 40 years: Impact of precipitation variability. *Global and Planetary Change*, 101, 52-60.
7. Buffoni, L., Maugeri, M., & Nanni, T. (1999). Precipitation in Italy from 1833 to 1996. *Theoretical and Applied Climatology*, 63, 33-40.
8. Burn, D. H., & Hag Elnur, M. A. (2002). Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of hydrology*, 255, 107-122.
9. Coscarelli, R., & Caloiero, T. (2012). Analysis of daily and monthly rainfall concentration in Southern Italy (Calabria region). *Journal of Hydrology*, 416, 145-156.
10. Duhan, D., & Pandey, A. (2013). Statistical analysis of long term spatial and temporal trends of precipitation during 1901-2002 at Madhya Pradesh, India. *Atmospheric Research*, 122, 136-149.
11. Feifei, W., Xuan, W., Yanpeng, C., & Chunhui, L. (2013). Spatiotemporal analysis of precipitation trends under climate change in the upper reach of Mekong River basin. *Quaternary International*, 1-10.
12. Gocic, M., & Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100, 172-182.
13. Helsel, D. R., & Hirsch, R. M. (1992). *Statistical Methods in Water Resources*. Elsevier, Amsterdam, ISBN 0-444-88528-5.
14. Hojam, S., Khoshkhu, Y., & Shamsadin vandi, R. (2008). Analysis of annual and seasonal precipitation trends selected several stations in Iran Central Basin using nonparametric methods. *Geographical researches chapter letters*, 64, 157-168.
15. Hosseinzadeh Talae, P., Tabari, H., & Abghari, H. (2013). River flow trends in the west of Iran during the past 40 years: Impact of precipitation variability. *Global and Planetary Change*, 101, 52-60.
16. Kendall, M. G. 1975. *Rank Correlation Methods*, 4th ed., Charles Griffin: London.
17. Kumar, S., Merwade, V., Kam, J., & Thurner, K. (2009). Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. *Journal of Hydrology*, 374(1-2), 171-183.
18. Love, D., Uhlenbrook, S., Twomlow, S., & Van der Zaag, P. (2010). Changing hydro-climatic and discharge patterns in the northern Limpopo Basin, Zimbabwe. *Water SA*, 36 (3), 335-350.
19. Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245-259.
20. Martinez, C. J., Maleski, J. J., & Miller, M. F. (2013). Trends in precipitation and temperature in Florida, USA. *Journal of Hydrology*, 452, 259-281.
21. Omar, I. A. A., & Donald, H. B. (2002). Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin. *Journal of Hydrology*, 319, 282-294.
22. Salas, J. D., Delleur, J. W., Yevjevich, V., & Lane, W. L. (1980). *Applied Modelling of Hydrologic Time Series*. Water Resources Publications, Littleton, CO, USA.
23. Sen, P. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of American Statistical Association*, 63, 1379-1389.
24. Sheikh, v., & Bahremand, A. (2010). Trends in precipitation and stream flow in the semi-arid region of Atrak River Basin, North Khorasan, Iran. *DESERT*, 16, 49-60.
25. Sheikh, V.B., Bahremand, A., & Mooshakhian, Y. (2011). A Comparison of Trends in Hydrologic Variables in the Atrak River Basin Using Non-parametric Trend Analysis Tests. *Journal of Water and Soil Conservation*, 18 (2), 1-22.

26. Shifteh Some'e, B., Ezani, A., & Tabari, H. (2012). Spatiotemporal trends and change point of precipitation in Iran, *Atmospheric Research*, 113, 1-12.
27. Tabari, H., & Hosseinzadeh Talae, P. (2011). Temporal variability of precipitation over Iran: 1966–2005. *Journal of Hydrology*, 396, 313–320.
28. Tabari, H., & Marofi, S. (2011). Changes of pan evaporation in the west of Iran. *Water Resources Management*, 25, 97-111.
29. Tabari, H., Nikbakht, J., & Talae, P.H. (2012). Identification of Trend in Reference Evapotranspiration Series with Serial Dependence in Iran. *Water Resource Management*, 26, 2219–2232.
30. Tekleab, S., Mohamed, Y., & Uhlenbrook, S. (2013). Hydro-climatic trends in the Abay/Upper Blue Nile basin, Ethiopia, *Physics and Chemistry of the Earth*.
31. Yue, S., Pilon, P., & Cavadias, G. (2002). Power of the Mann-Kendall and Spearman's tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of hydrology*, 259, 254-271.
32. Yue, S., Pilon, P., & Phinney, B. (2003). Canadian streamflow trend detection: impacts of serial and cross correlation. *Hydrological Sciences Journal*, 48 (1), 51-63.
33. Yue, S., & Wang, C. Y. (2004). The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. *Water Resource Management*, 18, 201–218.

## ***Effects excluding the effect of autocorrelation in analysis trend of hydro-climatic variables (Fars Province)***

H.R.Ghareh Chayi<sup>1</sup>, A. Salajegheh<sup>2</sup>, M. Noorolahi<sup>3</sup>, H. Khosravi<sup>4\*</sup>

1. Ph.D. student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
  2. Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
  3. MSc. Graduate, Shiraz University, Shiraz, Iran
  4. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
- \* Corresponding Author, E-mail: hakhosravi@ut.ac.ir

Received date: 16/08/2015

Accepted date: 15/03/2016

### **Abstract**

*Trend analysis and understanding of the historical volatility in the climate system, is one of the most important requirements in research on climate change. In order to study the trend, there are different methods covering parametric and non-parametric approaches. The non-parametric Mann - Kendall methods are widely used to study the hydrological series. But the autocorrelation in the hydrological series increases probability occurrence of type I error. In this study in order to evaluate the effects of autocorrelation, the time series trend without excluding the effect of autocorrelation and then by applying TFPW method and excluding the effect of autocorrelation were analyzed. The results showed that by removing the effect of autocorrelation, number of stations with significant negative trend was decreased. Therefore, in annual and monthly scales, none of rainfall data series in 22 rain gauge stations were significant at the 95 percentage confidence level. Therefore, it revealed that in evaluating the hydro-climatological data, the effects of autocorrelation must be removed from time series to provide accurate and reliable results.*

**Keywords:** Trend analysis, Mann- Kendall test, Autocorrelation, TFPW method, Fars Province