نشریه شمـاره 6، پاییز و زمستان 1394، صفحات 24-13

نشریه مدیریت بیابـان

www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

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

حمیدرضا قره چایی[1]، علی سلاجقه[2]، مرجان نورالهی[3]، حسن خسروی[4*]

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*

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 ناپارمتریک وجود دارد. در این میان روش ناپارمتریک 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 به‌منظور 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. به‌طوری‌که 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

n مقدمه

بیشـــتر پروژه‌های منابع آب بر پایه الگوهای تاریخی، کیفیت و تقاضای آن که تحت تاثیر رفتارهای اقلیمی قرار دارند طراحی برنامه ریزی و اجرا می‌شـوند. بر این اسـاس 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 این زمینه در سراسر جهان انجام شده است. از این رو، در سـالیـان اخیر مطـالعات متعددی در زمینه تحلیل روند متغییرهای هیدروکلیماتیک در سـراسـر جهان صـورت پذیرفته است که نشان از اهمیت بالای این مطالعات دارد. از آنجایی که روش‌های ناپارامتریک تعیین روند به مقادیر داده‌هـای پرت، داده‌هـای گم شـده و فرض نرمال بودن داده‌ها کمتر حسـاس بوده و همچنین در این روش‌های

Archive of SID

www.SID.ir

نیازی به تعیین خطی یا غیرخطی بودن روند نیست لذا روش‌های ناپارمتریک همچون تست من کندال در طی سال‌های اخیر استفاده گسترده‌ای در تعیین روند سری‌های هیدرولوژیکی داشته است. سبزی‌پرور 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 آن ها 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- میلی متر 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. آن ها 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، آن ها 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 1996-1833 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 معنی دار 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 در تعداد کمی از ایستگاه‌ها معنی‌دار است درحالی‌که 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 (1388-1382) توسط چوبین و همکاران (1392) مورد بررسی قرار گرفت، نتایج آن ها 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 (*Duhan & Pandey, 2013*)، در صربستان (*Gocic & Trajkovic, 2013*)، در اتیوپی (*Tekleab et al., 2013*)، در ایران (*Tabari & Hosseinzadeh Talaee, 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 ناپارمتریک وجود دارد. در این میان روش ناپارمتریک 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 تاثیر 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 آبسنجی و 10 ایستگاه تبخیرسنجی استان فارس با دوره آماری 40 ساله (1391-1351) از سازمان آب منطقه‌ای استان فارس

Archive of SID

www.SID.ir

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 می باشند گرفته شده‌اند. تست من کندال به‌صورت روابط زیر است. آماره S آزمون من-کندال (*Kendall, 1975 & Mann, 1945*) از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد؛

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

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

$$z=\begin{cases}(s-1)/s_s, ifs>0\\0, ifs=0\\(s+1)/s_s, ifs<0\end{cases} \quad (3)$$

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 استاندار با سطح اطمینان مورد نظر بود فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود روند با سطح اطمیان 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 ($j=1,2,.....,p$) می باشد. 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.

$$s_{S'}^2=\sum_{j=1}^{p} Var(S') \quad (5)$$

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

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

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

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

Archive of SID

www.SID.ir

در این رابطه ها 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.

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

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

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

در این رابطه r_1 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 می‌گیرید. 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.

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

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

2- مقدار خودهمبستگی مرتبه اول X_t' محاسبه شده و سپس مقدار ضریب خودهمبستگی مرتبه اول *AR(1)* از داده‌ها حذف می‌شود (رابطه14). 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 باقیماندها 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- =z)، جمال بیگ (2/06- =z)، خفر (2/08- =z) و چیتی (1/181- =z)، در اردیبهشت ماه ایستگاه شیراز (2/07- =z) و در تیرماه ایستگاه پل‌خان (2/73- =z) و تنگ کارزین (2/62- =z) دارای روند منفی معنی‌دار در سطح 95% می‌باشند. در مقیاس سالیانه بارش تنها ایستگاه تنگاب با (2/03-= z) روند منفی معنی‌دار در سطح 95% از خود نشان داد (جدول 1).

Archive of SID

www.SID.ir

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
جمالبیگ	-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 قائدی	-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 ایستگاه های چمریز، تنگ کارزین و تنگاب) دارای روند معنی‌دار در سطح 95% بوده‌اند. هم‌چنین، در آبان ماه تنها ایستگاه های 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 ایستگاه های پل خان (z= -2/7)، تنگ کارزین (z= -2/2) و گوزون (z= -2)، در بهمن ماه ایستگاه های 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 ایستگاه های تنگ کارزین (z= -2/09)، تنگاب (z= -2/26)، گوزون (z= -2/31)، در اردیبهشت ماه ایستگاه های 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 ایستگاه های چمریز، پل خان، تنگ کارزین و تنگاب، در مرداد ماه نیز در تمام ایستگاه ها به جزء ایستگاه های 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 می باشد. 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 معنی دار در سطح 95% می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

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*
دشتبال	-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

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، رآمجرد، 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 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).

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*

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

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.

Archive of SID

www.SID.ir

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
چوبخله	-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
پل‌خان	-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
بندبهمن	-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
تنگ‌کارزین	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	0/051	0/178	-0/078	-0/155
مل قائدی	-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- دبی

نتایج آزمون من-کندال در مقیاس ماهیانه نشـــان داد که در ماه مهر تمامی ایســـتگاه‌های آب‌ســـنجی (به‌جزء ایســـتگاه‌های چمریز، پل خان، دشـــتبال، بند بهمن، تنگ کـــارزین و تنگـــاب) دارای روند معنی‌دار در ســـطح 95% بوده‌اند. هم‌چنین، در آبان ماه تنها ایســـتگاه های چمریز، دشـــتبال، بند بهمن، تنگ کارزین، گوســـنگان و منج فاقد روند معنی‌دار هســـتند. در ماه آذر، دی، بهمن، اســـفند و فروردین هیچ کدام یک از ایســـتگاه‌ها دارای روند معنی‌دار در سطح 95% نبوده‌اند. در اردیبهشت ماه تنها ایستگاه‌های گوزون (z= -0/364) و چیتی (z= -0/367)، در خرداد مـــاه ایســـتگـــاه هـــای بنـــد بهمن (z= -0/409)، گوزون (z= -0/363) و چـــیتی (z= -0/420)، در تیرمـــاه نیز ایســـتگـــاه هـــای 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 مـــاه نیز در تمـــام ایســـتگاه ها به جزء ایســـتگاه های چمریز، پل خان، تنگ کارزین و گوسنگان و در شهریور ماه در تمام ایستگاه‌ها به جزء ایستگاه های چمریز، پل خان و تنگ کارزین، تنگاب و گوســـنگـــان در ســـطح 95 % دارای روند منفی معنی‌دار می‌باشد. در مقیاس سالیانه هیچ کدام یک از ایستگاه‌های آب‌سنجی دارای روند معنی‌دار در سطح 95% نمی‌باشد.

ج- تبخیر

نـــتـــایـــج تـــحـــلیـــل رونـــد من-کنـــدال بـــا حـــذف اثر خودهمبســـتگی 10 ایستگاه تبخیرسنجی استان فارس در جدول 6 ارائه شـــده اســـت. همانطور که مشخص است، در مهرماه ایســـتگاه های دوبنه و ســـرووِ، در آبان و آذر ماه ایستگاه دوبنه و رونیز، در دی ماه ایستگاه رونیز، در بهمن ماه ایســـتگاه‌های دوبنه و رامجرد، در اســـفند ماه ایســـتگاه رامجرد، در فروردین مـــاه ایســـتگـــاه دوبنـــه و رامجرد، در اردیبهشـــت ماه ایســـتگاه رامجرد و ســـرووِ، در خرداد ماه

Archive of SID

www.SID.ir

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

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
بندبهمن	-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
باباعرب	-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
بندبهمن	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*

Archive of SID

www.SID.ir

n بحث و نتیجه‌گیری

تاکنون محققین زیادی به بررسی روند داده های هیدروکلیماتولوژی پرداخته اند. 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., 2012; Tekleab et al., 2013*؛ سبزی‌پرور و شادمانی، 1390؛ مقدم نیا و همکاران، 1391) اقدام به تحلیل روند کرده اند. تحقیق حاضر تحلیل روند داده های 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 معنی دار 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 معنی دار 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 رسیدند که حذف همبستگی متوالی منجر به کاهش میزان روند موجود در داده‌ها می‌شود. مطابق با نتایج این تحقیق خودهمبستگی اثر خود را به‌خوبی بر روی داده های هیدروکلیماتولوژی آشکار می کند. به‌طورکلی حذف اثر خود همبستگی بر روی روند داده ها 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. آن ها 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 کردن اثر خودهمبستگی در مقیاس ماهیانه و سالیانه در داده های 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 داده های بارش موجود در 22 ایستگاه باران‌سنجی در سطح اطمینان 95% معنی دار نشدند. نتایج آزمون من-کندال برای داده‌های دبی در مقیاس ماهیانه نشان داد که در ماه مهر تمامی ایستگاه‌های آب‌سنجی (به جزء ایستگاه های چمریز، پل خان، دشتبال، بند بهمن، تنگ کارزین و تنگاب) دارای روند معنی دار 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 کاملا مشهود است و جهت اجتناب از تحلیل های نادرست باید اثر آن را از سری‌های زمانی حذف کرد.

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. سبزی پرور، ع.، و شادمانی، م. (1390). تحلیل روند تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آزمون من-کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران. نشریه آب و خاک، 25 (4)، 823-834.

Archive of SID

www.SID.ir

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 Talaee, 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 Talaee, 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.*

Archive of SID

www.SID.ir

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 Talaee, 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., & Talaee, 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.*

Archive of SID

www.SID.ir

No. 6, Autumn & Winter, 2016, pp 13-24

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

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

H.R.Ghareh Chayi[1], A. Salajegheh[2], M. Noorolahi[3], H. Khosravi[4]*

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*

Archive of SID

www.SID.ir