

# ارزیابی روند تغییرات جریان حوزه آبخیز مند با استفاده از آزمون‌های آماری

شهرام کیانی صفت<sup>۱</sup>، علیرضا مقدم‌نیا\*<sup>۲</sup>، حمیدرضا قره‌چایی<sup>۳</sup>

## چکیده

در این مطالعه روند و تغییرات جریان سالانه و فصلی رودخانه‌های اصلی حوزه آبخیز مند و دو سرشاخه آن (قره‌آقاج و شور دهرم) در دوره آماری ۴۳ ساله (۱۳۴۸-۱۳۹۰) مورد بررسی قرار گرفت. به منظور شناسایی تغییرات ناگهانی در میانگین جریان، از دو آزمون پتیت و همگنی استاندارد نرمال استفاده شد. نتایج این دو آزمون نشان داد که در بین تمامی ایستگاه‌ها، ایستگاه تنگ کارزین با کاهشی معادل  $45/8$  و  $21/7$  متر مکعب بر ثانیه به ترتیب در میانگین سالانه و جریان فصل زمستان بیشترین میزان تغییرات در دوره پیش از تغییر نسبت به پس از تغییر را دارا بوده‌اند. همچنین جهت بررسی روند از آزمون من-کندال نموداری و آماره  $\tau$  استفاده شد. نتایج این بررسی نشان داد که در مقیاس سالانه روند جریان هیچ یک از ایستگاه‌ها معنی‌دار نبوده است. با این حال ایستگاه تنگ کارزین با آماره  $(z = -0/182)$  از بیشترین روند نزولی برخوردار بوده است.

**واژه‌های کلیدی:** روند جریان، آزمون من-کندال، آزمون پتیت، حوزه آبخیز مند.

---

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه زابل.

۲. \* نویسنده مسئول؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران؛ [a.moghaddmnia@ut.ac.ir](mailto:a.moghaddmnia@ut.ac.ir)

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

## ۱. مقدمه

تحلیل روند جریان رودخانه‌ای و تغییرات ناگهانی آن اطلاعات ارزشمندی به منظور بهبود استراتژی‌های مدیریت منابع آب، حفاظت از محیط زیست، تولید محصولات کشاورزی، و یا به طور کلی توسعه اقتصادی منطقه‌ی مورد نظر حاصل می‌نماید. ناآگاهی از این تغییرات مدیران و سیاستگذاران مربوطه را با چالش‌هایی اساسی در راستای برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای پروژه‌ها خود روبرو می‌سازد. از این رو در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای در این زمینه، با تاکید بر اهمیت آزمون‌های آماری در سراسر جهان پذیرفته است. روند و تغییرپذیری رژیم هیدرولوژیکی حوضه مکنزی (Mackenzie) در شمال کانادا توسط (Abdul Aziz and Burn, ۲۰۰۶) در دوره‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. مطالعات نشان داد که روند رواناب در فصل زمستان و دما در فصول زمستان و بهار افزایشی است در حالی که داده‌های بارش فاقد روند بودند. تغییرات بارش سالانه و تعداد روزهای بارانی ماهانه و سالانه در ۲۰ ایستگاه با استفاده از آزمون من-کندال مشخص کرد که هیچ نشانی از تغییر اقلیم معنی‌دار در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران وجود ندارد (Modarres and Silva, ۲۰۰۷). (Hojam et al., ۲۰۰۸) در پژوهشی به بررسی روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه در حوزه‌ی ایران مرکزی با استفاده از دو آزمون من-کندال و شیب تخمین‌گر سن (Sen's Estimator slope) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که کارایی دو روش فوق در تحلیل روند بارندگی‌های فصلی و سالانه در بیشتر موارد شبیه هم هست، ولی کارایی روش شیب تخمین‌گر سن در تحلیل مشاهداتی که در آن‌ها داده‌های صفر (عدم وجود بارندگی) زیاد است بهتر از آزمون من-کندال می‌باشد. آشکارسازی روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری توسط (Marufi and Tabari., ۲۰۱۱) انجام پذیرفت. در تحلیل روند رواناب در کوهستان‌های زاگرس ایران حد فاصل سال‌های ۲۰۰۱-۹۶۱۱ مشخص شد که بیشتر روند رواناب حوضه می‌تواند مرتبط با تغییر در بارش باشد (Masih et al., ۲۰۱۱). تحلیل‌ها بر روی دبی‌های فصلی بیانگر آن است که مقادیر دبی فصل‌های بهار و زمستان، کاهش و فصل تابستان افزایش یافته است. قره‌چایی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به تحلیل روند جریان‌های ماهانه، فصلی و سالانه رودخانه‌های استان فارس توسط دو آزمون من کندال و شیب تخمین‌گر سن و جهت آشکارسازی نقاط تغییر از آزمون پتیت پرداختند. نتایج آنها حکایت از کاهش روند جریان در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه داشت.

با توجه به اینکه افزایش یا کاهش دبی جریان تاثیر مستقیمی بر منابع آب سطحی یک منطقه دارد. در این تحقیق سعی بر آن است که با استفاده از آزمون‌های من-کندال نموداری

و آماره (T)، همگنی استاندارد نرمال و آزمون پتیت به تفسیر تغییرات و روند پارامترهای هیدروکلیماتیکی حوزه آبخیز مند پرداخته شود. با این رویکرد از یک سو اثر تغییرپذیری اقلیمی بر رفتار هیدرولوژیک حوضه مورد مطالعه شناخته می‌شود و از سوی دیگر می‌تواند سبب آگاهی و شناخت متخصصان از الگوهای تاریخی دبی و تغییرات احتمالی آن در ۴ دهه گذشته شود که این خود زمینه‌ای جهت پژوهش‌های بیشتر درباره علل نزولی یا صعودی بودن روند و تغییرات آنها و ارتباط آنها با عرضه و استفاده آب در منطقه مورد مطالعه ایجاد نماید.

## ۲. مواد و روش‌ها

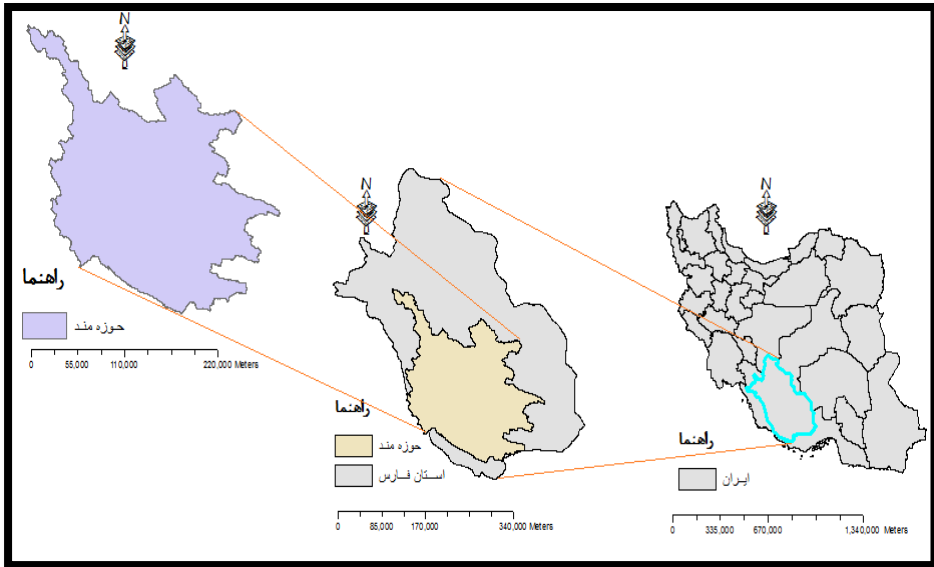
### ۲-۱. حوزه مورد مطالعه

حوزه آبخیز مند با مساحت ۴۷۶۵۴ کیلومترمربع بخشی از حوزه آبخیز خلیج فارس و دریای عمان می‌باشد. بخش عمده‌ای از حوضه در استان فارس و فقط قسمت کمی از آن در استان بوشهر قرار دارد. این منطقه بین ۰۸° ۵۱' تا ۴۹° ۵۴' طول شرقی و ۱۷° ۲۷' تا ۵۴° ۲۹' عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع در این حوزه ۳۱۸۵ متر در خرمکوه در شمال شرق حوزه و حداقل آن ۵ متر در حاشیه خلیج فارس می‌باشد. اصلی‌ترین رودخانه حوزه آبخیز مند، رودخانه مند می‌باشد و رودخانه‌های قره‌آعاج و شور دهرم از سرشاخه‌های مهم آن هستند که دارای رژیم آبدهی دائمی می‌باشند.

داده‌های ماهانه جریان در چهار ایستگاه هیدرومتری (جدول ۱، شکل ۱) با دوره آماری ۴۳ ساله (۱۳۴۷-۱۳۹۰) در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است که این داده‌ها توسط سازمان آب منطقه‌ای استان فارس جمع‌آوری شده است. همچنین به منظور اطمینان از همگنی داده‌ها، آزمون توالی یا دنباله‌ها<sup>۱</sup>، روی آمار بارندگی ایستگاه‌ها اعمال شد.

---

<sup>۱</sup> run test



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز مند

جدول (۱) ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه

رودخانه	ایستگاه	مساحت حوزه ( $\text{km}^2$ )	میانگین سالانه جریان ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	ضریب تغییرات جریان (%)
قره آقاج	بند بهمن	۲۴۱۰	۸/۵۱	۸۱/۹۵
قره آقاج	علی آباد خفر	۳۵۷۰	۸/۶۳	۸۲/۲۹
مند	تنگ کارزین	۱۳۰۷۵	۱۷/۶۸	۶۷/۷۸
فیروزآباد	حنیفان	۴۱۵	۱/۸۸	۷۹/۶۷

## ۲-۲. روند

روند داده‌ها در این تحقیق با استفاده از دو آزمون من-کندال نموداری و آماره  $(\tau)$  بررسی گردید. آزمون من-کندال ابتدا توسط (Mann, ۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (Kendall, ۱۹۷۵) تکامل یافت. از آزمون من-کندال می‌تواند برای جواب دادن به این سوال که آیا مقادیر مرکزی یا میانه یک سری زمانی به مرور تغییر می‌کنند یا نه، به کار رود (Moghadmia et al., ۲۰۱۲).

## الف) آزمون من-کندال نموداری

این روش در نرم افزارهای آماری با در نظر گرفتن دو فرض  $H_0$ : عدم وجود روند در سری زمانی و  $H_1$ : وجود روند در سری زمانی و محاسبه  $p$ -value به این صورت انجام می‌گیرد که اگر  $p$ -value بزرگ‌تر از سطح معنی‌داری آلفا باشد، فرض  $H_0$  پذیرفته شده و  $H_1$  رد می‌شود.

### (ب) آزمون من- کندال آماره ( $\tau$ )

در این روش دو دنباله  $U_i$  و  $U_i'$  به صورت نموداری رسم می‌شود، اگر روند معنی‌دار باشد می‌بایست، دو نمودار در ابتدای دوره و خارج از محدوده  $\pm 1/96$  همدیگر را قطع کرده و خلاف جهت هم حرکت کنند در حالی که اگر روند وجود نداشته باشد باید دو نمودار تقریباً موازی هم حرکت کنند. هر دو این دنباله‌ها نسبت به سال و محور  $x$  رسم می‌شوند با این تفاوت که در  $U_i$  سال‌ها صعودی و در  $U_i'$  به صورت نزولی تنظیم می‌شوند.

### ۲-۳. ارزیابی تغییرات

#### الف) آزمون پتیت

دنباله‌ای از متغیرهای تصادفی هیدروکلیماتولوژیکی  $X_i$  را در نظر بگیرید، که  $i=1, 2, 3, \dots$  باشد. زمانی آزمون پتیت تغییر در نقطه  $\tau$  را معنی‌دار می‌داند که برای  $X_t$  ( $t=1, 2, 3, \dots$ ) دارای تابع توزیع  $F_1(x)$  و برای  $X_t$  ( $t=T, T-1, T-2, \dots$ ) دارای تابع توزیع  $F_2(x)$  بوده و  $F_1(x) \neq F_2(x)$  باشد. این آزمون دو فرض  $H_0: \tau=T$  برای عدم وجود تغییر و  $H_1: \tau \neq T$  برای وجود روند را مقابل هم و آماره  $K_T$  (رابطه ۱) را برای تست دو نمونه  $(X_1, \dots, X_t)$  و  $(X_{t+1}, \dots, X_T)$  از یک جامعه در نظر می‌گیرد (Pettitt, 1979).  
 $U_{t,T}$  در رابطه ۱ با استفاده از رابطه ۲ به دست می‌آید.

$$K_T = \text{Max} |U_{t,T}|, 1 \leq t < T$$

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(X_i - X_j)$$

$\text{sgn}(X_i - X_j)$  در رابطه بالا از رابطه ۳ به دست می‌آید.

$$\text{sign}(x_i - x_j) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_i - x_j) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_i - x_j) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_i - x_j) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

احتمال اهمیت تقریبی  $P_{OA}$  با  $K_T$  (رابطه ۴) تعیین می‌گردد.

$$P_{OA} = 2 \left\{ \frac{e^{-K^2}}{(T^3 + T^2)} \right\} f_{01} \quad (4)$$

به طوری که  $P_{OA}$  احتمالی از تشخیص نقطه تغییر است. اگر ارزش عددی  $P_{OA}$  کمتر از ۰/۰۵ باشد مشخص کننده تغییر قابل توجه در سری زمانی با توجه به سطح معنی‌داری ۵٪ است.

### ب) آزمون همگنی نرمال استاندارد

از آماره  $T$  برای مقایسه میانگین پارامتر هیدروکلیماتولوژیکی در  $a$  سال اولیه و  $n-a$  سال انتهایی استفاده می‌کند. اگر فرض  $H_0$  صحیح باشد، مقدار  $T$  (رابطه ۵) کوچک در حالی که اگر فرض  $H_1$  محتمل تر باشد، مقدار آن زیاد می‌باشد. آماره  $T$  به صورت زیر تعریف می‌شود (Alexandersson, & Moberg., ۱۹۹۷).  $Z_1$  و  $Z_2$  در رابطه ۵ به ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۶ و ۷ به دست می‌آیند.

$$T = \max_{1 \leq a < n} T_{(a)} = \max_{1 \leq a < n} (a\bar{z}_1^2 + (n-a)a\bar{z}_2^2) \text{ with } a = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a \frac{(Y_i - \bar{Y})}{s} \quad (6)$$

$$\bar{z}_2 = \frac{1}{n-a} \sum_{i=a+1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})}{s} \quad (7)$$

در روابط بالا  $\bar{Y}$ ،  $s$  و  $n$  به ترتیب میانگین، انحراف استاندارد و تعداد نمونه می‌باشد. اگر  $T$  بزرگتر از سطح بحرانی خاص (Alexandersson and Moberg, ۱۹۹۷) باشد، فرضیه صفر  $H_0$  رد خواهد شد.

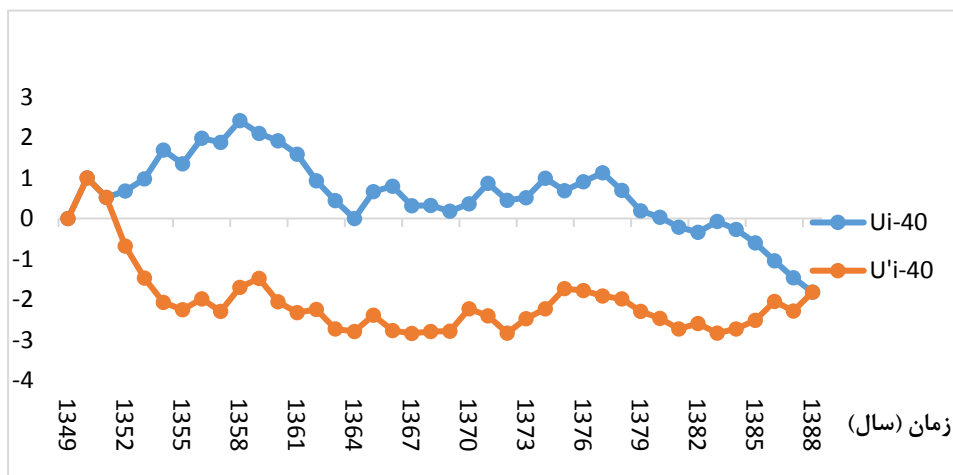
### ۳. نتایج

#### ۳-۱. روند رژیم جریان سالانه و فصلی

نتایج آزمون من-کندال آماره  $\tau$  (جدول ۳) و من-کندال نموداری شکل (۲)، روندی را در رژیم جریان سالانه ایستگاه‌های انتخاب شده نشان نداد. در تفسیر جدول (۳) می‌توان گفت، از آنجا که  $p$ -value ها از سطح معنی‌داری (۰/۰۵) بزرگ‌تر می‌باشند، بنابراین فرض  $H_0$  پذیرفته می‌شود در نتیجه سری زمانی بدون روند معنی‌دار می‌باشد.

جدول (۳) آماره‌های مربوط به آزمون من-کندال برای ۴ ایستگاه هیدرومتری (جریان سالانه)

ایستگاه	تنگ کارزین	حنیفقان	بند بهمن	علی آباد خفر
Kendall's tau	-۰/۱۸۲	-۰/۱۴۹	-۰/۱۰۹	-۰/۰۸۵
s	-۱۵۷	-۸۹	-۸۱	-۶۳
P-value (Two- tailed)	۰/۰۹۱	۰/۲۱۳	۰/۳۳۵	۰/۴۵۶



شکل ۲. آزمون نموداری من- کندال مربوط به میانگین دبی سالانه ایستگاه تنگ کارزین

در مقیاس فصلی رژیم جریان در ایستگاه‌های بند بهمن، تنگ کارزین و علی‌آباد خفر، به ترتیب در فصول تابستان، زمستان و تابستان دارای روند بود. در ایستگاه حنیفان نیز روند در دو فصل تابستان و پاییز مشاهده گردید زیرا در این فصول p-value از سطح معنی‌داری (۰/۰۵) کوچک‌تر بود، بنابراین فرض  $H_0$  رد شد (جدول ۴). در فصول دیگر این ایستگاه‌ها روندی مشاهده نشد.

جدول (۴) آماره‌های مربوط به آزمون من- کندال برای ۴ ایستگاه هیدرومتری (جریان فصلی)

آماره‌ها	پاییز	زمستان	بهار	تابستان
Kendall's tau	-۰/۳۰	-۰/۲۱	-۰/۱۹	-۰/۳۴
p-value (Two-tailed)	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۱۱	<۰/۰۰۱
Kendall's tau	-۰/۱۱	-۰/۰۲	-۰/۱۹	-۰/۴۴
p-value (Two-tailed)	۰/۳۵	۰/۸۹	۰/۱۰	<۰/۰۰۱
Kendall's tau	-۰/۱۹	-۰/۲۱	-۰/۱۶	-۰/۱۷
p-value (Two-tailed)	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۱۱
Kendall's tau	-۰/۰۶	-۰/۰۳	-۰/۱۶	-۰/۴۱
p-value (Two-tailed)	۰/۵۹	۰/۷۹	۰/۱۵	.

### ۲-۳. تغییرات رژیم جریان سالانه و فصلی

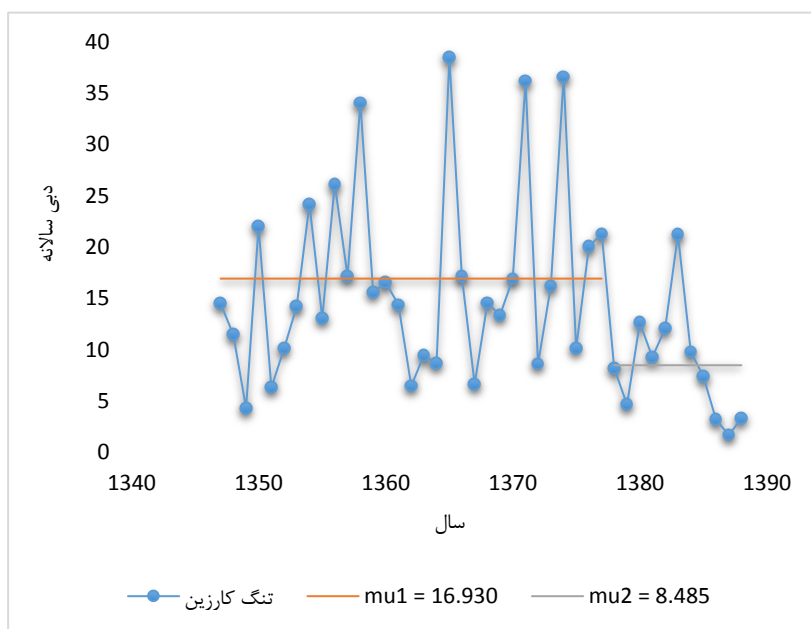
نتایج دو آزمون پتیت و همگنی استاندارد نرمال بررسی تغییرات موجود در رژیم سالانه جریان به این صورت بود که آزمون پتیت یک تغییر ناگهانی در جریان‌های سالانه ایستگاه تنگ کارزین پیدا کرد ولی در دیگر ایستگاه‌ها تغییری یافت نشد. این در حالی است که آزمون همگنی نرمال استاندارد در هیچ کدام از ایستگاه‌ها تغییری را پیدا نکرد (جدول ۵ و شکل ۴).

جدول (۵) نتایج دو آزمون پتیت و همگنی استاندارد نرمال

ایستگاه	حنیفقان		علی آباد خفر		تنگ کارزین		بند بهمن	
	سال	p-value	سال	p-value	سال	p-value	سال	p-value
پتیت	۱۳۷۷	۰/۰۳۱	۱۳۸۳	۰/۳۲	۱۳۷۷	۰/۰۳۱	۱۳۸۴	۰/۳۳
همگنی	۱۳۷۷	۰/۱۰۷	۱۳۸۴	۰/۲۹	۱۳۷۷	۰/۱۰	۱۳۸۵	۰/۱۸۵

استاندارد نرمال

همان طور در شکل ۳ نیز دیده می‌شود در سال ۱۳۷۸ یک کاهش ناگهانی در میانگین دبی‌های سالانه ایستگاه تنگ کارزین اتفاق افتاده است. قبل از این کاهش قابل ملاحظه میانگین کلی ۱۶/۹۳ و بعد از آن ۸/۴۸ می‌باشد.



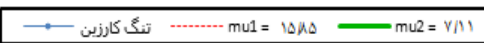
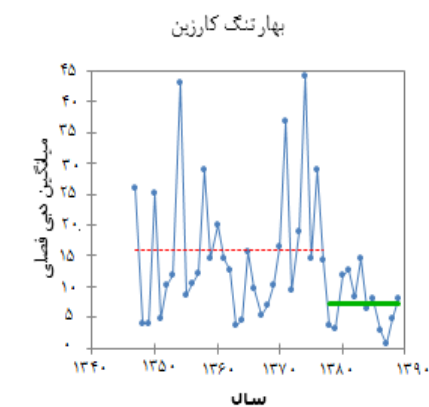
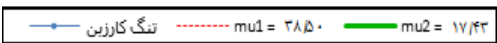
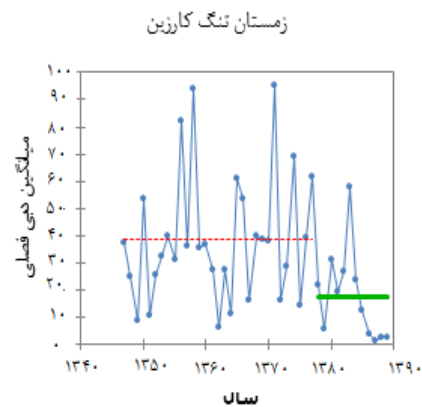
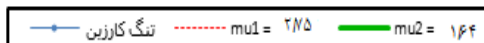
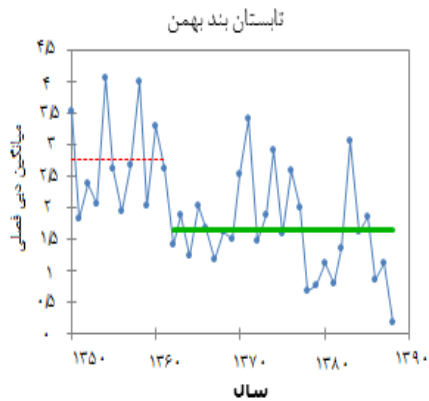
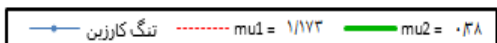
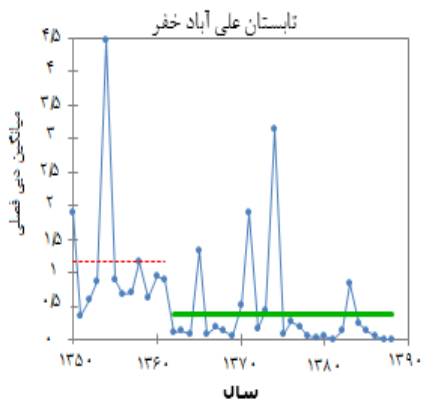
شکل (۳) نمودار آزمون پتیت در ایستگاه تنگ کارزین

در مقیاس فصلی آزمون پتیت یک کاهش قابل ملاحظه در رژیم جریان فصول بهار و زمستان ایستگاه تنگ کارزین، تابستان ایستگاه بند بهمن و علی آباد خفر و یک کاهش ناگهانی هم در رژیم جریان در چهار فصل ایستگاه حنیفان نشان داد در حالی که آزمون همگنی استاندارد نرمال کاهش را در رژیم جریان فصل تابستان دو ایستگاه بند بهمن و حنیفان شناسایی کرد (جدول ۶).

جدول (۶) نتایج آزمون پتیت و همگنی استاندارد نرمال برای جریان‌های فصلی

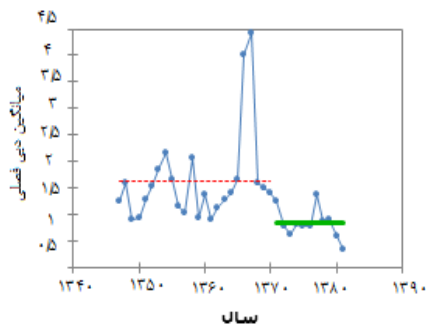
ایستگاه	آزمون‌ها	پاییز	زمستان	بهار	تابستان
تنگ	پتیت	۱۳۶۷	۰/۱۴	۱۳۷۷	۲۳۰
	همگنی استاندارد نرمال	۱۳۶۷	۰/۱۴	۱۳۷۷	۰/۰۶
کارزین	پتیت	۱۳۷۶	۰/۶	۱۳۸۴	۸/۰۵
	همگنی استاندارد نرمال	۱۳۷۶	۰/۶	۱۳۷۷	۰/۰۵
بند بهمن	پتیت	۱۳۸۴	۰/۵۹	۱۳۸۴	۰/۳۶
	همگنی استاندارد نرمال	۱۳۶۴	۰/۸۹	۱۳۵۰	۰/۰۴
علی آباد خفر	پتیت	۱۳۷۶	۰/۲۷	۱۳۸۴	۰/۳۰
	همگنی استاندارد نرمال	۱۳۸۴	۰/۸۳	۱۳۵۰	۰/۲۹
حنیفان	پتیت	۱۳۷۰	۰/۰۰	۱۳۷۰	۰/۰۲
	همگنی استاندارد نرمال	۱۳۷۱	۰/۱۹	۱۳۷۶	۰/۲۶

در تابستان ۱۳۶۲ در ایستگاه‌های علی آباد خفر و بند بهمن رژیم جریان کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. این دو ایستگاه هیدرومتری بر روی رودخانه قره آقاج مستقر می‌باشند. در زمستان و بهار ایستگاه تنگ کارزین که بر روی رودخانه مند واقع می‌باشد، کاهش چشمگیر در سال ۱۳۷۸ مشاهده گردید. رژیم جریان در تمامی فصل‌ها در ایستگاه حنیفان تغییر زیادی در سال ۱۳۷۱ داشته، که این تغییر همانند دیگر ایستگاه‌ها به صورت کاهشی بوده است (شکل‌های ۵ و ۶).



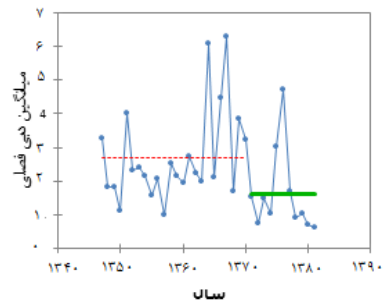
شکل ۵: نمودارهای آزمون پتیت برای فصول دارای تغییر ناگهانی

پاییز حنیفان



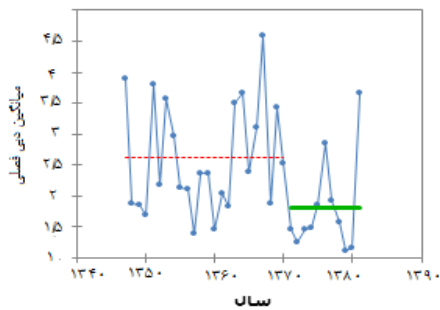
—●— تنگ کارزین    - - - - -  $\mu_1 = 1.64$     —  $\mu_2 = 0.82$

زمستان حنیفان



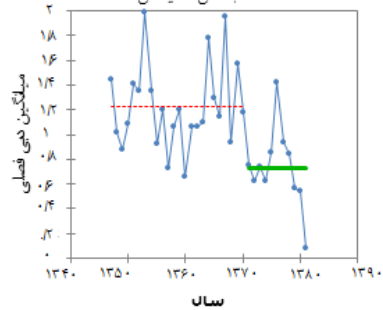
—●— تنگ کارزین    - - - - -  $\mu_1 = 2.69$     —  $\mu_2 = 1.59$

بهار حنیفان



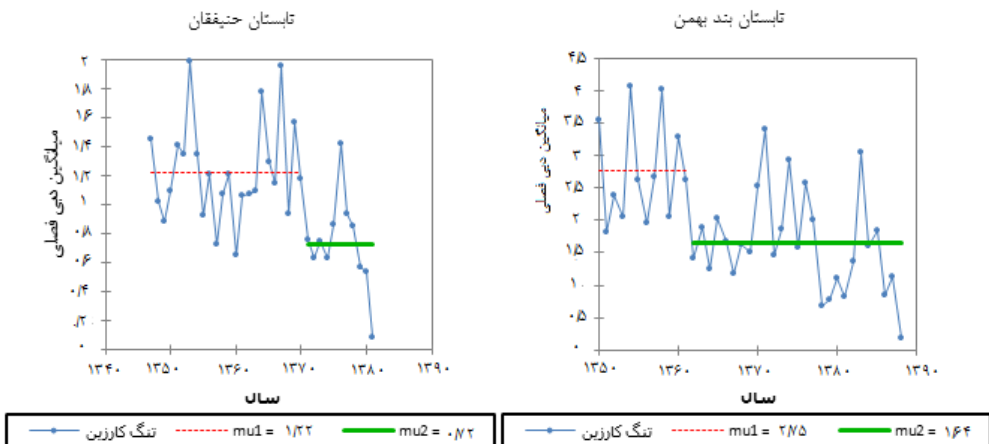
—●— تنگ کارزین    - - - - -  $\mu_1 = 2/12$     —  $\mu_2 = 1/30$

تابستان حنیفان



—●— تنگ کارزین    - - - - -  $\mu_1 = 1/32$     —  $\mu_2 = 0.72$

ادامه شکل ۵: نمودارهای آزمون پتیت برای فصول دارای تغییر ناگهانی



شکل ۶: نمودارهای آزمون همگنی استاندارد نرمال

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه روند جریان رودخانه‌ای در مقیاس زمانی فصلی و سالانه در طی دوره آماری ۴۳ ساله (۱۳۴۸-۱۳۹۰) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله از تحلیل روند با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال نموداری و آماره  $\tau$  مشابه با نتایج قره‌چایی و همکاران (۱۳۹۳) در تحلیل روند جریان‌های ماهانه، فصلی و سالانه رودخانه‌های استان فارس نشان داد که روند جریان در تمامی ایستگاه‌ها نزولی اما در هیچ یک معنی‌دار نبوده است. سپس از دو آزمون پتیت و همگنی استاندارد نرمال جهت آشکار سازی نقاط تغییر در سری زمانی جریان استفاده شد. نتایج دو آزمون پتیت و همگنی استاندارد نرمال آشکار ساخت تغییرات ناگهانی نیز در رژیم جریان به صورت کاهشی بود. ایستگاه تنگ کارزین با افتی معادل (۴۵/۸) متر مکعب بر ثانیه) در میانگین دبی دوره پس از تغییر نسبت به دوره پیش از تغییر تنها ایستگاه در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه بود که در مقیاس سالانه از خود تغییر ناگهانی نشان داد. مقایسه تغییرات و شیف‌های ناگهانی در جریان با نتایج حاصل از آزمون‌های تحلیل روند حکایت از انطباق و تصدیق نتایج حاصله دارد. به نحوی که در هر ایستگاه که روند جریان نزولی‌تر بوده رخداد تغییر و میزان این تغییرات در آن نیز مشهودتر بوده است. به طور کلی از نتایج فوق چنین می‌توان استنباط کرد که با توجه به افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی، رشد روز افزون جمعیت، فعالیت‌های صنعتی و تغییرات کاربری اراضی در یکی دو دهه اخیر از یک سو و تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی از سوی دیگر، هر یک به نوعی تاثیر معنی‌داری بر میزان جریان رودخانه‌ای داشته که ضرورت شناخت علل موثر و تفکیک سهم هر یک در مطالعات بعدی جهت برنامه‌ریزی‌های مدیریتی منابع آب به وضوح احساس می‌شود.

## منابع

۱. علیزاده امین؛ (۱۳۸۹). اصول هیدرولوژی کاربردی. مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). صص ۴۲۵-۴۱۵.
۲. قره‌چایی حمیدرضا، علیرضا اولیایی، احمد فتاحی؛ (۱۳۹۳). تحلیل روند و آشکارسازی نقاط تغییر در جریان‌های ماهانه، فصلی و سالانه رودخانه مطالعه موردی استان فارس. فصلنامه بین‌المللی منابع آب و توسعه.
۳. Alexandersson, H. and Moberg, A. (۱۹۹۷). Homogenization of Swedish temperature data, Part I: Homogeneity test for linear trends. *Int. J. Climatol.*, ۱۷(۱): ۲۵-۳۴.
۴. Alexandersson, H. (۱۹۸۶). A homogeneity test applied to precipitation data. *J. Climatol.*, ۶(۶): ۶۶۱-۶۷۰.
۵. Chen, H. Guo, S. Xu, CH and Singh, V. (۲۰۰۷). Historical temporal trends of hydro-climatic variables and runoff response to climate variability and their relevance in water resource management in the Hanjiang basin. *Journal of Hydrology*, ۳۴۴: ۱۷۱-۱۸۴.
۶. Cox, D.R, Stuart, A. (۱۹۵۵). Some quick tests for trend in location and dispersion. *Biometrika* ۴۲: ۸۰-۹۵.
۷. Delju, A. H. Ceylan, A. Piguet, E and Rebetz, M. (۲۰۱۳). Observed climate variability and change in Urmia Lake Basin, Iran. *The or Appl Climatol.*, ۱۱۱: ۲۸۵-۲۹۶.
۸. Fatichi, S and Caporali, E. (۲۰۰۹). Review a comprehensive analysis of changes in precipitation regime in Tuscany. *Int. J. Climatol.*, ۲۹: ۱۸۸۳-۱۸۹۳.
۹. Hamilton, J. P., Whitelaw, G. S. and Fenech, A. (۲۰۰۱). Mean annual temperature and annual precipitation trends at Canadian biosphere reserves. *Envir. Monit. Assess.*, ۶۷: ۲۳۹-۲۷۰.
۱۰. Helsel, D.R. and Hirsch, R.M. (۱۹۹۲). *Statistical methods in water resources* U.S. Geological Survey: Studies in Environmental Science ۴۹, Elsevier.
۱۱. Hojam, S., Khoshkhu, Y. & Shamsadin vandi, R. (۲۰۰۸) Analysis of annual and seasonal precipitation trends selected several stations in Iran Central Basin using nonparametric methods. *Geographical researches chapter letters*, ۶۴, ۱۵۷-۱۶۸.
۱۲. Kundzewicz, Z.W. and Robson, A.J. (۲۰۰۴). Change detection in hydrological records – areview of the methodology. *Hydrol. Sci. J.*, ۴۹(۱), ۷-۱۹.
۱۳. Marufi, S. & Tabari, H. (۲۰۱۱). Detection of the trend of change in the maroon river flow using the parametric and non-parametric methods. *Geographical researches chapter letters*, ۱۰۱, ۱۲۵-۱۴۶.
۱۴. Masih I, Uhlenbrook S, Maskey S and Smakhtin V. (۲۰۱۱). Streamflow trends and climate linkages in the Zagros Mountains, Iran. *Climatic Change*. ۱۰۴, ۳۱۷-۳۳۸.
۱۵. Modarres R and Silva V. (۲۰۰۷). Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Arid Environments*. ۷۰, ۳۴۴-۳۵۰.
۱۶. Pettitt, A.N. (۱۹۷۹). A non-parametric approach to the change-point problem. *Appl Stat.*, ۲۸(۲): ۱۲۶-۱۳۰.

17. Tu, M. (2006). Assessment of the effect of climate variability and Land use change on the Hydrology of the Meuse River Basin. A.A Balkema Publishers, the Netherlands.
18. Yue, S. and Hashino (2003). Long term trends of annual and monthly precipitation in Japan. J. Amer. Water Res. Assoc, 39(3): 587-596.
19. Yue, S. and Wang, C.Y. (2004). The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. Water Resource Manage, 18:201-218.
20. Zhang, M. Wei, X. Sun, P and Liu, S.H. (2012). The effect of forest harvesting and climatic variability on runoff in a large watershed: The case study in the Upper Minjiang River of Yangtze River basin. Journal of Hydrology, 464:1-11.
21. Zhang, Q., Liu, C., Xu, C.Y., Xu, Y.P., Jiang, T. (2006). Observed trends of water level and stream flow during past 100 years in the Yangtze River basin, China. J. Hydrol, 324 (1-2): 200-260.
22. Zhang, Y., Guan, D., Jin, C., Wang, A., Wu, J., Yuan, F. (2011). Analysis of impacts of climate variability and human activity on streamflow for a river basin in northeast China. Hydrology, 410: 239-247.
23. Zhao, F.F. Xu, Z.X. and Huang, J.X. (2007). Long-term trend and abrupt change for major climate variables in the upper Yellow River basin. Acta Metall Sin, 43(2):204-214.

## Assessment of trend change's flow mond watersheds with used Statistical tests

Shahram Kiani Sefat<sup>۱</sup>, Alireza Moghaddam Nia<sup>\*۲</sup>, Hamid Reza Gharechaei<sup>۳</sup>

### Abstract

In this study, trend analysis and detection of change points in the monthly and annual stream flow in during (۱۹۶۹-۲۰۱۱) was studied on the mond river basin and its two branches (Ghareh Aghaj and Shoor dehrum). Pettitt test and SNTH was implemented for detection of change points and abrupt shifts in mean stream flow. The results of these tests showed that among all of station, tang karzin with decreasing  $\xi_{\circ, \wedge}$  and  $\gamma_{\wedge, \vee}$  ( $m^3/s$ ) respectively in the mean annual and winter stream flow between two periods (per change point in comparison the post-change point) has the most dramatic changes. Also Mann–Kendall tau and graphically were used to declare positive or negative trend. The results illustrated the decreasing trend for all stream flow in annual scale not significant. However tang karzin station whit ( $z = - ۰, \wedge^{\wedge}$ ) had the greatest decline.

**Kay words:** Trend flow, Mann–Kendall, Pettitt test, Mond river basin.

---

<sup>۱</sup>. M.Sc. Student of Watershed management. University of Zabol.

<sup>۲</sup>. **\*Corresponding Author; Associate Professor Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Tehran**

<sup>۳</sup>. Msc Student of Watershed management. University of Tehran.