دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

واکاوی تغییرات بلند مدت دما و بارش با چند روش ناپارامتری شناسایی روند در حوضه سد درودزن

اسماعیل سهیلی[۱]، حسین ملکی نژاد[۲] و محمدرضا اختصاصی[۳]

۱- دانش آموخته دکتری علوم مهندسی آبخیزداری، دانشگاه یزد
۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد، (نویسنده مسوول: hmalekinezhad@yazd.ac.ir)
۳- استاد دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۴

چکیده

حوضه سد درودزن یکی از مناطق استراتژیک تولید کشاورزی در استان فارس است. تغییرات سری‌های زمانی پارامترهای اقلیمی به خصوص روند پارامترهای دما و بارش می‌تواند بر چرخه رشد محصولات کشاورزی، وضعیت منابع آب و اقتصاد ساکنان حوضه تاثیر قابل توجهی داشته باشد. در مطالعه حاضر، روند بارش و دما، در ۱۳ ایستگاه باران‌سنجی و ٤ ایستگاه دماسنجی بررسی گردید. در ابتدا از آزمون نقطه تغییر به روش پتیت جهت آزمون همگنی و وجود نقطه شکست در سری زمانی داده‌ها استفاده شد. سپس به کمک روش‌های من_کندال (MK)، من_کندال اصلاح شده (MMK) و شیب خط سن وجود روند در سری زمانی بارش و دمای متوسط ماهانه و سالانه بررسی گردید. نتایج آزمون پتیت نشان داد نقطه شکست معنی داری در سری‌های ماهانه و سالانه بارش و ماهانه دما وجود ندارد، تنها در سری سالانه دمای ۲ ایستگاه، نقطه شکست معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. نتایج بررسی روند با هر سه آزمون نشان داد روند بارش ماهانه در همه ایستگاه‌ها و بارش سالانه در بیشتر ایستگاه‌ها کاهشی و روند دمای متوسط ماهانه و سالانه افزایشی بوده است؛ با این حال، در هیچ یک از سری‌های زمانی روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار نبوده است. بر اساس نتایج، در کل حوضه دمای متوسط سالانه ۳/۷ درصد نسبت به میانگین افزایش و بارش ۹/۱ درصد کاهش داشته است.

واژه‌های کلیدی: آزمون روند، استان فارس، شیب سن، من کندال اصلاح شده، نقطه تغییر

مقدمه

عواملی مانند تغییرات اقلیمی، کاربری اراضی، افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش مصرف آب، باعث پدید آمدن تغییراتی در آماره‌های سری زمانی متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژی شده است. پارامترهای هیدرولوژیکی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، از پارامترهای هواشناسی تاثیر می‌پذیرند، به‌گونه‌ای که تغییرات شدید در پارامترهای مانند دما، بارش، تبخیر و تعرق باعث تغییر رژیم آبدهی رودخانه‌ها می‌گردد (۳۱). نوسانات یا تغییرات روند پارامترهای اقلیمی در یک منطقه، اثرات شدیدی بر منابع آب و خاک دارد (۳). تحقیقات نشان می‌دهد در دهه‌های اخیر افزایش دما، کاهش بارش و جریان رودخانه‌ها رخ داده است که متعاقب آن شدت خشکسالی‌های هواشناسی و هیدورولوژیک افزایش یافته است (۱۹،۱۶،۷).

متداول‌ترین روش برای تحلیل سری‌های زمانی هیدرواقلیمی، تعیین وجود یا عدم وجود روند در آن هاست (۱۳). در بررسی روند، استفاده از روش‌های پارامتری و غیرپارامتری بسیار مورد توجه بوده است. اما استقبال از روش‌های غیرپارامتری و به‌خصوص من‌کندال بیشتر بوده است (۱۵،۱۰). فرض اصلی بیشتر مطالعات تحلیل روند با استفاده از آزمون عدم وجود خودهمبستگی معنی‌دار در داده‌های سری زمانی است، چنانچه یک سری دارای ضرایب خودهمبستگی مثبت باشد، احتمال این که آزمون من-کندال وجود روند را در آن سری به اشتباه نشان دهد، افزایش می‌یابد (۳۳،۳۲،۱۵،۱۴). روش‌های مختلفی جهت حذف اثر خود همبستگی توسط محققین مختلف ارایه شده است از جمله: پیش سفید کردن[۱] PW، پیش سفید کردن بدون روند[۲] TFPW، تکنیک‌های نمونه‌گیری بلوکی مانند روش بوتسترایپی و روش اصلاح واریانس داده‌ها (۳۲،۱۵،۹). اگرچه روش ناپارامتری من کندال کاربرد فراوانی در بررسی وجود روند در سری زمانی پیدا کرده است، اما قادر به کمی سازی مقدار تغییرات و شدت افزایش روند در هر سال نیست که برای این منظور می‌توان از روش ناپارامتری شیب سن استفاده نمود (۸). به کمک آزمون‌های همگنی مانند آزمون پتیت[۳] نیز وجود تغییرات ناگهانی و زمان وقوع این تغییر در سری‌های زمانی مشخص می‌گردد. در واقع نقطه تغییر یا شکست، نقطه‌ای در زمان است که به دلیلی مشخص، پارامترهای سری زمانی در آن نقطه دستخوش تغییر گردیده اند (۲۰). براساس زمان وقوع نقطه شکست، سری زمانی را به جزء سری‌ها تقسیم می‌کنند. با بررسی روند در هر جزء سری می‌توان به بررسی دقیق‌تر تحولات و تفسیر مناسب‌تر علت تغییر در پارامترهای هیدرولوژیکی پرداخت (۲۳،۲۰).

مدرسی و همکاران (۲۱) در حوضه گرگانرود- قره سو ابتدا همگنی و روند موجود در آمار ۳۰ ساله بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر ایستگاه‌های این حوضه در مقیاس فصلی و سالانه به‌وسیله آزمون‌های همگنی انحرافات تجمعی و درست‌نمایی ورسلی و آزمون تعیین روند من-کندال محاسبه نمودند. جعفرزاده و همکاران (۱۳) روند سری‌های زمانی پارامترهای دما و بارش را در حوضه گرگان‌رود با استفاده از آزمون من-کندال و من-کندال اصلاح شده مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان می‌دهد که دمای کمینه تغییرات معنی‌دار بیشتری را نسبت به بقیه پارامترها داشته

1- Pre-Whitening 2- Trend-Free Pre-Whitening 3- Pettitte

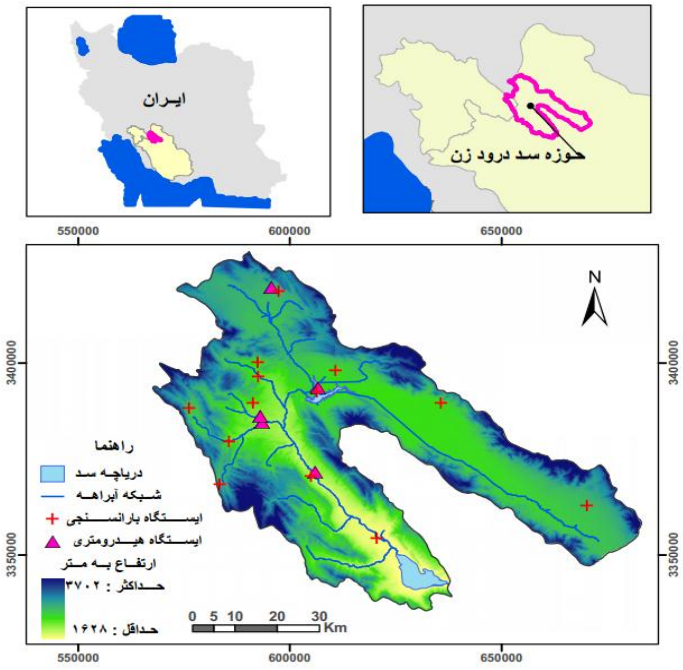
است و بارش نیز دارای شیب روند مثبت بوده است. حجام و همکاران (۱۱) تغییرات بارندگی فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوضه ایران مرکزی را به کمک آزمون من‌کندال و شیب خط سن بررسی نمودند. نتایج ایشان نشان داد هرچند در برخی ایستگاه‌ها روند کاهش معنی داری وجود دارد ولی نمی‌توان روند خاصی را بر بارندگی‌های فصلی و سالانه منطقه مورد مطالعه نسبت داد. اختصاصی و همکاران (۷) روند بارش در ۳۲ ایستگاه سینوپتیک کشور بررسی نمودند. نتایج ایشان نشان داد در بیشتر ایستگاه‌ها روند کاهشی بارش وجود دارد. داداشی رودباری و همکاران (۴) به بررسی تحلیل تغییرات بارش حوضه هراز با استفاده از روش‌های آماری و تکنیک تحلیل طیفی پرداختند. بر اساس نتایج در طول دوره ۵۷ ساله بارش سالانه حوضه هراز افزایش ۴۳ میلی‌متری داشته است. پال و آل طبا (۲۶) روند فصلی و سالانه بارش را در کشور هندوستان مطالعه نمودند. نتایج حاکی از وجود روند کاهشی در فصل بهار و تابستان و روند افزایشی در فصول پاییز و زمستان است. سونالی و کومار (۳۱) وجود روند در سری‌های زمانی دمای حداقل و حداکثر در مقیاس سالانه، ماهانه و فصلی، درکشور هند را بررسی کردند. نتایج نشان از روند کاهشی دمای حداقل از ۱۹۷۰ به بعد دارد. دلیما و همکاران (۶) روند بارش ۱۴ ایستگاه را در کشور پرتغال به روش من کندال و شیب خط سن بررسی کردند. با توجه به وجود نقطه شکست در داده‌ها، ایشان سری‌های زمانی را به دو جزء سری تقسیم کردند. بر اساس نتایج روند معنی دار در کل سری داده‌های سالانه شناسایی نشد، ولی آنالیز جزء سری‌ها تناوبی از افزایش و کاهش در بارش ماهانه و سالانه را نشان داد.

حوضه سد درودزن یکی از مناطق استراتژیک تولید کشاورزی در استان فارس است. لذا تغییرات کوچکی در میزان دما، بارش در حوضه این سد می‌تواند با اثر بر وضعیت منابع آب و چرخه رشد محصولات کشاورزی، شرایط اقتصادی اجتماعی ساکنین این حوضه را تحت تأثیر قرار دهد. بدین جهت، تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییر روند پارامترهای اقلیمی در این حوضه به کمک آزمون‌های ناپارامتری شناسایی روند انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و کشور را نشان می‌دهد. سد درودزن در شمال غربی شیراز روی رودخانه کر احداث گردیده و در سال ۱۳۵۲ به بهره برداری رسیده است. سطح حوضه سد درودزن ۴۳۱۱ کیلومتر مربع است. ارتفاع متوسط آن ۲۱۶۷ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانه آن ۵۸۷ میلی‌متر است. میزان متوسط دمای سالانه حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد، میزان متوسط تبخیر از طشتک ۲۵۴۶ میلی‌متر در سال و تبخیر از سطح آزاد آب دریاچه سد درودزن ۱۷۵۰ میلیمتر درسال محاسبه شده است (۲۸).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of study area

داده‌های مورد استفاده

برای تحلیل روند سری‌های دما و بارش از داده‌های ۴ ایستگاه دماسنجی و ۱۳ ایستگاه باران‌سنجی با طول دوره آماری ۱۷ تا ۴۵ ساله در محدوده حوضه سد درودزن استفاده شد. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول (۱) و پراکنش مکانی آن‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های باران سنجی،آب سنجی و دما

Table 1. Properties of Rain Gauge, hydrometer and temperature stations

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طول دوره آماری سال	میانگین بارش به mm/ دما به C°
سد درودزن	باران سنجی	۵۲/۵۸	۳۰/۳۱	۲۲	۴۵۹/۶
کمهر	باران سنجی	۵۱/۸۸	۳۰/۴۴	۱۷	۱۰۶۱/۸
خسروشیرین	باران سنجی	۵۲/۰۲	۳۰/۹۰	۲۴	۳۷۸/۳
جمال بیگ شیرین	باران سنجی	۵۱/۹۵	۳۰/۶۴	۴۳	۵۱۶/۱
امام زاده اسماعیل	باران سنجی	۵۲/۵۹	۳۰/۳۲	۳۳	۴۷۳/۲
دزکرد	باران سنجی	۵۱/۹۷	۳۰/۷۳	۱۸	۶۲۸
دهکده سفید	باران سنجی	۵۲/۱۱	۳۰/۶۶	۳۹	۴۶۸/۶
دشتک	باران سنجی	۵۲/۴۷	۳۰/۲۹	۲۸	۵۰۱/۷
چوبخله	باران سنجی	۵۱/۸۹	۳۰/۵۵	۳۹	۸۴۰/۲
احمد آباد	باران سنجی	۵۲/۷۷	۳۰/۳۹	۲۴	۳۸۸/۳
عباس آباد	باران سنجی	۵۲/۲۵	۳۰/۳۲	۴۴	۴۵۱/۱
سده	باران سنجی	۵۲/۱۶	۳۰/۷۱	۲۳	۴۹۴/۴
چمریز	باران سنجی	۵۱/۱۰	۳۰/۴۵	۴۵	۴۷۰/۱
چمریز	دما سنجی	۵۱/۱۰	۳۰/۴۵	۴۳	۱۴/۳۲
کمهر	دما سنجی	۵۱/۸۸	۳۰/۴۴	۴۳	۱۱/۲۴
مهرآباد	دما سنجی	۵۲/۷۰	۲۹/۹۷	۴۳	۱۵/۳
سده	دما سنجی	۵۲/۱۶	۳۰/۷۱	۴۳	۱۲/۹

آزمون همگنی و نقطه تغییر پتیت

آزمون پتیت یک روش آماری ناپارامتری است که نیاز به برازش هیچ توزیعی بر روی سری داده‌ها ندارد و به منظور تعیین نقطه تغییر در یک سری زمانی استفاده می‌شود. در واقع با استفاده از این آزمون، نقطه تغییر به این شکل شناسایی می‌گردد که بواسطه یک نقطه معین در سری زمانی، آن سری به دو گروه داده تقسیم می‌شود. این دو گروه (...xt،x2،x1) و (...xT،xt+2،xt+1) هر یک دارای ویژگی‌های آماری مشخصی هستند. آماره آزمون $U_{t,T}$ رابطه (۱) بدست آمد:

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=t+1}^{T} D_{ij} \qquad (۱)$$

که i و j عبارتند از مقادیر سری زمانی متوالی (x1 ،x2 ،...xt) و (...xT، xt+2،xt+1) t و T شماره ترتیبی داده‌های سری زمانی تا نقطه تغییر و بعد از آن است (۲۲). نقطه تغییر در سری زمانی در نقطه‌ای روی می‌دهد که $U_{t,T}$ به حداکثر مقدار خود می‌رسد و این مقدار از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$U_{t,T} = \underset{1 \le t < T}{Max} \left| U_{t,T} \right| \qquad (۲)$$

برای آزمون معنی داری آماری نقطه تغییر مقدار محاسبه شده $U_{t,T}$ با مقدار تئوری آن در سطح احتمال α مقایسه شد. در سری‌های زمانی که نقطه تغییر معنی‌داری وجود داشت، در آن تاریخ سری به دو جزء سری تقسیم شد و آزمون روند من کندال بر روی جز سری‌ها اعمال گردید. همچنین در صورت معنادار بودن نقطه شکست در سری داده‌ها، درصد تغییرات میانگین جزء سری‌ها در قبل و بعد از نقطه شکست، به کمک رابطه (۳) محاسبه شد.

$$C = \left(\frac{\text{میانگین قبل از جهش} - \text{میانگین بعد از جهش}}{\text{میانگین قبل از جهش}} * 100 \right) \qquad (۳)$$

که در این رابطهC نسبت تغییرات دو جزء سری به درصد است.

آزمون من کندال

فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. استفاده از روش من-کندال به خوبی شناخته شده و در بسیاری از مقالات ارائه شده است (۲۷،۲۴،۱۸،۱۷). لذا در اینجا از ارائه جزئیات آن صرف نظر شده است. در این مطالعه آماره Z من کندال از رابطه (۴) استخراج شد:

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{Var\,(s)}} & \text{اگر } s > 0 \\ 0 & \text{اگر } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{Var\,(s)}} & \text{اگر } s < 0 \end{cases} \qquad (۴)$$

با فرض دو دامنه آزمون روند، فرضیه صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که شرط زیر برقرار باشد:

$$|Z| < Z_{\alpha/2} \quad (۵)$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_α آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، $\alpha/2$ استفاده می‌شود. مقدار مثبت Z روند افزایشی و مقدار منفی آن روند کاهشی را در سری زمانی نشان می‌دهد. اگر قدر مطلق z بزرگتر از ۱/۹۶۰ یا ۲/۵۷۶ شد به ترتیب درسطح ۵ و ۱ درصد فرض صفر یعنی عدم وجود روند، رد و فرض یک که بیانگر وجود روند است پذیرفته می‌شود (۳۰).

آزمون من –کندال اصلاح شده

روش من کندال اصلاح شده MK-VCA[1] یا MMK[2] توسط حامد و رائو (۱۲) ارایه گردید. در این روش، اثر همه ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار از داده‌ها حذف می‌شود و برای سری‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که ضرایب خودهمبستگی آنها در یک یا چند مورد معنی دار باشند (۳۲،۱۵،۱۴،۵).

در این روش ابتدا ضریب خود همبستگی مرتبه K ام از رابطه (۶) محاسبه و سپس معنی‌داری ضریب خود همبستگی مرتبه Kام در سطح ۹۵ درصد از رابطه (۷) بررسی می‌گردد. درصورتی که مقدار ضریب خود همبستگی داده‌های سری زمانی در شرط رابطه (۷) صدق نکند، ضریب خودهمبستگی معنی‌دار بوده و باید اثر آن حذف گردد.

$$rk = \frac{\frac{1}{n-k}\sum_{t=1}^{n-k}(x_t-\bar{x}_t)(x_{t+k}-\bar{x}_t)}{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(x_t-\bar{x}_t)^2} \quad (۶)$$

$$\frac{1-1.96\sqrt{n-k-1}}{n-k} \le rk \le \frac{1+1.96\sqrt{n-k-1}}{n-k} \quad (۷)$$

در رابطه (۶) rk ضریب خودهمبستگی مرتبه kام و $\bar{x}$ میانگین سری زمانی است. سپس واریانس اصلاح شده $V(S)^*$ آماره Z من کندال از روابط (۸) و (۹) محاسبه گردید.

$$V(S)^* = V(S)\frac{n}{n^*} \quad (۸)$$

$$\frac{n}{n^*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)}\sum_{k=1}^{n-1}(n-k)(n-k-1)(n-k-2) \quad (۹)$$

در رابطه (۸) و (۹)، V(S) واریانس داده‌ها درروش من کندال و $\frac{n}{n^*}$ ضریب اصلاحی واریانس سری‌های خود همبسته است. در نهایت آماره Z آزمون من کندال با جایگزینی واریانس اصلاح شده به جای واریانس در رابطه (۴) به دست آمد.

روش تخمینگر شیب سن (تایل–سن)

این روش برای تخمین روند شیب‌های نسبتا خطی مناسب‌تر از روش رگرسیون معمولی است و کمتر تحت تاثیر داده‌های غیر نرمال و پرت قرار می‌گیرد. شیب روند β با استفاده از این روش قویتر از روش رگرسیون خطی می‌باشد (۲۵). در این روش تغییرات در مقادیر سری زمانی بر اساس محاسبه شیب تغییرات بین کلیه جفت داده‌های مشاهداتی (به ازای n داده تعداد کل شیب‌ها برابر با n(n-1)/2 می‌باشد) محاسبه شده و میانه آنها به عنوان مقدار متوسط شیب سری زمانی مورد بررسی در نظر گرفته می‌شود. مقدار مثبت شیب میانه حاکی از صعودی بودن روند و مقدار منفی آن دال بر نزولی بودن آن است (۸). شیب روند توسط رابطه (۱۰) محاسبه می‌گردد.

$$\beta = Median\left(\frac{X_j - X_t}{j-t}\right) \quad (۱۰)$$

$$\forall\ t < j \quad ,t = 1,2,3,\dots\dots,n$$

درصد تغییرات بارش و دما نسبت به میانگین

جهت بررسی دقیق‌تر مقدار تغییرات بارش و دمای سالانه در کل حوضه، درصد کل تغییرات دوره آماری نسبت به میانگین آن در هر ایستگاه به کمک رابطه (۱۱) محاسبه گردید (۸). در این رابطه P C درصد تغییرات نسبت به میانگین، N تعداد سال آماری، $\bar{X}$ میانگین پارامتر در دوره آماری و SS شیب خط سن مربوط به پارامتر است.

$$PC = \frac{(SS \times N)}{\bar{X}} \quad (۱۱)$$

نتایج و بحث

آزمون همگنی و نقطه تغییر پتیت

نتایج آزمون همگنی و تعیین نقطه تغییر/شکست پتیت روی سری داده‌های بارش و دمای متوسط ماهانه و سالانه به ترتیب در ۱۳ و ۴ ایستگاه منتخب در جدول (۲) به صورت آماره آزمون Ut، زمان وقوع نقطه شکست t و سطح معنی‌داری آزمون P آمده است. بر اساس نتاج این جدول، زمان وقوع تغیرات ناگهانی و نقط شکست در سری داده‌های بارش ماهانه همه ایستگاه‌ها در اولین ماه سال رخ داده است. بیشتر این تغییرات در اواسط دهه هفتاد و هشتاد شمسی می‌باشد، اما با توجه به آماره P در هیچ یک از این ایستگاه‌ها این تغییر در سطح ۹۵ درصد اطمینان معنی‌دار نیست. همچنین در سری داده‌های بارش سالانه نیز نقاط شکست مشخص گردید، زمان وقوع این تغییر نسبت به بارش ماهانه دارای پراکندگی بیشتری می‌باشد، به طوریکه در نزدیک به۵۰ درصد ایستگاه‌ها نقطه شکست در سال ۸۶–۸۵ رخ داده است، هرچند این نقاط شکست در هیچ یک از ایستگاه‌ها معنی دار نیستند. تحقیقات مشابهی نیز مؤید همین نتیجه است به‌طوری‌که فرخنیا و مرید (۸) وجود نقطه شکست و تغییرات در سری زمانی بارش سالانه ایستگاه‌های حوضه دریاچه ارومیه را بیشتر بین سال‌های ۷۵–۱۳۶۵ اعلام نمودند. هرچند جز در موارد معدودی این تغییرات معنی‌دار نبوده‌اند. همچنین تحقیقات مشابهی توسط قره چایی و همکاران (۹) در حوضه دریاچه بختگان در استان فارس، آهنی و همکاران (۲) در کل استان فارس، نشان داد که تغییرات در سری زمانی بارش در سال ۷۸–۱۳۷۶ رخ داده است.

1- Mann-Kendall-Variance Correction

2- Modified Mann

نتایج آزمون همگنی پتیت در جدول (۲) نشان آمده است. زمان وقوع شکست در داده‌های دمای متوسط ماهانه در دو ایستگاه سده و کمهر در فروردین ماه سال ۷۷، چمریز در فروردین ماه سال ۶۲ و مهرآباد رامجرد در مهرماه سال ۵۰ شمسی رخ داده است. ولی با توجه به جدول (۲) و آماره P این نقاط شکست در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند. همچنین آزمون همگنی دمای متوسط سالانه نیز نشان می‌دهد به جز ایستگاه چمریز که سال وقوع نقطه شکست در سال ۶۲-۶۱ می‌باشد، بقیه ایستگاه‌ها این تغییر در دهه ۷۰ شمسی رخ داده است. نتایج نشان می‌دهد دو ایستگاه چمریز و کمهر دارای نقطه شکست معنی‌دار به ترتیب در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد می‌باشند. که نشان از جهش ناگهانی در سری داده‌ها و عدم همگنی آنها می‌باشد. بنابراین سری زمانی داده‌های این دو ایستگاه را براساس سال وقوع نقطه شکست به دو جزء سری دوره قبل و بعد از وقوع نقطه شکست که به ترتیب T1 و T2 نامیده شدند، به شرح چمریز T1 و T2، کمهر T1 و T2 تقسیم شدند. تحقیقات مشابهی وجود نقطه شکست را در سری دمای سالانه تایید می‌کنند، نتایج مطالعه فرخ نیا و مرید (۸) نشان می‌دهدکه دمای تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی حوضه دریاچه ارومیه دارای نقطه شکست معنی‌دار بوده و زمان وقوع این جهش ناگهانی اواسط دهه ۷۰ شمسی می‌باشد. همچنین نتایج سونالی و کومار (۳۱) در کشور هندوستان نشان داد که از ۱۹۷۰ به بعد تغییرات دمایی رخ داده است.

جدول ۲- نتایج آزمون همگنی پتیت بر سری داده‌های بارش و دمای متوسط ماهانه و سالانه

Table 2. The results of Pettitt homogeneity test on monthly and annual mean rainfall and temperature data series

پارامتر	نام ایستگاه	طول دوره آماری(سال)	متوسط سالانه پارامتر	آزمون پیتت سری داده های ماهانه			آزمون پیتت سری داده های سالانه		
				آماره Ut	نقطه شکستt ماه/ سال	آماره P	آماره Ut	نقطه شکستt سال	آماره P
بارش	سد درودزن	۲۲	۴۵۹/۶	۱۶۱۰	۸۶/۱	۰/۶۹۵	۳۸	۸۶-۸۵	۰/۶۵۷
	کمهر	۱۷	۱۰۶۱/۸	۱۳۲۰	۷۸/۱	۰/۴۷۲	۲۸	۸۵-۸۴	۰/۵۱۱
	خسروشیرین	۲۴	۳۷۸/۳	۱۹۶۶	۸۶/۱	۰/۶۳۰	۴۲	۸۶-۸۵	۰/۷۰۱
	جمال بیگ شیرین	۴۳	۵۱۶/۱	۴۴۱۳	۷۷/۱	۰/۷۱۴	۷۱	۷۵-۷۴	۰/۹۶۴
	امام زاده اسماعیل	۳۳	۴۷۳/۲	۲۳۸۹	۸۶/۱	۰/۸۴۵	۷۸	۶۸-۶۷	۰/۵۵۴
	دزکرد	۱۸	۶۲۸	۱۹۹۶	۷۷/۱	۰/۱۲۸	۳۶	۸۵-۸۴	۰/۳۵۴
	دهکده شهید	۳۹	۴۶۸/۶	۴۱۱۴	۷۷/۱	۰/۶۱۹	۶۵	۶۴-۶۳	۰/۹۳۹
	دشتک	۲۸	۵۰۱/۷	۲۵۹۲	۷۵/۱	۰/۵۴۶	۵۵	۷۸-۷۷	۰/۶۶۰
	چوبخله	۳۹	۸۴۰/۲	۲۶۵۸	۸۶/۱	۰/۹۶۹	۱۰۰	۶۸-۶۷	۰/۵۶۲
	احمد آباد	۲۴	۳۸۸/۳	۲۱۰۷	۷۸/۱	۰/۴۶۵	۶۰	۸۶-۸۵	۰/۲۲۷۹
	عباس آباد	۴۴	۴۵۱/۱	۳۸۸۴	۷۷/۱	۰/۸۵۵	۱۵۵	۶۸-۶۷	۰/۲۷۴
	سده	۲۳	۴۹۴/۴	۱۵۷۳	۷۷/۱	۰/۷۷۸	۳۶	۸۶-۸۵	۰/۷۶۶
	چمریز	۴۵	۴۷۰/۱	۵۰۲۶	۷۷/۱	۰/۴۴۲	۱۰۴	۵۰-۴۹	۰/۷۶۳
دما	چمریز	۴۳	۱۴/۳۲	۴۹۹۴	۶۲/۱	۰/۶۶۵	۲۲۲	۶۰/۶۱	۰/۰۲۷*
	کمهر	۴۳	۱۱/۲۴	۶۰۶۱	۷۷/۱	۰/۴۲۸	۲۴۸	۷۶/۷۷	۰/۰۰۹**
	مهرآباد رامجرد	۴۳	۱۵/۳	۳۹۷۱	۵۰/۷	۰/۸۹۳	۱۲۶	۷۱/۷۲	۰/۴۷۵
	سده	۴۳	۱۲/۹	۴۳۱۱	۷۷/۱	۰/۸۲۳	۱۷۶	۷۵/۷۶	۰/۱۳۰

* و **: به ترتیب معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ در صد

نتایج آزمون روند (من-کندال و من-کندال اصلاح شده) داده‌های بارش

پس از بررسی همگنی داده‌ها و نتایج استفاده از آزمون پتیت، مشخص گردید که جهش معنی‌داری در داده‌های بارش رخ نداده است. بنابراین آزمون‌های روند بر روی کل سری داده‌ها اعمال گردید. نتایج آزمون‌های روند بر سری داده‌های بارش ماهانه و سالانه در جدول (۳) آمده است. براساس نتایج موجود در جدول (۳)، آزمون روند به کمک روش‌های من کندال معمولی و اصلاح شده روند نزولی را در سری زمانی بارش ماهانه برای تمامی ایستگاه‌های مذکور نشان می‌دهد، ولی این روندهای نزولی معنی‌دار نمی‌باشند. نتایج آزمون روند بر سری داده‌های بارش سالانه نیز نشان می‌دهد روندهای کاهشی و افزایشی در بارش ایستگاه‌ها وجود دارد، اما هیچ یک از این روندها معنی‌دار نیستند. در مورد شیب خط سن، بیشترین میزان شیب بصورت منفی و به مقدار ۲۶/۶- و ۱۱/۹۷- به ترتیب مربوط به بارش سالانه ایستگاه‌های دزکرد و کمهر است. حداکثر مقدار شیب صعودی نیز با مقدار ۲/۳۴ در ایستگاه چوبخله مشاهده شد. در کل مقادیر شیب سن در اغلب ایستگاه‌ها منفی است.

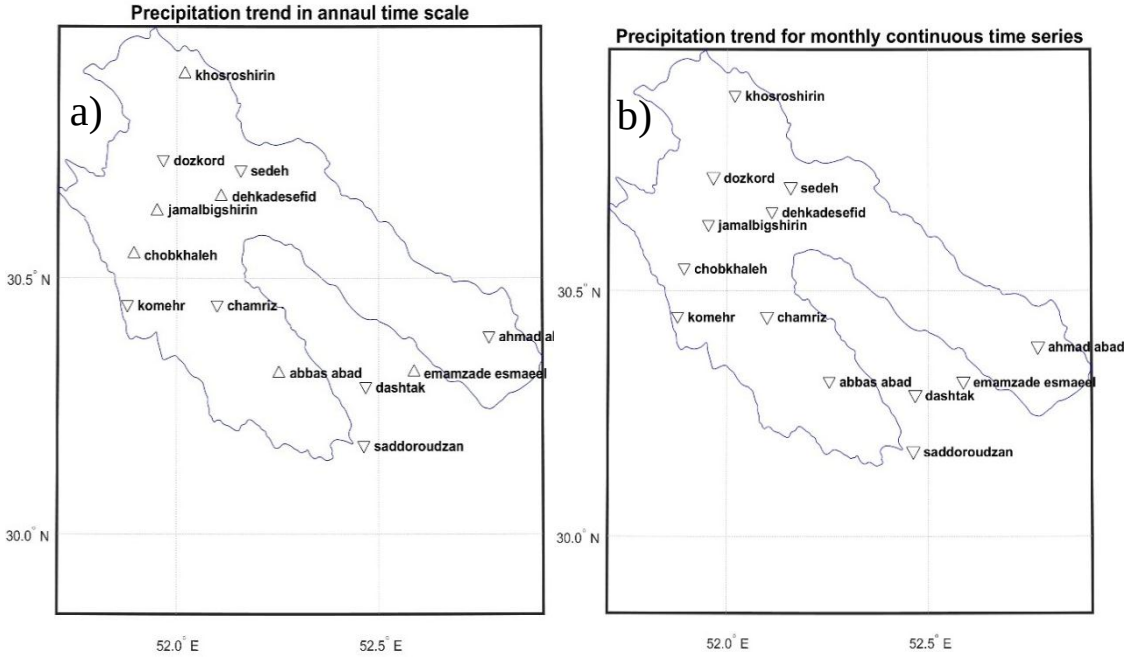
جدول ۳- نتایج آزمون‌های روند بارش در ۱۳ ایستگاه مورد مطالعه

Table 3. Results of rainfall trend test in the 13 mentioned stations

ایستگاه	بارش سالانه				بارش ماهانه			
	آماره S	Kendall's tau	MK	MMK	آماره S	Kendall's tau	MK	MMK
سد درودزن	-۲۲	-۰/۰۹۵	-۰/۵۹۲	-۰/۵۹۲	-۱۱۲۶	-۰/۰۳۶	-۰/۸۲۲	-۰/۹۹۶
کمهر	-۱۶	-۰/۱۱۸	-۰/۶۵۹	-۰/۶۱۷	-۱۱۸۸	-۰/۰۶۱	-۱/۲۴۵	-۱/۸۷۰
خسروشیرین	۹	۰/۰۳۳	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	-۶۶۰	-۰/۰۱۷	-۰/۴۱۶	-۰/۶۲۹
جمال بیگ شیرین	۰	۰	۰	۰	-۲۲۳۳	-۰/۰۱۹	-۰/۵۹۷	-۰/۷۲۹
امام زاده اسماعیل	۲۵	۰/۴۷	۰/۳۷۲	۰/۴۰۴	-۵۷۰	-۰/۰۰۹	-۰/۲۴۳	-۰/۳۷۷
دزکرد	-۴۹	-۰/۳۲۰	-۱/۸۶	-۱/۸۱۸	-۲۶/۶۳	-۰/۰۸۶	-۱/۷۷۱	-۱/۸۶۷
دهکده سفید	۲۲	۰/۰۳۰	۰/۲۵۴	۰/۲۵	۰/۶۶	-۰/۰۱۷	-۰/۵۲۳	-۰/۸۰۹
دشتک	-۲۵	-۰/۰۶۶	-۰/۴۷۴	-۰/۴۷۴	-۱/۶۲	-۰/۰۴۶	-۱/۱۷۴	-۱/۵۱۲
چوبخله	۴۵	۰/۰۶۱	۰/۵۴۴	۰/۵۳۲	۲/۳۴	-۰/۰۰۷	-۰/۲۲۱	-۰/۳۲۸
احمد آباد	-۵۰	-۰/۱۸۷	-۱/۲۶۹	-۱/۶۵۵	-۵/۰۶	-۰/۰۴۷	-۱/۰۸۳	-۱/۲۵۵
عباس آباد	۹۸	۰/۱۰۴	۰/۹۹۱	۰/۹۹۹	۲/۲۲	-۰/۰۰۶	-۰/۱۸۹	-۰/۱۹۲
سده	-۷	-۰/۰۲۸	-۰/۱۸۵	-۰/۱۵۸	-۲/۳	-۰/۰۲۰	-۰/۴۶۸	-۰/۵۸۷
چمریز	-۲۲	-۰/۰۲۲	-۰/۲۱۵	-۰/۲۰۵	-۰/۴۷	-۰/۰۳۰	-۰/۹۸۹	-۱/۰۸۲

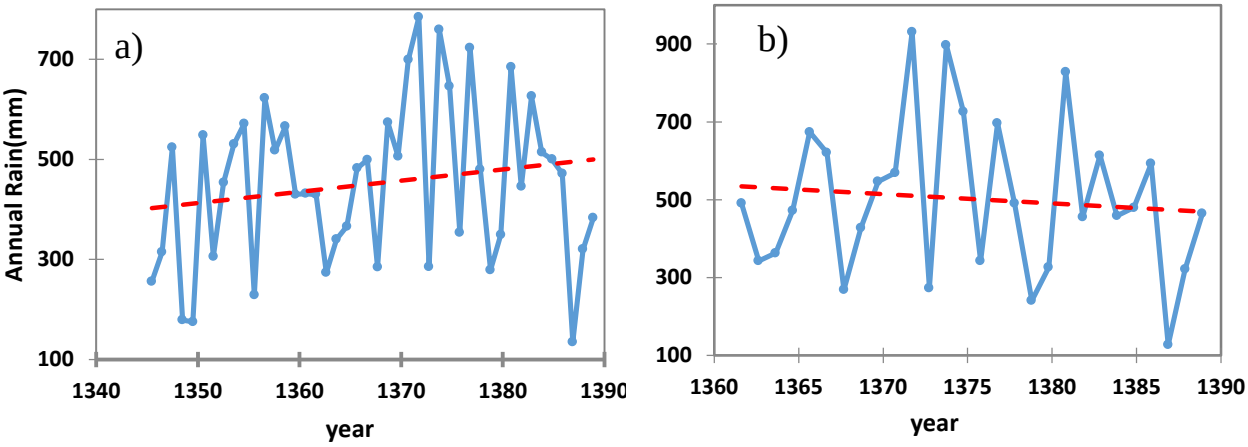
در مطابقت با جدول (۳) نقشه پراکنش مکانی و جهت روند روندهای سری زمانی بارش ماهانه و سالانه در شکل (۲) آمده است. در این شکل مثلث‌ها مکان ایستگاه‌های مورد مطالعه و جهت رو به بالا یا به پایین آنها به ترتیب روند صعودی و نزولی را نشان می‌دهد. همچنین معناداری روندها صعودی و نزولی در سطح ۹۵ درصد اطمینان بوسیله مثلث‌های توپر نشان داده شده است. با توجه به این شکل در تمامی نقاط حوضه و ایستگاه‌های اطراف آن در مقیاس ماهانه و سالانه هیچ گونه روند معنی‌دار کاهش یا افزایش بارش در سطح ۹۵ درصد وجود ندارد. در شکل (۳) نیز نمودار تغیرات سالانه بارش و خط روند دو ایستگاه عباس آباد و چمریز نشان داده شده است.

در ارتباط با روند تغییرات بارش تحقیقات متعددی در داخل کشور و سایر نقاط دنیا صورت پذیرفته است، نتایج بیشتر این تحقیقات نشان می‌دهد که روند تغییرات بارش یکسان نبوده در نقاط مختلف یک حوضه ممکن است روندهای کاهشی یا افزایش مشاهده گردد. طبق نتایج این تحقیق روند کاهشی بدون معنی‌داری در بیشتر ایستگاه‌های حوضه سد درودزن وجود دارد، که این نتیجه با نتایج بیشتر تحقیقات داخلی و خارجی هم‌خوانی دارد، بطوریکه نتایج تحقیقات اختصاصی و همکاران (۷) در ۳۲ ایستگاه سینوپتیک کل کشور، فرخ نیا و مرید (۸) در حوضه دریاچه ارومیه، قره چایی و همکاران (۹) در حوضه دریاچه بختگان، آهنی و همکاران (۲) در استان فارس، دلیما و همکاران (۶) در کشور پرتغال، نشان‌دهنده کاهش روند بارش در بیشتر ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه ایشان است، هرچند در بیشتر این موارد این تغییر روند معنی‌دار نبوده است.



شکل ۲- نقشه پراکنش مکانی معناداری روند a) بارش سالانه و b) بارش ماهانه در ایستگاه‌ها مورد مطالعه

Figure 2. The spatial distribution map of trend significance of a) monthly rainfall and b) annual rainfall time series in the stations



شکل ۳- روند بارش سالانه در a) ایستگاه عباس آباد با روند افزایشی و b) ایستگاه دشتک با روند کاهشی

Figure 3. Annual rainfall trend in a) Abbas Abad station with an upward trend and، b) Dshtak station with a downward trend

آزمون روند داده‌های دما

نتایج آزمون روند من کندال MK، من کندال اصلاح شده MKK و شیب سن، در جدول (۴) در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه آمده است. طبق نتایج این جدول، روند دمای متوسط ماهانه در همه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه مهرآباد رامجرد، صعودی است، اما این روندها در سطح ۹۵ درصد اطمینان معنادار نیستند. همچنین نتایج آزمون روند بر کل سری زمانی داده‌های دمای متوسط سالانه نشان‌دهنده روند صعودی در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه است، ولی روندها معنادار نیستند. در مطابقت با جدول (۴)، نقشه پراکنش مکانی و جهت روند در ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل (۴) آمده است، در این شکل مثلث‌های رو به بالا روند صعودی و رو به پایین روند نزولی را نشان می‌دهد.

نتایج نشان از افزایش روند دما در سطح حوضه دارد، بیشتر تحقیقات در سطح کشور و جهان نیز اغلب افزایش روند دما را گزارش داده‌اند. سونالی و کومار (۳۱) با مرور مطالعات تعیین روند پارامترهای اقلیمی اظهار داشتند که در چند دهه اخیر افزایش دمایی رخ داده است و اغلب این تغییر بعد از سال ۱۹۷۰ می‌باشد. در داخل کشور نیز ابوالوردی و همکاران (۱) ایجاد تغییر و روند افزایش دما را در ایستگاه شیراز در سال ۱۹۷۷ بررسی و بیان داشتند در بیشتر ایستگاه‌های حوضه مهارلو در استان فارس از این تاریخ به بعد افزایش روند دما رخ داده است. سایر مطالعات نظیر مدرسی و همکاران (۲۱) و سبزی پرور و همکاران (۲۹) نیز این نتایج را تایید می‌نمایند.

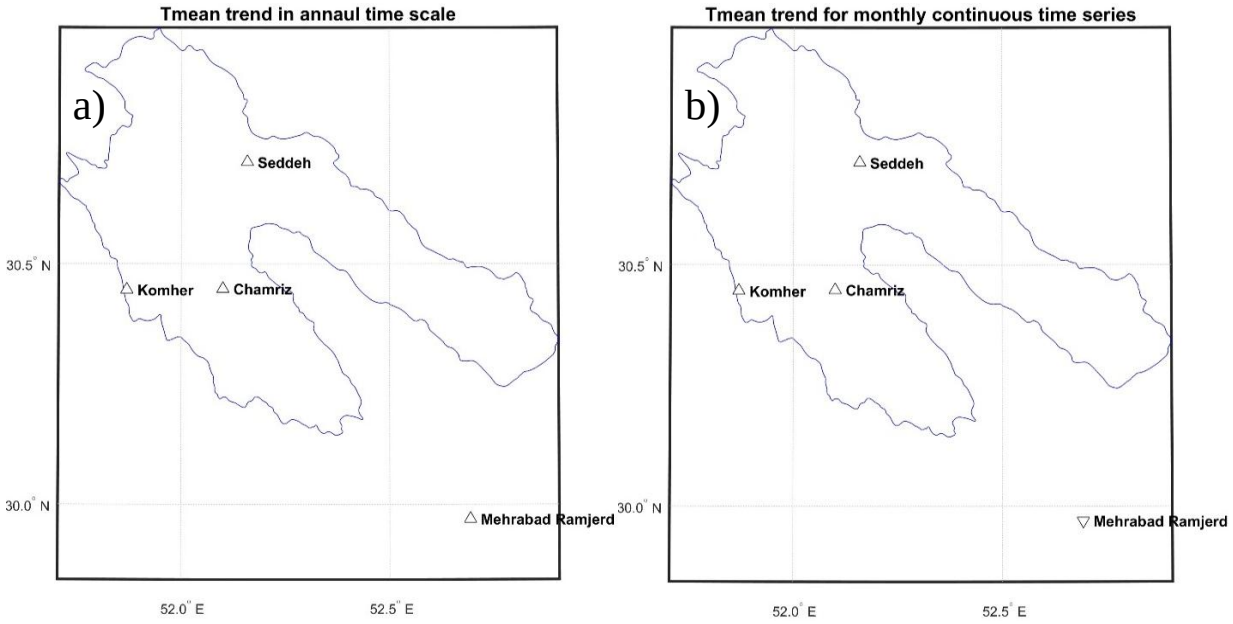
جدول ۴ همچنین روند دمای متوسط سالانه جزء سری‌ها در دو ایستگاه چمریز و کمهر با نقطه شکست معنی را نشان میدهد. نتایج نشان داد، در هر دو ایستگاه روند سری زمانی دمای سالانه و در هر دو بخش قبل و بعد از نقطه شکست نزولی است. این روند نزولی در در جزء سری قبل از نقطه شکست چمریز T1 و نیز در جزء سری بعد از نقطه شکست کمهر T2 در روش MMK در سطح ۹۹ درصد اطمینان معنی‌دار است. در مطابقت با نتایج جدول ۴، شکل ۵ نمودار تغییرات دمای متوسط سالانه و زمان وقوع شکست در دو ایستگاه چمریز و کمهر را نشان می‌دهد. براساس این شکل میانگین متوسط دمای سالانه در هر دو ایستگاه در دوره بعد از نقطه شکست بالاتر از دوره قبل آن است.

جهت ارزیابی دقیق‌تر شرایط جزء سری‌ها در دو دوره زمانی، نسبت میانگین داده‌ها در قبل و بعد نقطه شکست C به کمک رابطه (۳) محاسبه گردید. نتایج نشان می‌دهد در ایستگاه‌های چمریز و کمهر میانگین دمای متوسط سالانه به ترتیب ۵/۹ و ۸/۲ درصد در بعد از نقطه شکست افزایش یافته است. به عبارت بهتر در ایستگاه چمریز متوسط دمای سالانه دوره قبل از نقطه شکست یعنی سال ۱۳۶۱ از ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد به ۱۴/۶ در دوره دوم افزایش یافته است. در ایستگاه کمهر نیز میانگین درجه حرارت از ۱۱ درجه سانتی‌گراد در دوره قبل از ۱۳۷۷به ۱۱/۹ در دوره بعد از آن افزایش یافته است.

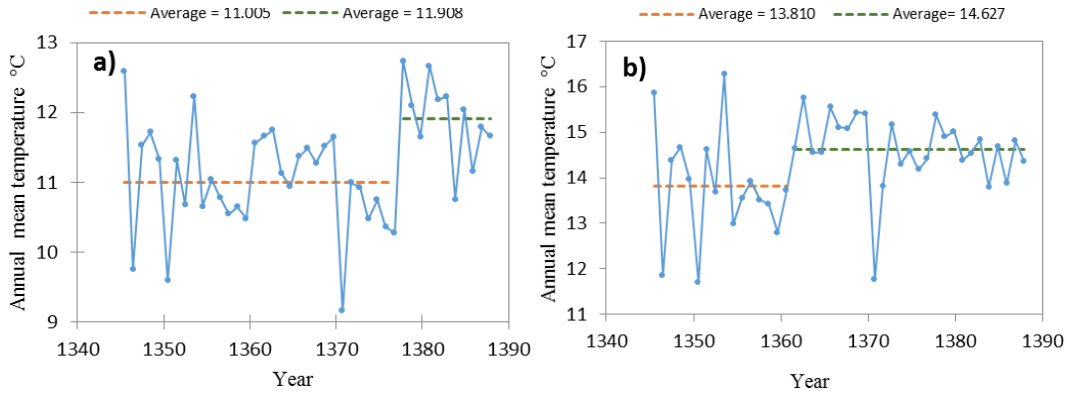
جدول ۴- نتایج آزمون روند دمای متوسط ماهانه و سالانه و همچنین روند دمای متوسط سالانه جزء سری‌ها در ایستگاه‌های با نقطه شکست معنی‌دار

Table 4. Results of trend analysis of monthly and annual mean temperature، as well as the annual mean temperature trend of the series at the stations with a significant change point

ایستگاه	متوسط دمای سالانه					متوسط دمای ماهانه				
	آماره S	Kendall's tau	MK	MMK	Sen Slope	آماره S	Kendall's tau	MK	MMK	Sen Slope
چمریز	۹۹	۰/۱۱	۱/۰۴	۱/۰۲۶	۰/۰۱۴	۲۷۴۵	۰/۰۱۹	۰/۶۶۸	۱/۴۷	۰/۰۰۱
کمهر	۱۲۷	۰/۱۴۱	۱/۳۳	۱/۳۲	۰/۰۱۴	۲۸۷۵	۰/۰۲۰	۰/۷	۱/۲۳	۰/۰۰۱
مهرآباد رامجرد	۶۱	۰/۰۶۸	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۰۰۶	-۵۱۸	-۰/۰۰۴	-۰/۱۲۶	-۰/۲۳	-۰/۰۰۰۲۳
سده	۱۰۵	۰/۱۱۶	۱/۰۹	۱/۰۹	۰/۰۱۱	۲۲۹۸	۰/۰۱۶	۰/۵۵۹	۱/۲۸	۰/۰۰۱
T1چمریز	-۳۲	-۰/۲۶۷	-۱/۳۹	-۳/۶۶	-۰/۰۷۳					
T2چمریز	-۹۱	-۰/۲۵۹	-۱/۸۷	-۱/۸۸	-۰/۰۳					
T1 کمهر	-۹۸	-۰/۱۹۸	-۱/۵۷	-۱/۵۷	-۰/۰۲					
T2 کمهر	-۲۳	-۰/۴۱۸	-۱/۷۱	-۷/۳۳	-۰/۱۰۵					



شکل ۴- نقشه پراکنش مکانی معناداری روند a) متوسط دمای سالانه و b)متوسط دمای ماهانه در ایستگاه‌ها مورد مطالعه
Figure 4. The spatial distribution map of trend significance of a) monthly temperature and b) annual temperature time series in the stations



شکل ۵- نقطه شکست و میانگین جزء سری‌ها در قبل و بعد از نقطه شکست در a) ایستگاه کمهر و b) ایستگاه چمریز
Figure 5. The change point and the average of the series before and after the change point in، a) Komer Station and، b) Chamriz Station

درصد تغییرات بارش و دما نسبت به میانگین PC

جدول ۵ درصد تغییرات بارش و دما نسبت به میانگین را نشان می‌دهد. طبق این جدول در طول دوره آماری برخی ایستگاه‌ها با افزایش و بعضی دیگر با کاهش بارش همراه بوده‌اند. بیشترین تغییرات کاهشی و افزایشی به ترتیب با مقادیر ۷۶/۳- و ۲۱/۶ درصد مربوط به ایستگاه‌های دزکرد و عباس آباد است. میانگین این تغییرات ۹/۱ درصد کاهش در کل سطح حوضه مورد مطالعه نشان را می‌دهد. در مورد تغییرات دمای متوسط سالانه نیز دما در همه ایستگاه‌ها در طول دوره افزایش یافته است. میانگین این تغییرات برای منطقه مورد مطالعه ۳/۷ درصد افزایش دما در سطح حوضه نشان می‌دهد. نتایج فرخ نیا و مرید (۸) نیز نشان داد بطور میانگین افزایش دمای متوسط سالانه ۹ درصدی و کاهش بارش سالانه ۱۰ درصدی در سطح حوضه دریاچه ارومیه اتفاق افتاده است.

جدول ۵- نتایج بررسی درصد تغییرات پارامترهای بارش و دما نسبت به میانگین (PC)

Table 5. The percentage of the change in rainfall and temperature parameters compared to the mean of the time series

	ایستگاه	سد درودزن	کمهر	خسرو شیرین	جمال شیرین	امامزاده اسماعیل	دزکرد	دهکده سفید	دشتک	چوبخله	احمد آباد	عباس آباد	سده	چمریز	میانگین
بارش	PC	-۲۳/۱	-۱۹/۲	۶/۸	۰	۱۰/۱	-۷۶/۳	۵/۵	-۹	۱۰/۸	-۳۱/۳	۲۱/۶	-۱۰/۷	-۴/۵	۹/۱
	ایستگاه	چمریز	کمهر	مهرآباد	سده										
دما	PC	۴/۲	۵/۳	۱/۷	۳/۷										۳/۷

بررسی روند سری زمانی متغیرهای هواشناسی می‌تواند بیانگر نقش عوامل اقلیمی در تغییرات شرایط هیدرولوژیکی منابع آب باشد. در این تحقیق، روند بارش و دما، در ۱۳ ایستگاه باران‌سنجی و ۴ ایستگاه دماسنجی در محدوده سد درودزن بررسی شد. آزمون‌های ناپارامتری پتیت، من کندال، من کندال اصلاح شده و شیب سن بر روی سری داده‌های بارش و دمای ماهانه و سالانه اعمال گردید. نتایج بررسی روند با هر سه آزمون نشان داد روند بارش ماهانه در همه ایستگاه‌ها و بارش سالانه در بیشتر ایستگاه‌ها کاهشی و روند دمای متوسط ماهانه و سالانه افزایشی بوده است. با این حال، در هیچ یک از سری‌های زمانی روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار نبوده است. در کل، متوسط بارش در منطقه مورد مطالعه ۹/۱ درصد کاهش و متوسط دما ۳/۷ درصد افزایش داشته است. نتایج سایر تحقیقات مشابه در مناطق جنوبی کشور نیز مؤید کاهش میزان بارش و افزایش دما بوده‌اند (۳۰،۲۹،۱۶،۹،۸).

منابع

1. Abolverdi, J., G. Ferdosifar, D. Khalili, A.A. Kamgar-Haghighi and M.A. Haghighi. 2014. Recent trends in regional air temperature and precipitation and links to global climate change in the Maharlo watershed, Southwestern Iran. Meteorology and Atmospheric Physics, 126(3-4): 177-192.
2. Ahani, H., M. Kherad, M.R. Kousari, M. Rezaeian-Zadeh, M.A. Karampour, F. Ejraee and S. Kamali. 2012. An investigation of trends in precipitation volume for the last three decades in different regions of Fars province, Iran. Theoretical and Applied Climatology, 109(3): 361-382.
3. Ansari, M., G.R. Noori and S. Fotohi. 2017. Investigation of Temperature Precipitation and Flow Trend Using Nonparametric Mankendall (Case Study: Kaju River in Sistan and Baluchestan). journal of Watershed Management Research, 7(14): 152-158 (In Persian).
4. Dadashi Roudbari, A., G. Fallah Ghalheri, M. Karami and M. Baaghide. 2016. Analysis of Precipitation Variations of Haraz Watershed Using by Statistical Methods and Spectrum Analysis Technique. Scientific Journal Management System, 2(7): 59-86 (In Persian).
5. Darand, M. 2014. Analysis of variations in extreme temperature and precipitation in Uremia indices as the signs of climate change. Jornal of Water and Soil Conservation, 21(2): 1-29 (In Persian).
6. De Lima, M., S. Carvalho, J. De Lima and M. Coelho. 2010. Trends in precipitation: analysis of long annual and monthly time series from mainland Portugal. Advances in Geosciences, 25: 155-160.
7. Ekhtesasi, M.R., F. Jahanbakhshi and M.R. Kousari. 2015. Evaluating the Trend of Precipitation in 32 Synoptic Stations in Iran with Nonparametric Method and Moving Summation of Data for the Period of 1970 to 2005 with Ranks of 1 to 48 Months.Technical Note. Iran-Water Resources Research, 11(2): 151-156 (In Persian).
8. Farokhnia, A. and S. Morid. 2014. Assessment of the effects of temperature and precipitation variations on the trend of river flows in Urmia Lake watershed. Journal of Water and Wastewater, 25(3): 86-97 (In Persian).
9. Gharechaei, H., A. Moghaddam Nia, A. Malekian and A. Ahmadi. 2016. Separation of the effects of climate variability and human activities on runoff of Bakhtegan Basin. Iranian Journal of Eco hydrology, 2(4): 445-454 (In Persian).
10. Ghodoosi, M., S. Morid and M. Delavar. 2013. Comparison of detrending methods for the temperature and precipitations time series. Journa of Agricultural Meteorology, 1(2): 32-45 (In Persian).
11. Hajam, S., Y. Khoush Khou and R. Shams Aldin Vandi. 2008. Annual and Seasonal Precipitation Trend Analysis of Some Selective Meteorological Stations In Central Region of Iran Using Non-Poarametric Methods. Geography and Development, 40(64): 157- 168 (In Persian).
12. Hamed, K.H. and A.R. Rao. 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. Journal of Hydrology, 204(1-4): 182-196.
13. Jafarzadeh, M.S., H. Rouhani, A. Heshmatpoure and M. Kashani. 2016. Detecting Trend of Meteorological Series Across the Gorganrood Basin in the Last Three Decades. Journal of Watershed Management Research, 7(13): 230-240 (In Persian).
14. Khalili, K., M. Nazeri Tahrudi and F. Ahmadi. 2015. Application of PCI Index in the Annual and Seasonal Rainfall Pattern Investigation and Trend Analysis of Iran Duration the Recent Half Century. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 9(1): 195-208 (In Persian).
15. Khaliq, M.N., T.B.M.J. Ouarda, P. Gachon, L. Sushama and A. St-Hilaire. 2009. Identification of hydrological trends in the presence of serial and cross correlations: A review of selected methods and their application to annual flow regimes of Canadian rivers. Journal of Hydrology, 368: 117-130.
16. Kousari, M., M.T. Dastorani, Y. Niazi, E. Soheyli, M. Hayatzadeh and J. Chezgi. 2014. Trend Detection of Drought in Arid and Semi-Arid Regions of Iran Based on Implementation of Reconnaissance Drought Index (RDI) and Application of Non-Parametrical Statistical Method. Water Resour Manag, 28: 1857-1872.

17. Kousari, M.R., H. Ahani and H. Hakimelahi. 2013. An investigation of near surface wind speed trends in arid and semiarid regions of Iran. Theoretical and Applied Climatology, 114(1): 153-168.
18. Kousari, M.R., M.A. Asadi Zarch, H. Ahani and H. Hakimelahi. 2013. A survey of temporal and spatial reference crop evapotranspiration trends in Iran from 1960 to 2005. Climatic Change, 120(1): 277-298.
19. Kousari, M.R., M.R. Ekhtesasi and H. Malekinezhad. 2017. Investigation of long term drought trend in semi-arid, arid and hyper-arid regions of the world. Desert Management, 8(Autumn & Winter,): 36-53 (In Persian).
20. Marofi, S., B. khatar, M. Sadeghifar, N. Parsafar and A. Ildoromi. 2014. Drought Forecasting Using SARIMA Time Series Model and SPI Index for Central Parts of Hamedan Province. Journal of Water Research in Agriculture, 28(1): 213-225 (In Persian).
21. Modaresi, F., S. Araghinejad, K. Ebrahimi and M. Kholghi. 2010. Regional assessment of climate change using statistical tests: Case Study of Gorganroud-Gharehsou Basin. Journal of water and soil, 24(3): 476-489 (In Persian).
22. Mofidi, A., M. Hamidianpour, M. Salihgheh and B. Alijani. 2014. Determination of the Onset, Withdrawal and Duration of Sistan wind using a Change Point Approach. Geography and Environmental Hazard, 2(8): 87-112 (In Persian).
23. Morozova, A.L. and M.A. Valente. 2012. Homogenization of Portuguese long-term temperature data series: Lisbon, Coimbra and Porto, . Earth Syst. Sci. Data, 4: 187-213.
24. Nafarzadegan, A.R., M. Rezaeian Zadeh, M. Kherad, H. Ahani, A. Gharehkhani, M.A. Karampoor and M.R. Kousari. 2012. Drought area monitoring during the past three decades in Fars province, Iran. Quaternary International, 250: 27-36.
25. Nassaji Zavareh, M., A. Khorshiddoust, A. Rasouli and A. Slajegheh. 2014. Assessment of Discharge Trend of Kasilian Watershed. Iranian Journal of Watershed Management Science & Engineering, 8(24): 1-8 (In Persian).
26. Pal, I. and A. Al-Tabbaa. 2011. Assessing seasonal precipitation trends in India using parametric and non-parametric statistical techniques. Theoretical and Applied Climatology, 103(1-2): 1-11.
27. Rahimi, L., A.A. Dehghani and K. Ghorbani. 2016. Comparison of Total flow, Base flow and Water-Quality Characteristics Trend in Arazkuseh Hydrometric Station. Journal Of Watershed Management Research, 7(13): 83-91(In Persian).
28. Ranjbar, A., D. Khalili, S. Zand Parsa and A.A. Kamgar-Haghighi. 2015. Regional Drought Monitoring Based on Infelow Into The Doroodzan Reservoir OIR In Fars Province. Journal of Irrigation Science and Engineering, 38(1): 79-96 (In Persian).
29. Sabziparvar, A.A., Z. Seif and F. Ghiyami. 2013. Analysis of Temperature changes Trend in Arid and Semi-arid Regions. Geography and Development, 11: 139-156 (In Persian).
30. Salarijazi, M., A.M. Akhond-Ali, A. Adib and A. Daneshkhah. 2012. Trend and change-point detection for the annual stream-flow series of the Karun River at the Ahvaz hydrometric station. African Journal of Agricultural Research, 7(32): 4540-4552.
31. Sonali, P. and D.N. Kumar. 2013. Review of trend detection methods and their application to detect temperature changes in India. Journal of Hydrology, 476: 212-227.
32. Torabi Poodeh, H. and S. Emamgholizadeh. 2015. Trend analysis of streamflow changing of north watershed of Dez River with TFPW-MK procedure. Journal of Water and Soil Conservation, 22(3): 39-55 (In Persian).
33. Yue, S. and C. Wang. 2004. The Mann-Kendall Test Modified by Effective Sample Size to Detect Trend in Serially Correlated Hydrological Series. Water Resources Management, 18: 201-218.

Analysis of Trends in Temperature and Precipitation in Doroodzan Dam Basin using the Modified Mann-Kendall Test

Esmaeil Soheili[1], Hussein Malekinezhad[2] and Mohammad Reza Ekhtesasi[3]

1- PhD Graduated, College of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Iran
2- Associate Professor, College of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Iran
(Corresponding Author: hmalekinezhad@yazd.ac.ir)
3- Professor, College of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Iran
Received: August 4, 2017 Accepted: September 26, 2017

Abstract

Doroodzan Dam basin is one of the strategic agricultural areas in Fars province. Changes in time series of climatic parameters, especially temperature and precipitation parameters, can have a significant impact on the growth cycle of agricultural products, the status of water resources and the economy of the populations in the area. In the present study, rainfall and temperature trends were investigated in 13 rainfall stations and 4 thermometric stations. Initially, the change point pettitt test was used to assess the homogeneity and change point in the time series. Then, trends in the rainfall, average monthly and annual temperature time series were investigated using Mann-Kendall (MK), modified Mann-Kendall (MMK) and the sen's slope methods. The results of the pettitt test showed that there is no significant change point in the monthly and annual rainfall and monthly temperature time series, only in the annual temperature of two stations, there is a significant change point at the 95% confidence level. The results of the trend analysis with all three abovementioned methods showed that the monthly precipitation in all stations and annual precipitation in most stations have a decreasing trend and the average monthly and annual temperature have an increasing trend; however, in none of the time series, the trend was significant in the confidence level of 95%. Based on the results, in the whole area, the mean annual temperature increased by 3.7 percent and precipitation decreased by 9.1 percent compared to the mean.

Keywords: Change Point, Fars Province, Sen's Slope, Trend, Modified Mann-Kendall