بررسی روند بارندگی و دبی در حوضه‌ی آبریز ارس

مهدی دستورانی[۱]*، فرزانه یزدان‌پناه قرایی[۲]

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند

۲- دانشجوی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳

چکیده

رودخانه‌ها نقش بسیار مهمی در اقتصاد و کشاورزی دارند اما تغییر اقلیم و مدیریت نادرست این منابع را تحت تاثیر قرارداده‌اند. برای مدیریت بهتر این منابع اطلاع از روند دبی آن‌ها و عوامل ایجادکننده‌ی روند ضروری می‌باشد. کاهش شدید بارندگی و دوره‌های خشک ناشی از آن، تاثیرهای منفی بسیاری بر منابع آب می‌گذارد. تداوم و گسترش خشکسالی‌ها از تبعات تغییر اقلیم می‌باشد. این پژوهش به بررسی تغییرات بارندگی و دبی در حوضه آبریز ارس واقع در شمال غرب کشور پرداخته است. به این منظور پس از همگنی و صحت‌سنجی داده‌ها، ۹ ایستگاه هیدرومتری و ۵ ایستگاه باران‌سنجی با دوره آماری سال‌های آبی ۹۵-۱۳۶۶انتخاب شد. هدف این پژوهش، ارزیابی روند تغییرات سری‌های زمانی متغیرهای بارش و دبی با استفاده از آزمون های من-کندال و تخمینگر سن است. نتایج تحلیل روند نشان داد که در مقیاس سالانه بارندگی در دو ایستگاه روند افزایشی و در مابقی روندی نداشته‌است و در تحلیل روند دبی در شش ایستگاه روند کاهشی و در سه ایستگاه هیچ روندی نداشته‌است.

واژه‌های کلیدی: آزمون من-کندال، بارندگی،تغییر اقلیم، دبی، روند، شیب سن

مقدمه

روند تغییرات اقلیم مهمترین موضوع در تحقیقات اقلیمی چند دهه‌ی گذشته است و هنوز هم یکی از مهمترین چالش‌های امروز است(da Silva et al., 2015). افزایش میانگین دمای سطح جهان باعث تغییر در پارامترهای اقلیمی مانند بارش، تبخیر و تعرق شده‌است که این امر به نوبه‌ی خود رژیم جریان رودخانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Khaliq et al., 2009). از مهم‌ترین مشخصه‌های اقلیمی هر منطقه مقدار بارندگی آن می‌باشد. این مشخصه اقلیمی از بی‌ثبات ترین متغیرهای اقلیمی می‌باشد که بر منابع آب یک منطقه به‌طور جدی تأثیرگذار است (رضایی و عابد، ۱۳۸۹). پارامترهای اقلیمی در مقیاس زمان و مکان به دلایل زیاد تغییر می کنند. به منظور آشکارسازی تغییرات اقلیمی از دیدگاه آماری، روش‌های خاصی به‌کار گرفته می‌شود. به طور کلی آزمون‌های آماری را می‌توان به دو بخش آزمون‌های پارامتری و آزمون‌های ناپارامتری تقسیم کرد. مزیت آزمون‌های پارامتری، فرض اولیه‌ی آزمون، وجود توزیع نرمال در داده‌ها می‌باشد از آنجایی‌که بسیاری از داده‌ها در شرایط واقعی دارای چولگی بوده و توزیع نرمال ندارند بنابراین برای اینکه نتیجه بهتری بدست آید ترجیح داده می‌شود از آزمون های ناپارامتری، نظیر آزمون من-کندال که جزء متداول‌ترین و پرکاربردترین

*نویسنده مسئول Email: mdastourani@birjand.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.1.2.7]

روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی به شمار می‌رود استفاده گردد (Modarres and Sarhadi., 2009; Fujihara et al., 2016) از این رو و با توجه به توانمندی‌هایی که این آزمون در آشکارسازی تغییرات رخداده در سری‌های زمانی متغیرهای اقلیمی دارا می‌باشد، بسیار مورد توجه محققین حوزه‌های مطالعاتی تغییراقلیم بوده است. همچنین مطالعات مختلف انجام شده با استفاده از این روش حاکی از اهمیت و کاربرد فراوان آن در تحلیل روند سری‌های زمانی می‌باشد(فولاد و همکاران،۱۳۸۸).

تاکنون مطالعات متعددی در رابطه با روند بارش و دبی در نقاط مختلف جهان انجام شده‌است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

Akter و همکاران (۲۰۱۹) روند تغییرات بارش و دبی در حوضه رودخانه سورما واقع در شمال شرق بنگلادش توسط آزمون ناپارامتریک من-کندال بررسی کردند و نتایج حاکی از کاهش روند تغییرات بارش و دبی برای دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۷۳ بود. Abghari و همکاران (۲۰۱۳) روند جریان رودخانه را در غرب ایران تحت تغییر پذیری بارش با استفاده از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری رو اسپرمن، من کندال و همبستگی پیرسون برای سری‌های زمانی سالانه و فصلی در ۱۲ ایستگاه مطالعه کردند. آن‌ها در ۶ ایستگاه مورد مطالعه برای دبی روند کاهشی معنی‌داری را در سطح ۵ درصد یافتند که بیشترین روند کاهشی را در ماه‌های اکتبر و نوامبر وجود داشت. از طرف دیگر روند داده‌های سالانه بارش اگرچه دارای افزایش بودند ولی معنی دار نشده‌اند. از آزمون ناپارامتریک من-کندال به منظور تشخیص روند متغیرهای عمده هیدرولوژیکی در حوضه رودخانه تاریم (بزرگترین حوضه رودخانه داخلی چین) برای دوره ۲۰۰۷-۱۹۶۰ استفاده شد؛ نتایج نشان داد که متوسط درجه حرارت سالانه هوا و بارش، روند رو به رشدی را تجربه می‌کنند. در حالیکه رواناب‌ها و جریان سطحی سالانه روندی هم کاهشی و هم افزایشی داشته اند(zarghami et al.,2011).

در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر حوضه جراحی از آزمون ناپارامتریک من-کندال و پارامتری رگرسیون استفاده شد. بدین منظور از داده‌های پنج ایستگاه آب‌سنجی طی دوره ۱۳۸۷-۱۳۶۸ استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که دبی سالانه در همه ایستگاه‌ها دارای روند نزولی در دو دهه اخیر بوده‌است (امیریان و سلطانی،۱۳۹۰). روند تغییرات بارش و دبی در حوضه آبخیر کشف رود در ۱۳ ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری در دوره‌ی آماری بین سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۵ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل نشان داد که دبی در دو ایستگاه بدون روند و در مابقی دارای روند کاهشی بود و در داده‌های بارش در ۵ ایستگاه دارای روند افزایشی و ۸ ایستگاه دارای روند کاهشی بود(وفاخواه و همکاران، ۱۳۹۱).

از طرفی بررسی منابع موجود هم نشان می‌دهد تاکنون مطالعه‌ی جامعی بر روی تغییرات بارندگی و دبی حوضه‌ی آبریز ارس با آزمون ناپارامتری من-کندال و شیب سن صورت نگرفته‌است. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، هدف این مطالعه بررسی روند بارندگی و دبی در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه حوضه آبریز ارس می‌باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه ارس یکی از حوضه‌های باز ایران است که در تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز ایران، حوضه فرعی به شمار می‌رود و زیرمجموعه حوضه آبریز دریای مازندران است. حوضه آبریز رودخانه ارس با مساحت بیش از صدهزار کیلومتر مربع، قسمت‌هایی از خاک کشور ترکیه، آذربایجان، ارمنستان و ایران را دربرمی‌گیرد. آن قسمت از حوضه ارس که در ایران قرار گرفته‌است، در منتهی الیه شمال غرب کشور و در ساحل سمت راست رودخانه و در استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل و بخش کوچکی از استان گیلان است که حدود ۴۱ درصد از مساحت کل حوضه ارس را تشکیل می‌دهد (اردبیلی اصل و آقایی، ۱۳۸۶). این حوضه در محدوده‌ای بین ۴۴ درجه و ۱ دقیقه و ۴۲ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۴۲

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.1.2.7]

دقیقه و ۳۳ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۴۶ دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۳۹ درجه و ۴۷ دقیقه و ۷ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. مساحت این حوضه برابر با ۳۹۸۹۷ کیلومترمربع بوده و میزان آبدهی آن ۵۷۰۰ میلیون متر مکعب در سال است.

روش تحقیق

در این مطالعه روند تغییرات دبی و بارش در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه در حوضه‌ی آبریز ارس مورد بررسی قرار گرفت. برای دوره آماری ۳۰ سال (۹۵-۱۳۶۶) داده‌های هر ایستگاه از نظر همگنی بررسی شده و از روش نسبت‌ها برای تکمیل داده‌های ایستگاه هایی که در برخی از سال‌ها خلاء آماری داشتند استفاده شد. مشخصات ایستگاه‌های منتخب در جدول (۱) آورده شده‌اند.

جدول(۱): مشخصات ایستگاه‌های منتخب

متغیر	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (m)
بارش	اهر	۴۷-۰۴	۳۸-۲۶	۱۳۹۱
	پل چرچر	۴۵-۴۳	۳۸-۳۴	۱۳۵۰
	تازه کند اهر	۴۷-۱۳	۳۸-۲۶	۱۲۱۵
	مرند	۴۵-۴۶	۳۸-۲۵	۱۵۵۰
	وردین	۴۶-۵۹	۳۸-۲۷	۱۳۲۷
	بدلان	۴۴-۴۲	۳۸-۳۶	۱۵۳۰
دبی	پل چرچر	۴۵-۴۳	۳۸-۳۴	۱۳۵۰
	تازه کند اهر	۴۷-۱۳	۳۸-۲۶	۱۲۱۵
	رواسبحان	۴۶-۵۷	۳۸-۳۰	۱۲۵۶
	سامیان	۴۸-۱۴	۳۸-۲۲	۱۲۹۰
	ماکو	۴۴-۳۲	۳۹-۱۸	۱۲۰۰
	مشیران	۴۷-۳۲	۳۸-۴۱	۷۰۵
	مظفرآباد	۴۵-۱۶	۳۸-۴۶	۹۷۰
	نیر	۴۷-۵۹	۳۸-۰۲	۱۶۲۴

جهت تشخیص روند در سری‌های زمانی متغیرهای آب و هواشناسی از آزمون‌های مختلفی استفاده می‌شود که این آزمون ها به دو دسته ی پارامتری و ناپارامتری قابل تفکیک می‌باشند. آزمون های ناپارامتری نسبت به آزمون‌های پارامتری کاربرد نسبتا وسیع‌تر و چشمگیرتری دارا هستند زیرا در روش‌های پارامتری نیاز است که داده‌ها مستقل بوده و از توزیع نرمال پیروی کنند. در صورتی‌که در روش‌های ناپارامتری نیاز نیست داده‌ها از توزیع نرمال پیروی کنند و این روش‌ها نسبت به داده‌های پرت و گمشده حساسیت کمتری دارند. نقطه اشتراک دو آزمون پارامتری و ناپارامتری داشتن داده‌های مستقل است (Hamed., 2008). از بین آزمون‌های روند ناپارامتری برای تشخیص روند سری های زمانی هیدرولوژیکی روش من-کندال مناسب‌تر است مخصوصا برای داده‌های هیدرولوژی که نامتوازن‌اند و داده‌های پرت دارند (Hamed & Rao., 1998).

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.1.2.7]

آزمون من-کندال

از آزمون من-کندال برای تعیین روند عناصر اقلیمی و دبی رودخانه استفاده شده‌است. این آزمون ابتدا توسط Mann (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط Kendall (۱۹۷۵) بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی بسط و توسعه یافت. این روش در همان سال‌ها مورد توجه سازمان هواشناسی جهانی قرار گرفت. همانند سایر آزمون‌های آماری، این آزمون برمبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده و در نهایت در مورد پذیرش یا رد فرض صفر تصمیم‌گیری می‌نمایند. فرض صفر این آزمون مبتنی بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها است و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بروجود روند در سری داده‌ها می‌باشد.

مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

الف: محاسبه‌ی اختلاف بین تک تک مشاهدات با یکدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S که از رابطه‌ی (۱) به دست می‌آید:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \mathrm{sgn}(x_j = x_k) \qquad (۱)$$

که در آن: n تعداد مشاهدات و x_j وx_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری‌اند. تابع علامت نیز توسط رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$sgn(x) = \begin{cases} +1 & if \ (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & if \ (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & if \ (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \qquad (۲)$$

ب: محاسبه‌ی واریانس که از رابطه‌های (۳) و(۴) به دست می‌آید:

$$Var = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^{m} t_i \ t_i(t_i-1)(2t_i-1)(2t_i+5)}{18} \qquad \text{اگر } n>10 \qquad (۳)$$

$$Var = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \qquad \text{اگر } n<10 \qquad (۴)$$

که در نهایت n تعداد داده‌های مشاهده‌ای، m معرف تعداد سری‌هایی که در آن حداقل یک داده تکراری وجود داشته باشد و t معرف داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد.

ج: نهایت مقدار آماره z توسط یکی از روابط زیر تعیین می‌گردد:

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{var(S)}} & if \quad s > 0 \\ 0 & if \quad s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{var(S)}} & if \quad s < 0 \end{cases} \qquad (۵)$$

در یک آزمون دو طرفه برای یافتن روند سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه‌ی (۶) برقرار باشد:

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.1.2.7]

$$|Z| \leq Z_{\frac{\alpha}{2}} \quad (۶)$$

که در آن: α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و z آماره ی توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری می‌باشد. که باتوجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\frac{\alpha}{2}$ استفاده شده‌است. در این تحقیق آزمون من-کندال برای سطوح اطمینان ۹۰ درصد، ۹۵ درصد و ۹۹ درصد به کار گرفته شده است که مقدار $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ به ترتیب برابر ۱,۶۴، ۱,۹۶ و ۲,۶۵ می‌باشد.

در صورت مثبت بودن آماره‌ی روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

شیب سن

جهت برآورد نمودن شیب واقعی یک روند در یک سری زمانی، استفاده از روش ناپارامتریک سن می‌تواند یکی از روش‌های مناسب در این زمینه باشد. این روش ابتدا توسط تیل در سال ۱۹۵۰ ارائه و سپس توسط سن در سال ۱۹۶۸ بسط و گسترش داده شد. این روش نیز همانند بسیاری دیگر از روش‌های ناپارامتریک همچون من-کندال برتحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی استوار است. این روش زمانی می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد که روند موجود در سری زمانی یک روند خطی باشد. این بدان معناست که f(t) در رابطه (۷) برابر است با :

$$f(t) = Q_t + B \quad (۷)$$

که Q، شیب خط روند و B، مقدار ثابت است.

جهت محاسبه شیب خط روند یعنی Q، ابتدا بایستی شیب بین هر جفت داده مشاهداتی، با استفاده از رابطه (۸) محاسبه گردد:

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j-k} \quad (۸)$$

که $j > k$ است. در این معادله x_j و x_k به ترتیب داده‌های مشاهداتی در زمان‌های j و k است. با اعمال این رابطه، برای هر جفت داده‌ی مشاهده‌ای، یک شیب بدست می‌آید. با قرار دادن این شیب‌ها در کنار یکدیگر یک سری زمانی از شیب‌های محاسبه شده حاصل می‌آید. یعنی اگر n تعداد x_j در سری زمانی وجود داشته باشد. در این تحقیق (n= ۳۰) ما به اندازه $N = n(n-1)/2$ برآورد شیب Q_i خواهیم داشت. در مرحله بعد، میانه سری زمانی مورد مطالعه بایستی بدست آید. برای این کار N تعداد از Q_i ها از کوچک به بزرگ مرتب می‌شوند و سپس با استفاده از یکی از معادلات زیر اقدام به تعیین میانه سری زمانی می‌گردد. اگر تعداد مشاهدات سری زمانی مورد مطالعه فرد باشد از رابطه (۹) و اگر زوج باشد از رابطه (۱۰) استفاده می‌گردد:

$$Q = Q_{\left[\frac{N+1}{2}\right]} \quad (۹)$$

$$Q = [Q_{\left[\frac{N}{2}\right]} + Q_{\left[\frac{N+2}{2}\right]}] \quad (۱۰)$$

نتیجه حاصل از این روابط، بدست آمدن شیب خط روند (Q_{med}) است. اگر شیب خط روند مثبت باشد حاکی از صعودی بودن روند و اگر منفی باشد دال بر نزولی بودن روند است.

مرحله بعد، آزمون نمودن شیب بدست آمده در فاصله اطمینان ۹۵ درصد است. جهت انجام این آزمون از رابطه (۱۱) استفاده می‌گردد:

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.1.2.7]

$$C_a = Z_{1-\alpha/2}\sqrt{VAR(S)} \quad (۱۱)$$

که Z عبارت است از آماره توزیع نرمال استاندارد در یک آزمون دو طرفه که برای سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر با Z=1.96 است و VAR(S)، نیز واریانس پارامتر S است. جهت به دست آوردن مقدار پارامتر S و همچنین VAR(S) مراحل زیر بایستی پیموده شود:

الف: محاسبه اختلاف بین تک تک جملات سری با هم دیگر و اعمال تابع sgn و استخراج پارامتر s :

$$S = \sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n} sgn(x_j - x_k) \quad (۱۲)$$

که n تعداد مشاهدات سری (در این تحقیق برابر با ۳۰ سال)، x_j و x_k نیز به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند.

ب: محاسبه‌ی تابع علامت sgn که شرح زیر قابل محاسبه است:

$$sgn(x) = \begin{cases} +1 & if \quad (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & if \quad (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & if \quad (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (۱۳)$$

ج: محاسبه واریانس S توسط یکی از روابط زیر، اگر تعداد داده‌های سری زمانی بزرگتر از ۱۰ مورد باشند از رابطه (۱۴) و اگر کوچکتر از ۱۰ مورد باشند از رابطه‌ی (۱۵) بهره گرفته می‌شود.

$$VAR(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (۱۴)$$

$$VAR(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (۱۵)$$

که n تعداد داده های مشاهداتی، m تعداد سری هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t نیز بیانگر فراوانی داده های با ارزش یکسان می‌باشد.

و در نهایت حدود اعتماد بالا و پایین به کمک روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{n' + C_a}{2} \\ M_2 = \frac{n' - C_a}{2} \end{cases} \quad (۱۶)$$

که n' تعداد شیب هایی است که از رابطه (۸) بدست آمده‌است.

حال M_1 امین و M_{2+1} امین شیب‌ها را از بین شیب‌های محاسبه شده استخراج می‌نماییم. در صورتی که عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده فوق قرار گیرد فرض صفر پذیرفته شده و عدم وجود روند در سری داده‌ها تایید می‌گردد. در غیر این‌صورت فرض صفر رد شده و وجود روند در سطح اطمینان مورد آزمون پذیرفته می‌گردد.

در نهایت جهت بدست آوردن مقدارB در رابطه (۷)، n تعداد تفاضل $x_i - Qt_i$ محاسبه می‌شود. سپس میانه این مقادیر، برآورد B را در اختیار می‌گذارد.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.1.2.7]

نتایج و بحث

در این پژوهش تحلیل روند با به کارگیری دو روش من- کندال و شیب سن برای سری های زمانی بارندگی و دبی در حوضه آبریز ارس برای ایستگاه های مختلف ارائه می‌گردد. نتایج براساس روش‌های مورد استفاده به‌طور ماهیانه، فصلی و سالیانه ارائه خواهند شد تا از وضعیت روند در سیستم هواشناسی و هیدرولوژی حوضه تصور دقیق‌تری ایجاد گردد.

بارندگی

نتایج حاصل از تحلیل روند بارندگی در جدول (۲) قابل مشاهده است. ملاحظه می‌گردد که در مقیاس سالانه از ۵ ایستگاه باران سنجی، دو ایستگاه مرند و وردین دارای روند افزایشی و در مابقی روند معنی داری مشاهده نشده‌است. بطور کلی روند بارندگی در اغلب سری های مورد مطالعه به جز مهر ماه در ایستگاه تازه کند اهر دارای روند افزایشی است. بیشترین میزان افزایش روند در بهمن ماه است که مربوط به ایستگاه های اهر، تازه کند اهر، مرند و وردین است.

دبی

جدول (۳) نتایج حاصل از تحلیل روند دبی را برای ایستگاه‌های حوضه نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که در مقیاس سالانه از ۹ ایستگاه هیدرومتری ۶ ایستگاه دارای روند کاهشی و مابقی فاقد روند می‌باشد. در بقیه ی سری های زمانی بجز در فصل تابستان و ماه های آن دبی دارای روند کاهشی می‌باشد.

جدول(۲): نتایج مقادیر z آزمون من کندال و شیب سن برای ایستگاه های باران‌سنجی در دوره آماری ۹۵-۱۳۶۶

نام ایستگاه	آماره	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
اهر	Z	-۰/۴۱	۱/۲۱	-۰/۳۷	۰/۸۴	۲/۱۳**	-۰/۳۰	۱/۷۰*	۰/۸۰	۱/۰۹	۲/۳۰**	۲/۲۱**	۰/۲۵	۱/۵۷	۱/۶۴*	۰/۶۶	۱/۳۶	۱/۵۷
	Q	-۰/۱۶۰	۰/۶۷۱	-۰/۱۵۶	۰/۱۵۴	۰/۷۰۰	-۰/۱۹۰	۰/۵۵۹	۰/۵۲۳	۰/۳۳۱	۰/۱۸۳	۰/۱۰۹	۰/۰۰۰	۱/۵۱۸	۰/۵۷۳	۰/۳۸۸	۰/۸۷۳	۲/۹۲۷
پل چرچر	Z	-۰/۲۹	۱/۳۹	۰/۱۱	۰/۹۸	۰/۹۱	۲/۱۸**	۰/۵۴	-۰/۰۲	-۰/۴۵	۰/۷۳	-۰/۲۷	۱/۳۴	-۰/۳۷	۰/۷۷	۰/۸۷	۲/۲۱**	۱/۶۱
	Q	-۰/۱۵۰	۰/۵۲۹	۰/۰۰۰	۰/۲۶۵	۰/۳۰۴	۰/۶۶۷	۰/۱۸۶	۰/۰۰۰	-۰/۱۸۸	۰/۱۷۶	۰/۰۰۰	۰/۱۰۷	-۰/۲۱۴	۰/۳۰۰	۰/۵۵۳	۱/۱۶۸	۲/۴۰۹
تازه کند اهر	Z	_۱/۶۴*	۰/۵۷	-۰/۴۳	-۰/۸۴	۱/۷۱*	۰/۳۰	-۰/۵۰	۱/۰۵	۱/۵۸	۲/۲۶**	۰/۸۱	۲/۰۰**	۱/۰۹	۲/۲۰**	۰/۳۰	۰/۵۷	۰/۷۵
	Q	-۰/۶۲۵	۰/۳۷۵	-۰/۰۹۱	-۰/۱۶۷	۰/۳۲۷	۰/۱۰۰	-۰/۲۳۱	۰/۵۲۶	۰/۶۴۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۰۹	۱/۰۰۰	۰/۷۷۸	۰/۳۳۳	۰/۲۷۶	۱/۱۶۱
مرند	Z	۰/۵۷	۰/۸۲	۱/۰۹	۰/۹۸	۲/۷۷***	۲/۳۹**	۱/۶۴*	۰/۴۸	۰/۹۵	۱,۲۷	۰/۶۷	۰/۷۴	۱/۲۱	۰/۸۹	۲/۰۰**	۳/۰۷***	۲/۸۲**
	Q	۰/۰۹۴	۰/۴۵۲	۰/۳۷۳	۰/۲۴۰	۰/۶۴۹	۰/۷۴۳	۰/۵۶۷	۰/۳۵۰	۰/۳۰۰	۰/۱۸۹	۰/۰۰۰	۰/۰۵۸	۱/۲۷۵	۰/۳۸۵	۱/۶۸۶	۱/۷۸۰	۴/۶۳۶
وردین	Z	-۰/۲۰	۰/۸۴	۱/۱۴	-۰/۱۱	۲/۵۰**	۰/۴۶	۰/۸۴	۰/۲۱	۰/۹۲	۱/۱۵	۱/۸۷*	۱/۳۳	۱/۱۴	۱/۵۴	۱/۶۴*	۰/۷۹	۲/۱۱**
	Q	-۰/۰۴۵	۰/۶۲۰	۰/۳۷۶	۰/۰۰۰	۰/۶۰۰	۰/۱۵۷	۰/۲۳۳	۰/۲۲۲	۰/۳۸۵	۰/۱۷۵	۰/۰۶۷	۰/۱۱۰	۱/۰۰۰	۰/۵۶۷	۱/۶۴۵	۰/۵۲۶	۳/۵۹۵

روند های معنی دار در سطوح ۱۰، ۵و ۱ به ترتیب با یک،دو و سه ستاره مشخص شده‌اند

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.1.2.7]

جدول(۳): نتایج مقادیر z آزمون من کندال و شیب سن برای ایستگاه های هیدرومتری در دوره آماری ۹۵-۱۳۶۶

نام ایستگاه	آماره	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
بدلان	Z	۱/۰۳	۰/۸۰	۰/۱۲	۰/۰۲	−۰/۷۹	۰/۲۹	۰/۰۷	−۰/۵۰	−۱/۶۱	−۰/۳۶	−۰/۸۲	۰/۶۱	−۱/۳۶	۰/۰۰	۰/۸۲	−۰/۸۲	−۰/۸۶
	Q	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	−۰/۰۱۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	−۰/۰۷۱	−۰/۲۲۰	−۰/۰۱۵	−۰/۰۲۰	۰/۰۱۲	−۰/۱۳۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۹	−۰/۰۰۳	−۰/۰۳۴
پل چرچر	Z	−۰/۳۹	−۲/۰۶**	−۳/۲۴***	−۲/۳۷**	−۱/۷۰*	−۱/۶۶*	−۲/۶۷***	−۲/۲۰**	−۰/۴۶	−۰/۸۳	−۰/۶۳	۲/۷۰***	−۰/۸۹	۰/۰۰۰۰	−۱/۸۵*	−۱/۷۵*	−۰/۹۶
	Q	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	−۰/۰۰۲	−۰/۰۰۲	−۰/۰۰۴	−۰/۰۱۷	−۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	−۰/۰۰۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	−۰/۰۰۱	−۰/۰۰۳
تازه کند اهر	Z	−۲/۳۱**	−۲/۹۵***	−۲/۸۳***	−۳/۰۶***	−۳/۵۱***	−۳/۲۵***	−۳/۱۰***	−۳/۲۵***	−۳/۳۶***	۰/۰۸	۲/۱۸**	۱/۱۹	−۳/۴۷***	۰/۵۱	−۳/۱۷***	−۳/۷۰***	−۴/۰۰۰***
	Q	−۰/۰۳۶	−۰/۱۰۳	−۰/۱۰۲	−۰/۱۰۲	−۰/۱۱۲	−۰/۱۷۰	−۰/۴۹۰	−۰/۳۲۹	−۰/۱۶۴	۰/۰۰۳	۰/۰۱۸	۰/۰۱۰	−۰/۳۳۷	۰/۰۰۸	−۰/۰۸۲	−۰/۱۳۲	−۰/۱۴۳
رواسبحان	Z	−۱/۷۲*	−۲/۶۲*	−۱/۷۷*	−۱/۸۶*	−۲/۳۰**	−۱/۱۴	−۱/۱۸	−۱/۴۶	−۲/۱۲*	−۱/۸۴*	−۰/۳۵	۰/۸۲	−۱/۶۱	−۰/۷۷	−۲/۵۷*	−۱/۷۳*	−۲/۳۰*
	Q	−۰/۰۰۱	−۰/۰۰۶	−۰/۰۰۴	−۰/۰۰۵	−۰/۰۰۴	−۰/۰۰۵	−۰/۰۱۹	−۰/۰۱۶	−۰/۰۱۱	−۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	−۰/۰۱۸	−۰/۰۰۱	−۰/۰۰۴	−۰/۰۰۵	−۰/۰۰۸
سامیان	Z	−۱/۳۴	−۳/۰۷***	−۴/۰۳***	−۴/۵۷***	−۴/۹۴***	−۴/۱۴***	−۴/۵۷***	−۳/۶۸***	−۲/۲۰*	۰/۶۷	۱/۵۲	۱/۱۰	−۴/۵۷***	۰/۷۸	−۴/۳۲***	−۵/۱۰***	−۵/۶۷***
	Q	−۰/۰۳۰	−۰/۱۶۱	−۰/۲۱۷	−۰/۲۵۷	−۰/۲۵۳	−۰/۵۰۰	−۰/۸۶۰	−۰/۱۸۹	−۰/۰۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	−۰/۴۰۵	۰/۰۰۰	−۰/۱۶۷	−۰/۳۳۵	−۰/۲۵۵
ماکو	Z	۰/۴۶	−۰/۸۲	−۱/۷۸*	−۲/۳۹**	−۲/۶۲*	−۲/۲۵*	−۱/۷۸*	−۱/۴۳	۱/۲۵	۲/۰۷*	۴/۳۲***	۳/۷۸***	−۱/۰۷	۳/۳۹***	−۰/۸۹	−۲/۱۹**	−۰/۳۶
	Q	۰/۰۱۳	−۰/۰۱۲	−۰/۰۳۲	−۰/۰۴۳	−۰/۰۵۶	−۰/۰۹۱	−۰/۱۶۸	−۰/۱۴۴	۰/۱۰۸	۰/۱۵۱	۰/۲۷۷	۰/۱۵۴	−۰/۰۷۵	۰/۱۹۴	−۰/۰۱۶	−۰/۰۵۰	−۰/۰۱۹
مشیران	Z	−۲/۱۴**	−۳/۸۵***	−۴/۸۹***	−۵/۲۱***	−۵/۶۴***	−۵/۱۷***	−۴/۳۹***	−۳/۲۸***	−۲/۲۱**	−۰/۹۱	۱/۷۸*	۱/۶۶*	−۴/۱۰***	۰/۱۸	−۴/۲۱***	−۵/۵۳***	−۵/۱۷***
	Q	−۰/۱۴۶	−۰/۴۶۸	−۰/۴۹۷	−۰/۵۴۳	−۰/۶۰۱	−۱/۱۷۱	−۱/۹۰۷	−۱/۱۳۳	−۰/۲۶۹	−۰/۰۴۹	۰/۰۴۶	۰/۰۴۲	−۱/۰۷۹	۰/۰۰۷	−۰/۷۵۹	−۰/۲۸۵	−۰/۵۵۲
مظفرآباد	Z	−۲/۳۳**	−۱/۶۴	−۳/۶۴***	−۳/۸۲***	−۲/۳۴**	−۱/۸۶*	−۲/۳۹**	−۱/۲۸	−۱/۲۸	−۲/۰۳**	−۲/۸۲***	−۰/۷۵	−۱/۷۸*	−۲/۳۴**	−۲/۲۱**	−۲/۴۳**	−۲/۷۸***
	Q	−۰/۰۰۶	−۰/۰۱۱	−۰/۰۱۴	−۰/۰۱۴	−۰/۰۱۳	−۰/۰۱۶	−۰/۰۳۸	−۰/۰۳۵	−۰/۰۲۱	−۰/۰۱۴	−۰/۰۰۶	۰/۰۰۰	−۰/۰۳۲	−۰/۰۱۰	−۰/۰۱۵	−۰/۰۱۴	−۰/۰۱۹
نیر	Z	−۲/۸۹***	−۲/۳۲**	−۱/۶۸*	−۱/۰۳	−۱/۰۵	−۱/۹۳*	−۳/۲۱***	−۳/۵۷***	−۱/۷۳*	−۱/۳۷	−۰/۱۴	−۰/۶۴	−۳/۵۷***	−۰/۷۱	−۲/۵۰**	−۱/۰۳	−۴/۲۵***
	Q	−۰/۰۱۳	−۰/۰۱۵	−۰/۰۱۰	−۰/۰۰۸	−۰/۰۰۷	−۰/۰۱۲	−۰/۰۵۳	−۰/۰۴۲	−۰/۰۰۹	−۰/۰۰۶	−۰/۰۰۱	−۰/۰۰۳	−۰/۰۳۹	−۰/۰۰۳	−۰/۰۱۵	−۰/۰۰۸	−۰/۰۱۵

روند های معنی دار در سطوح ۱۰، ۵ و ۱ به ترتیب با یک،دو و سه ستاره مشخص شده‌اند.

نتیجه گیری

این تحقیق با هدف تعیین روند بارندگی و دبی و بزرگی آن‌ها در حوضه آبریز ارس انجام شده‌است. براساس نتایج به دست آمده به طور کلی می‌توان این نتیجه را گرفت که بارندگی در فصل زمستان در اکثر ایستگاه‌ها افزایش یافته است. به طوری که در ۳ ایستگاه روند افزایشی و در ۲ ایستگاه فاقد روند بوده است. از طرف دیگر بارندگی در فصل بهار هیچ گونه روندی نداشته است. در بررسی روند داده‌های دبی از مجموع ۹ ایستگاه مورد مطالعه در حوضه‌ی آبریز ارس ۶ ایستگاه دارای روند کاهشی و در مابقی هیچ روندی نداشته است؛ این به احتمال زیاد به علت افزایش برداشت و استفاده از آب رودخانه ها است. با افزایش جمعیت، نیاز به استفاده از آب رودخانه ها نیز افزایش یافته است در نتیجه انسان با ایجاد سد و زیر کشت بردن زمین‌های کشاورزی بیشتر سعی در بهره‌وری و مهار بیشتر آب های جاری نموده است. به طور کلی در اغلب سری های زمانی مربوط به دبی دارای روند کاهشی بود غیر از فصل تابستان که این را می‌توان ناشی از تأثیرات تغییر اقلیم بر روی منابع آب دانست.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.1.2.7]

منابع

۱. اردبیلی اصل، ب. و آقایی، ل. (۱۳۸۶). بررسی داده‌های بارندگی در حوضه آبریز ارس با استفاده از آرشیو داده‌های سایت NASA. سومین کنگره ملی مهندسی عمران. تبریز.

۲. امیریان، ع. و سلطانی، ف. (۱۳۹۰). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر حوضه جراحی با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال و پارامتری تحلیل رگرسیون. یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۳. رضایی، پ. و عابد، ح. (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات دمای حداقل در ایستگاه همدیدی شهر رشت با تاکید بر دوره یخبندان. فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی.۲. ۴: ۴۸-۳۹

۴. فولاد، ف.، ه. مطیعی و ر. ا. شریفان (۱۳۸۸). هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه کرج و سد کرج. بهمن ماه. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۵. وفاخواه، م.، م. بخشی تیرگانی و م. خزائی (۱۳۹۱). تحلیل روند بارندگی و دبی در حوزه‌ی آبخیز کشف رود. جغرافیا و توسعه. ۲۹: ۷۷-۹۰

6. Abghari H., Tabari H. and 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. Akter S., Howladar M. F., Ahmad Z. and Chowdhury T. R. (2019). *The rainfall and discharge trends of Surma River area in North-eastern part of Bangladesh: an approach for understanding the impacts of climatic change.* Environmental Systems Research. *8-28.*
8. Da silva R. M., Santos C. A. G., Moreia M., Corte-Real J., Silva V. C. L. and Medeiros I, C. (2015). *Rainfall and river flow trends using Mann-kendall and Sen's slope estimator statistical tests in the Cobres River basin.* Natural Hazards. *77:1205-1221*
9. Fujihara Y., Hosikawa K., Fujii H., Kotera A., Nagano T. and Yokoyama S. (2016). *Analysis and attribution of trends in water levels in the Vietnamese Mekong Dealta.* Hydrological Processes. *30: 835-845*
10. Hamed K.H. and Rao A. R. (1998). *A modified Mann-kendall trend test for autocorrelated data*. Journal of Hydrology. *204: 182-196*
11. Hamed K.H. (2008*). Trend detection in hydrologic data: The Mann-Kendall trend test under the scaling hypothethesis.* Journal of hydrology.*349*
12. Khaliq M. N., Quarda T., Gachon P., Susham, L. and St-Hilaire A. (2009*). Identification of hydrological trends in the presence of serial and cross correlations: A review of flow selected methods and their application to annual regimes of Canadian rivers.* Journal of Hydology. *368:117-130*
13. Mann H.B. (1945). *Non-parametric tests against trend*. Econometric, *13: 245-259.*
14. Modaress R. and Sarhadi A. (2009). *Rainfall trend analysis of Iran in the last half of the twentieth century*. Journal of geophysical Research. *114: 1-9*
15. Zarghami M., Abdi A., Babaeian I., Hassanzadeh Y. and Kanani R. (2011*). Impact of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran.* Global and Planetary Change. *78: 137-146.*

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.1.2.7]

Investigation of precipitation and discharge trends in Aras basin

Mahdi Dastourani[1*], Farzaneh Yazdanpanah gharaei[2]

[1] Associate professor in Department of Water Engineering, Agriculture College Birjand university

(*-Corresponding Author Email: mdastorani@birjand.ac.ir)

[2] Master student of water resource management, Department of Water Engineering, Agriculture College Birjand university.

Received: 2020/03

Accepted: 2020/05

Abstract

Rivers play an important role in the economy and agriculture, but climate change and improper management have affected these resources. In order to better manage rivers, it is necessary to know their discharge trend and the factors that create the trend. The severe decrease in rainfall and the resulting dry periods have many negative effects on water resources. The continuation of droughts is a consequence of climate change. This study investigates rainfall and discharge changes in the Aras catchment located in the northwest of Iran. For this purpose, after data validation, 9 hydrometric stations and 5 rain gauging stations were selected with the statistical period of 1987-2016. The purpose of this study was to evaluate the trend of time series variations of precipitation and discharge variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator tests. The results of the trend analysis showed that precipitation at two stations increased, however other stations did not experience any trends. Furthermore, there has been a downward trend in the discharge trend analysis at the six stations and no trends in the other three stations.

Keywords: discharge, Mann-kendall test, precipitation, Sen's slope estimator, trend

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.1.2.7]