Iranian Journal of
Rainwater Catchment Systems

مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۲-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

تحلیل روند تغییرات دبی حوزه آبخیز سد نهرین طبس با استفاده از روش‌های پارامتری و غیرپارامتری

جواد چزگی*[۱]، سید محمد تاج‌بخش فخرآبادی[۲]

۱. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند.

۲. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱

صفحات: ۷۹-۶۷

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

چکیده

روند تغییرات دبی رودخانه‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک اکثراً کاهشی است و این روند می‌تواند تحت تأثیر عوامل اقلیمی و افزایش دما در دهه‌های اخیر در این مناطق باشد. این کاهش دبی می‌تواند بر ذخیره آب سد نهرین و کشاورزی، صنعت و آب شرب شهر طبس تأثیر بسزایی داشته باشد، که باید مدنظر کارشناسان قرار گیرد. این پژوهش با هدف تعیین روند دبی، بارش و دما در حوضه آبخیز سد نهرین طبس با استفاده از روش من‌کندال، شیب سن و رگرسیون خطی انجام شد. پس از بررسی و صحت سنجی داده‌ها دوره آماری ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶ انتخاب شد. نتایج همه روش‌ها نشان داد که دبی در همه مقیاس‌ها سالانه، فصلی و ماهانه کاهش‌یافته است. بارش نیز روند کاهشی داشته و در این دوره ۳۱ سال به‌طور متوسط سالی ۰/۸ میلی‌متر کاهش داشته است. دما روند افزایشی داشته و به‌طور متوسط در این بازه نزدیک به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر شده است. روند کاهشی دبی رودخانه تحت تأثیر عوامل اقلیمی چون خشکسالی و افزایش دما بوده است، به طوری‌که منطقه بر اساس شاخص بارش استانداردشده (SPI) در سال‌های اخیر وارد دوره خشکسالی شدید شده است. برداشت آب برای کشاورزی و صنعت در بالادست ایستگاه هیدرومتری وجود ندارد و کاربری اراضی منطقه تغییر نداشته است، بنابراین روند نزولی دبی رودخانه باعث کاهش کشاورزی و بهره‌برداری دیگر در پایین‌دست سد نهرین طبس که از قبل وجود داشته است، خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: روند تغییرات دبی، رگرسیون خطی، سد نهرین طبس، من کندال.

مقدمه

رودخانه‌ها از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده آب جهت مصارف کشاورزی، صنعت و شرب می‌باشند. آب‌های سطحی با توجه به سهولت دسترسی بسیار مورداستفاده بوده و در مقابل نیز تحت تأثیر شرایط محیطی مختلف قرار می‌گیرند لذا دارای تغییرات کمی و کیفی بسیاری می‌باشند (دریکوند و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین رودخانه‌ها نقش بسیار مهمی در اقتصاد و کشاورزی دارند اما تغییر اقلیم و مدیریت نادرست این منابع را تحت تأثیر قرار داده‌اند. برای مدیریت بهتر این منابع اطلاع از روند دبی آن‌ها و عوامل ایجادکننده روند ضروری می‌باشد. کاهش شدید بارندگی و دوره‌های خشک ناشی از آن، تأثیرهای منفی بسیاری بر منابع آب می‌گذارد. تداوم و گسترش خشکسالی‌ها از تبعات تغییر اقلیم می‌باشد (دستورانی و یزدانی پناه قرایی، ۱۳۹۹). در سال‌های اخیر تغییرات عمده‌ای در حوضه‌های آبریز صورت گرفته و میزان رواناب‌ها و جریان رودخانه‌ها دچار کاهش شده و یا در برخی موارد به‌صورت وقوع سیلاب‌ها جریان افزایش‌یافته است (Hood, 2011). روند جریان آب رودخانه‌ها به‌طور گسترده‌ای در نقاط مختلف دنیا برای مطالعه روندهای هیدرولوژیک

[1]* Email: chezgi@birjand.ac.ir نویسنده مسئول: جواد چزگی

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]

بلندمدت و آثار احتمالی تغییر اقلیم بر منابع آب بررسی‌شده است. تحلیل و بررسی روند تغییرات دبی رودخانه‌ها در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب بسیار حائز اهمیت است (مجیدی و همکاران ۱۳۹۷). بررسی روند تغییرات دبی رودخانه در مدیریت منابع آب و طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی امری بسیار مهم است (معروفی و طبری، ۱۳۹۰). نوسانات اقلیمی در یک منطقه اثرات شدیدی بر منابع آب‌وخاک می‌گذارد. امروزه پذیرفته‌شده است که بروز هرگونه تغییر در سیستم اقلیمی در مدیریت منابع آب‌وخاک مهم است (Bnayan et al., 2010). روش‌های متداول به‌منظور تحلیل سری‌های زمانی هواشناسی و تغییرات تدریجی هیدرولوژیکی، بررسی وجود یا عدم وجود روند طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت‌های انسانی می‌باشد. تغییرات در پارامترهای آب و هوایی مانند دما و بارش نیز به‌نوبه خود می‌تواند موجب بسیاری از ناهنجاری‌ها در شرایط اقلیمی گردد. با توجه به حساسیت سیستم‌های هیدرولوژیکی به تغییرات پارامترهای اقلیمی، این سیستم‌ها تأثیرپذیری زیادی از این ناهنجاری‌ها دارند. با توجه به اینکه اطلاع از تغییرات دبی رودخانه‌ها جهت برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر منابع آب لازم می‌باشد (قاسمی و موگویی، ۱۳۹۶)، از مهم‌ترین مشخصه‌های اقلیمی هر منطقه مقدار بارندگی آن می‌باشد. این مشخصه اقلیمی از بی‌ثبات‌ترین متغیرهای اقلیمی می‌باشد که بر منابع آب یک منطقه به‌طورجدی تأثیرگذار است (Rezai & Abed, 2010). پارامترهای اقلیمی در مقیاس زمان و مکان به دلایل زیاد تغییر می‌کنند. به‌منظور آشکارسازی تغییرات اقلیمی از دیدگاه آماری، روش‌های خاصی به‌کار گرفته می‌شود. به‌طورکلی آزمون‌های آماری را می‌توان به دو بخش آزمون‌های پارامتری و آزمون‌های ناپارامتری تقسیم کرد. مزیت آزمون‌های پارامتری، فرض اولیه آزمون، وجود توزیع نرمال در داده‌ها می‌باشد ازآنجایی‌که بسیاری از داده‌ها در شرایط واقعی دارای چولگی بوده و توزیع نرمال ندارند (شاکریان و همکاران، ۱۳۹۸)، بنابراین برای اینکه نتیجه بهتری به دست آید ترجیح داده می‌شود از آزمون‌های ناپارامتری، نظیر آزمون من-کندال که جزء متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی به شمار می‌رود استفاده گردد (Fujihara et al., 2016; Modaress & Sarhadi, 2009). روش‌های ناپارامتریک برای داده‌هایی که فاقد توزیع نرمال می‌باشند (مانند بسیاری از عوامل هواشناسی و هیدرومتری) مناسب‌تر عمل می‌کنند (شاکریان و همکاران، ۱۳۹۸). در سال‌های اخیر مطالعات فراوانی درباره بررسی تغییرات ویژگی‌های هیدرولوژیکی جریان رودخانه‌ها صورت گرفته که به برخی از مطالعات سال‌های اخیر اشاره می‌گردد.

مختاری و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقی برای تعیین روند تغییرات دبی ماهانه، فصلی و سالانه حوضه آبخیز کرخه با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من کندال ، سن و تحلیل رگرسیونی استفاده کردند. به این منظور، از داده‌های دبی در یازده ایستگاه آب‌سنجی طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد دبی سالانه در همه ایستگاه‌ها به‌جز سراب سید علی، روند نزولی داشته است.

دستورانی و یزدان پناه قرایی (۱۳۹۹) در پژوهشی به بررسی تغییرات بارندگی و دبی در حوضه آبریز ارس واقع در شمال غرب کشور با استفاده از آزمون‌های من-کندال و تخمین‌گر سن پرداخته‌اند. به این منظور از ۹ ایستگاه هیدرومتری و ۵ ایستگاه باران‌سنجی با دوره آماری سال‌های آبی ۹۵-۱۳۶۶ استفاده کردند. نتایج تحلیل روند نشان داد که در مقیاس سالانه بارندگی در دو ایستگاه روند افزایشی و در مابقی روندی نداشته است و در تحلیل روند دبی در شش ایستگاه روند کاهشی و در سه ایستگاه هیچ روندی نداشته است.

Zhang و همکاران (۲۰۱۵) از آزمون من- کندال در بررسی روند تغییرات جریان حوضهٔ آبریز رودخانه هی چین به‌کاربرده و کاهش آورد رودخانه‌های حوزه را با تغییرات متغیرهای هواشناسی (بارش و دما) و عوامل انسانی مرتبط دانستند.

مطالعات زیادی برای بررسی، ارزیابی و تعیین روند دبی رودخانه ارائه‌شده است که بیشتر این پژوهش‌ها در مناطقی انجام‌شده است که دست‌خوش تغییرات محیطی تحت تأثیر دخالت انسان بوده‌اند. پژوهش حاضر باهدف تعیین روند تغییرات دبی رودخانه نهرین طبس، منطقه‌ای که بدون کمترین تغییر و دخالت انسان باشد انجام گرفت. بنابراین

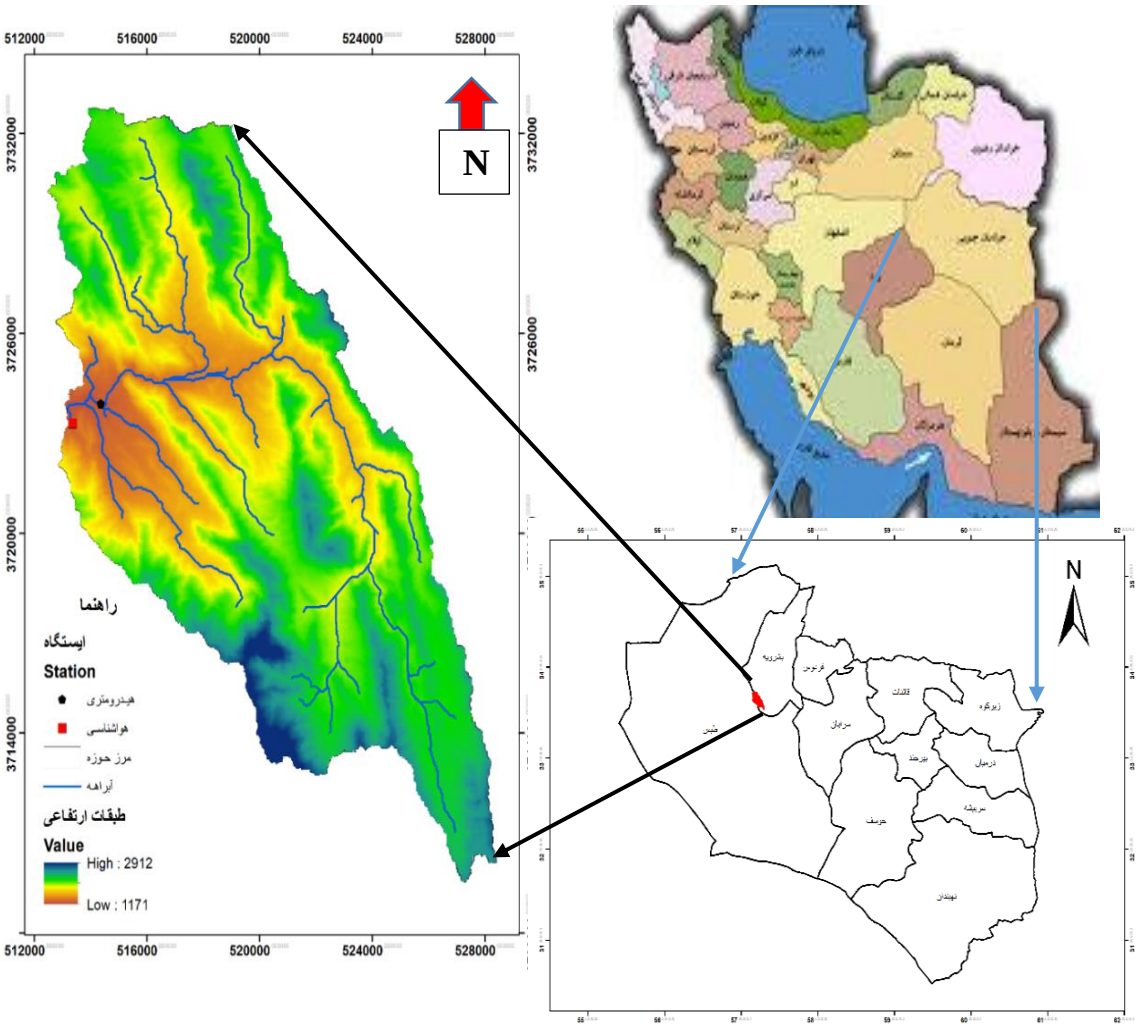
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]

تغییرات موجود در دبی تحت تأثیر پارامترهای اقلیمی بخصوص بارش و دما خواهد بود. نتایج این تحقیق می‌تواند به مدیریت بهتر آب ذخیره‌شده در سد نهرین و کشاورزی پایین‌دست که از قدیم الایام انجام می‌گرفته مفید باشد.

منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه، حوزه آبخیز بالادست سد نهرین با مساحت ۱۸۸ کیلومترمربع و بین عرض جغرافیایی ´´۳۹ ´۳۷ °۳۳ تا ´´۱۹ ´۴۴ °۳۳ شمالی و طول جغرافیایی ´´۴۱ ´۰۸ °۵۷ تا ´´۳۲ ´۱۵ °۵۷ شرقی در ۲۵ کیلومتری و شمال شهر طبس قرار دارد. حداکثر و حداقل ارتفاع آبخیز نهرین به ترتیب ۲۸۹۹ و ۱۱۰۸ متر از سطح دریا بوده و ارتفاع متوسط منطقه نیز ۱۸۶۲ متر از سطح دریا است. متوسط بارندگی حوضه ۱۷۰/۲ میلی‌متر و مقدار متوسط درجه حرارت ۱۲/۷ درجه سلسیوس و اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه سرد و خشک می‌باشد. ازنظر کاربری اراضی ۹۷ درصد حوزه آبخیز مرتع می‌باشد، از محدود حوزه‌های آبخیز است که کمتر تحت تأثیر دخالت انسان قرارگرفته است، روند تغییرات دبی حاصل از تغییرات اقلیمی می‌باشد (شکل ۱).



شکل (۱): منطقه موردمطالعه

روش تحقیق

در این مطالعه، به‌منظور بررسی روند داده‌های بارندگی، دما و دبی رودخانه حوضه، طول دوره آماری با توجه به کمیت و کیفیت داده‌های ایستگاه در دسترس، تعیین و در صورت نیاز، داده‌ها در دوره آماری بازسازی شدند. آمارهای استفاده‌شده نقص نسبتاً کمی داشتند. بااین‌وجود، برای بازسازی داده‌ها، از روش رگرسیون خطی ساده استفاده شد

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]

(مختاری و همکاران، ۱۳۹۹). طول دوره آماری به‌کاررفته در مطالعه حاضر ۳۱ سال (۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶) در نظر گرفته شد. سپس روند تغییرات سری زمانی دما و بارش به‌صورت سالانه و دبی در چهار مقطع زمانی ماهانه، فصلی، دوره خشک و سرد و سالانه از آزمون‌های پارامتری رگرسیون خطی و غیرپارامتری من-کندال و جهت تعیین شدت یا مقدار تغییرات دبی از روش تخمین‌گر سن استفاده شد. تبخیر منطقه موردمطالعه بر اساس تشتک ایستگاه نیاز نزدیک به ۳۳۰۰ میلی‌متر است (جدول ۱) که می‌تواند در طول سال تأثیر زیادی بر مقدار دبی داشته باشد.

جدول(۱): تبخیر تشتک و ضریب تبخیر و تعرق در منطقه موردمطالعه

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
تبخیر از سطح تشت	۷/۲۷۰	۱۴۳/۲	۷۴/۵	۶۸/۴	۹۲/۵	۱۴۱/۴	۲۳۴/۷	۳۵۰/۹	۴۹۰/۲	۵۴۳/۹	۵۱۸/۳	۴۰۳/۶	۳۳۳۲/۳
ضریب تبخیر و تعرق	۰/۶۹	۰/۶۳	۰/۵۸	۰/۶۲	۰/۷۲	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۱

تحلیل رگرسیون

یکی از روش‌های متداول رگرسیونی بر اساس اصل حداقل مربعات است، که در این روش یک مدل رگرسیون خطی بازمان مطابق رابطه (۱) بر سری زمانی داده‌های برازش داده می‌شود و با استفاده از همبستگی پیرسون، معنادار بودن شیب آن در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد ارزیابی می‌شود:

$$Y= a + bX \quad (۱)$$

در رابطه یادشده Y متغیر مدنظر، X زمان‌بر حسب سال یا ماه یا هر مقیاس زمانی دیگر، a عدد ثابت و b شیب‌خط رگرسیون است. چنانچه علامت شیب منفی باشد، روند داده‌ها نزولی و در صورت مثبت بودن شیب، روند صعودی خواهد بود (Delbouri et al., 2010).

آزمون من-کندال

از آزمون من-کندال برای تعیین روند عناصر اقلیمی و دبی رودخانه استفاده‌شده است. این آزمون ابتدا توسط Mann در سال ۱۹۴۵ ارائه و سپس توسط Kendall در سال ۱۹۷۵بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی بسط و توسعه یافت. این روش در همان سال‌ها موردتوجه سازمان هواشناسی جهانی قرار گرفت. همانند سایر آزمون‌های آماری، این آزمون برمبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده و درنهایت در موردپذیرش 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 بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد.

مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

الف_ محاسبه‌ی اختلاف بین تک‌تک مشاهدات با یکدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S که از (رابطه ۲) به دست می‌آید:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n} Sgn(x_j - x_k) \quad (۲)$$

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]

که در آن n تعداد مشاهدات و x_j و x_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری‌اند. تابع علامت نیز توسط (رابطه ۳) محاسبه می‌شود:

$$Sgn(s) = \begin{cases} +1 \text{ if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 \text{ if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 \text{ if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (۳)$$

ب- محاسبه واریانس که از (رابطه‌های ۴ و ۵) به دست می‌آید:

اگر $n > 10$

$$Var = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^{m} t_i\, t_i(t_i-1)(2t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (۴)$$

اگر $n < 10$

$$Var = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (۵)$$

که در آن n تعداد داده‌های مشاهده‌ای، m معرف تعداد سری‌هایی که حداقل دارای یک داده تکراری است و t معرف داده‌های باارزش یکسان می‌باشد.

ج- استخراج آماره آزمون Z به کمک یکی از روابط زیر (۶):

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var\,(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var\,(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (۶)$$

در یک آزمون دوطرفه برای یافتن روند سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه (۷) برقرار باشد، یعنی روندی وجود ندارد و داده‌ها تصادفی هستند. اگر رابطه (۷) برقرار نبود، فرض یک پذیرفته می‌شود که دلالت بر وجود روند دارد.

$$|Z| \le Z_{\frac{a}{2}} \quad (۷)$$

که در آن a سطح معنی‌داری و Z آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری می‌باشد. با توجه به این‌که دو دامنه دارد آزمون، از $\frac{a}{2}$ استفاده‌شده است. معمولاً این آزمون برای سطح معنی‌داری ۵ و ۱ درصد به انجام می‌رسد. مقدار a برای سطح معنی‌داری ۵ درصد، برابر با ۰/۰۵ و برای سطح معنی‌داری ۱ درصد برابر با ۰/۰۱ است. در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد، مقدار $Z_{\frac{a}{2}}$ به ترتیب برابر ۱/۹۶± و ۲/۵۸± می‌باشد (Yin et al., 2015).

آزمون سن

این آزمون توسط Sen (۱۹۶۸) ارائه‌شده است و از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بهره می‌گیرد. همچنین، این آزمون هنگام وجود داده‌های گمشده به‌راحتی قابل‌استفاده است (Bouza-Deano et al., 2008). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و نبود روند در سری داده‌ها دلالت دارد. پذیرش فرض یک و یا به‌بیان‌دیگر رد فرض صفر، دال بر وجود روند در سری زمانی داده‌ها است. اساس این روش بر محاسبه شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت کردن در مورد معناداری شیب به‌دست‌آمده در سطوح اطمینان مختلف است. روش محاسبه آزمون سن به‌صورت زیر است:

الف) محاسبه شیب بین هر جفت داده مشاهده‌ای با استفاده از رابطه (۸)

$$Q_{med} = \frac{X_t - X_s}{t-s} \quad (۸)$$

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]

که در آن Xt و Xs به ترتیب داده‌های مشاهده‌ای در زمان t و s و t یک واحد زمانی بعد از زمان s است. با اعمال رابطه (۸) برای هر دو جفت داده مشاهده‌ای، به ازای n داده N=n*(n-1)/2 تا سری زمانی از شیب‌های محاسبه‌شده حاصل می‌شود که از محاسبه میانه N سری زمانی شیب‌خط روند (Qmed) به دست می‌آید. مقدار مثبت Qmed بیانگر صعودی بودن و مقدار منفی آن دال بر نزولی بودن روند است.

ب) محاسبه پارامتر Ca در سطوح اعتماد مورد آزمون با استفاده از رابطه (۹):

$$C_a = Z_{1-\frac{a}{2}} * \sqrt{Var(s)} \qquad (۹)$$

که در آن Var (s) واریانس و Z آماره توزیع نرمال استاندارد است.

ج) محاسبه حدود اعتماد بالا و پایین به کمک رابطه (۱۰).

$$\begin{cases} M_1 = \frac{N+C_a}{2} \\ M_2 = \frac{N-C_a}{2} \end{cases} \qquad (۱۰)$$

که در آن N تعداد شیب‌های محاسبه‌شده دربند اول است. برای محاسبه حدود اطمینان هر مقدار شیب محاسبه‌شده، مقادیر شیب از ۱ تا N مرتبه‌بندی شده و به ازای هر مرتبه طبق رابطه (۸) حدود بالا و پایین آن شیب به دست می‌آید. چنانچه شماره M1 امین و (M2 +1) امین شیب‌های مرتبه‌بندی شده وجود نداشته باشد، با درون‌یابی مقادیر شیب‌ها که حدود بالا و پایین را بیان می‌کند، تعیین می‌شود. مرحله نهایی این روش، آزمون کردن حدود اعتماد محاسبه‌شده است. به‌این‌ترتیب که از بین شیب‌های محاسبه‌شده توسط رابطه (۱۰) M1 امین و (M2 +1) امین شیب‌ها استخراج می‌شوند. درصورتی‌که عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج‌شده قرار بگیرد، فرض صفر پذیرفته‌شده و بر سری زمانی مورد آزمون نمی‌توان هیچ‌گونه روندی در سطح اعتماد به کار گرفته‌شده نسبت داد. در غیر این صورت، فرض صفر رد شده و می‌توان پذیرفت که سری زمانی روند معناداری در سطح اعتماد مورد آزمون داد (Hejam et al., 2008). مزیت آزمون‌های استفاده‌شده نسبت به سایر آزمون‌های تعیین روند، استفاده از مرتبه داده‌ها در سری زمانی بدون در نظر داشتن مقدار متغیرها است که به دلیل وجود چنین خاصیتی، می‌توان از این آزمون برای داده‌های دارای چولگی نیز استفاده کرد و نیازی نیست که داده‌ها در قالب توزیع خاصی درآیند. از دیگر مزایای این روش اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی موجود در داده‌های سری زمانی است (Turgay & Ercan, 2005).

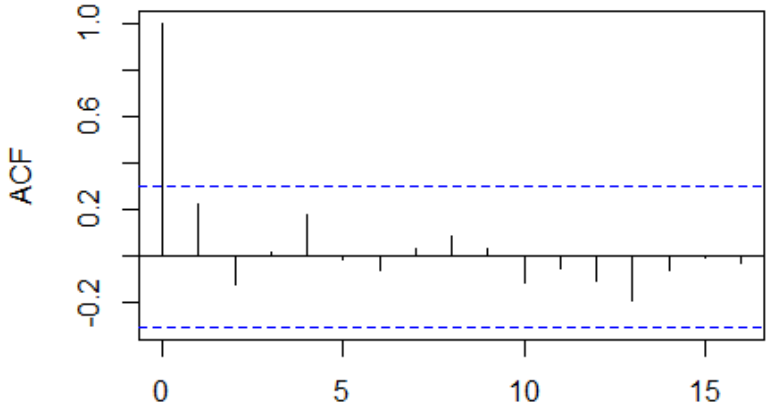
در مطالعه حاضر، ابتدا تمامی سری‌های زمانی قبل از تحلیل، ازنظر معنی‌داری ضریب خودهمبستگی با استفاده از روش دوربین واتسون dwtest دربسته Lmtest در محیط نرم‌افزار R تست شدند. برای تعیین تأثیر خشکسالی اخیر بر روی دبی از شاخص بارش استانداردشده (SPI) استفاده گردید.

نتایج

تعیین ضریب خودهمبستگی

نتایج معنی‌داری ضریب خودهمبستگی با استفاده از روش دوربین واتسون dwtest دربسته Lmtest در محیط نرم-افزار R تست شدند (شکل ۲).

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]



شکل(۲): تعیین ضریب خودهمبستگی (ACF) دبی سالانه

روند تغییرات ماهانه دبی

نتایج آزمون‌های ناپارامتری من کندال و سن و پارامتریک تحلیل رگرسیون برای ماهانه ایستگاه نهرین طبس نشان داد که کارایی آزمون‌ها در بیشتر موارد شبیه هم هستند و روند در همه یکسان است و فقط در درصد معناداری آن کمی متفاوت عمل کردند.

جدول (۲): نتایج آزمون‌های من کندال(Z)، سن (Q و S شیب) و تحلیل رگرسیون(lm) در دوره آماری (۱۳۶۶-۱۳۹۶) برای دبی رودخانه

دوره	Q	Z	lm	S
شهریور	-0.00001***	-4.45550***	8.02e-06 ***	-0.00333
مرداد	-0.00003***	-4.20590***	3.24e-05 ***	-0.00333
تیر	-0.00001***	-4.52000***	0.00013 ***	-0.00350
خرداد	-0.00003***	-4.20660***	0.000171 ***	-0.00336
اردیبهشت	-0.00331**	-2.93710**	0.0465 **	-0.00410
فروردین	-0.07202*	-1.79900	0.30900	-0.00367
اسفند	-0.07373*	-1.78830	0.0710 *	-0.00367
بهمن	-0.01432**	-2.44920*	0.17800	-0.00414
دی	-0.13470	-1.49590	0.64800	-0.00138
آذر	-0.01155**	-2.52560*	0.15400	-0.00271
آبان	-0.00956***	-2.59130**	0.0384 **	-0.00218
مهر	-0.00018***	-3.75020***	0.00234 ***	-0.00290
سالانه	-0.00035***	-3.57680***	0.00056***	-0.00433
تابستان	-0.00001***	-4.50890***	7.53e-06 ***	-0.00343
بهار	-0.01432**	-2.44920*	0.0352 **	0.00414
زمستان	-0.01227**	-2.50430*	0.0375 **	-0.00420
پاییز	-0.00483***	-2.81840**	0.0356 **	-0.00294
دوره مرطوب	-0.00331***	-2.93710**	0.00710 ***	-0.00488
دوره خشک	-0.00001***	-4.55330***	1.88e-05 ***	-0.00300

سطح معناداری*** ۹۹، ** ۹۵ و * ۹۰ درصد

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]

در جدول(۲)، نتایج آزمون‌های من کندال (Z)، سن (Q و S شیب) و تحلیل رگرسیون (lm) برای دوره آماری ۱۳۹۶-۱۳۶۶ در ایستگاه نهرین طبس برای دبی، بارش و دما ارائه‌شده است. معناداری این آماره‌ها در سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد آزمایش شد. نشان داد که دبی (ماهانه، فصلی، دوره تر و خشک و سالانه) و باران روند کاهشی داشته‌اند و دما روند افزایشی داشته است.

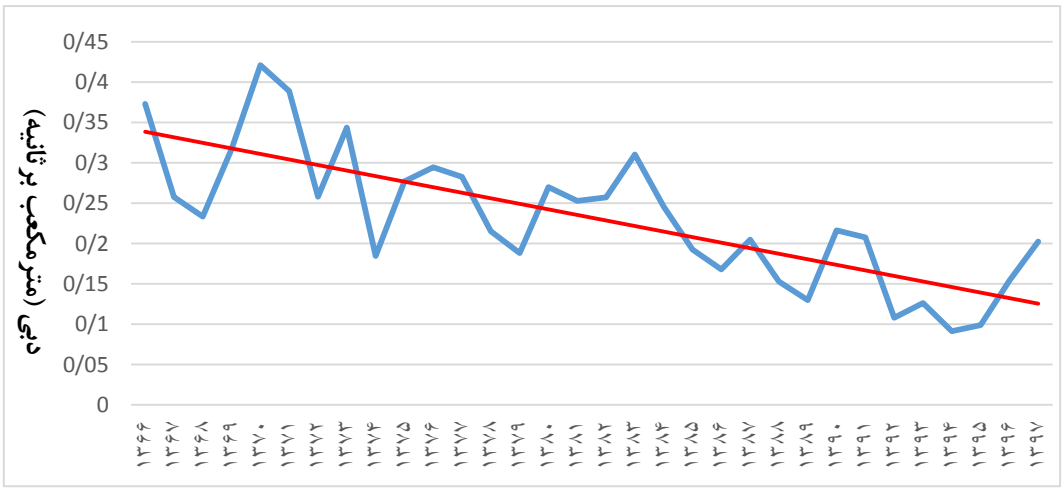
ماه‌ها و فصول خشک بیشتر تحت تأثیر روند کاهشی در حد ۰.۰۱ معناداری قرار دارند که نشان‌دهنده افت شدید دبی در این زمان‌ها می‌باشد که با نتایج مجیدی و همکاران (۱۳۹۷) که دبی سالانه، فصلی و ماهانه روند منفی داشته‌اند و نتایج Gautam و Acharya (۲۰۱۲) که دبی سالانه روند منفی بوده است، همخوانی دارد. در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور بیشترین افت دبی بوده است که تیر بیشترین افت را نسبت به دیگر ماه‌ها داشته است. در ماه‌های فروردین، اسفند و دی روند کاهشی بوده ولی معنادار نیست که با نتایج شاکریان و همکاران (۱۳۹۸) در مقیاس ماهانه، پر بارش‌ترین ماه‌های سال (دی، بهمن و اسفند) دارای روند کاهشی هستند همخوانی دارد. ولی کمتر نسبت به ماه‌های گرم تحت تأثیر خشکسالی (کاهش بارندگی) و افزایش دما در این بازه شده است با نتایج شاکریان و همکاران (۱۳۹۸) همخوانی ندارد چون کمترین روند کاهشی دبی در ماه‌های تابستان رخداده است.

همه آزمون‌ها نشان دادند که بارش روند کاهشی داشته است ولی معنادار نیست. اما دما در همه آزمون‌ها در سطح ۹۹ درصد معناداری روند افزایش داشته است و در این ۳۱ سال نزدیک به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر شده است (جدول ۳).

جدول (۳): نتایج آزمون‌های من کندال(Z)، سن (Q و S شیب) و تحلیل رگرسیون(lm) در دوره آماری (۱۳۹۶-۱۳۶۶) برای بارش و دما

پارامتر	Q	Z	lm	S
بارش	-0.47540	-0.71364	0.47960	-0.60000
دما	6.974e-05***	3.9772***	4.69e-05 ***	0.05229778

نتایج تغییرات به‌صورت نمودار در شکل‌های (۲)، (۳) و (۴) ارائه‌شده است.

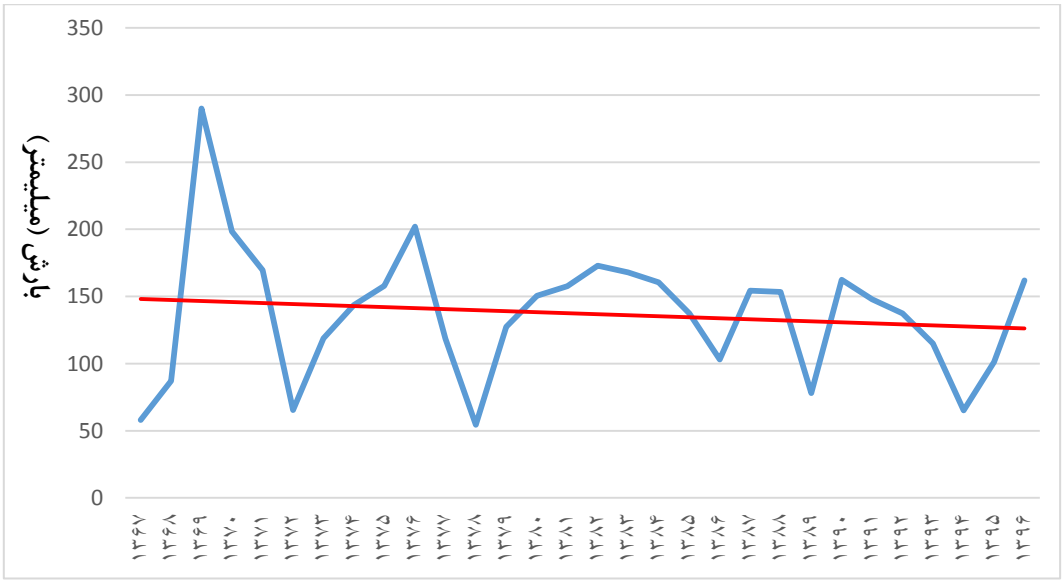


شکل(۳): روند تغییرات دبی در ایستگاه نیاز

نتایج شکل (۳) نشان داد که در بازه ۳۱ ساله روند تغییرات دبی رودخانه کاهشی بوده است، بطوریکه در این بازه نزدیک به ۰/۲ مترمکعب آب رودخانه کاهش پیداکرده است، یعنی از ۰/۳۵ مترمکعب به ۰/۱۲۵ مترمکعب کاهش

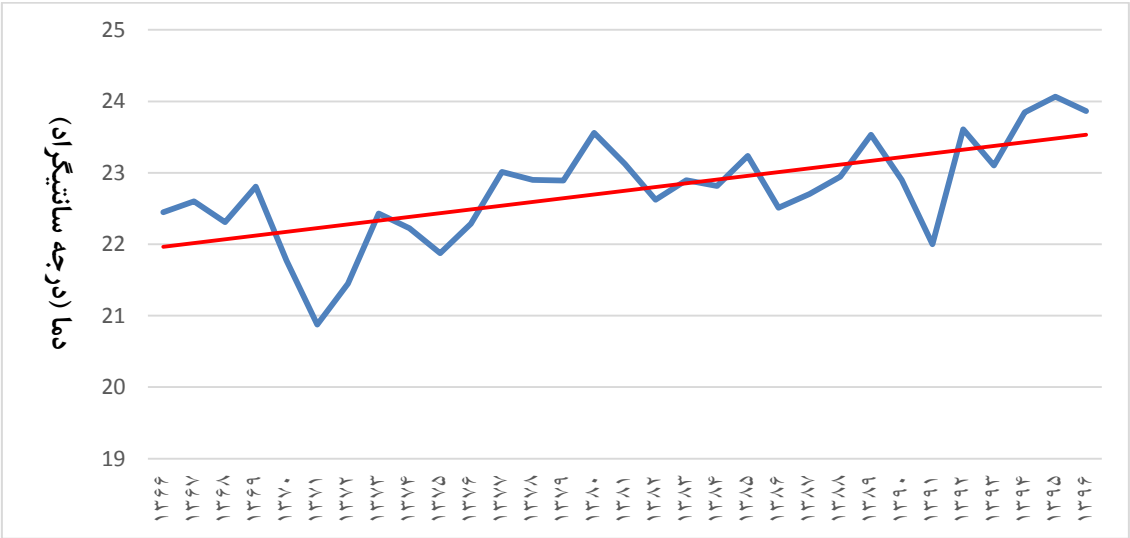
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]

داشته است که نزدیک به ۶۵ درصد می‌باشد، با نتایج کنعانی و همکاران (۱۳۹۹) که کاهش ۳۶ درصدی را در دبی سالانه در ایستگاه هروی در دهه اخیر داشته است و مجیدی و همکاران (۱۳۹۷) ایستگاه‌های هیدرومتری استان همدان را روند کاهشی و میرعباسی و دین پژوه (۱۳۸۹) که روند تغییرات دبی رودخانه‌های شمال غرب ایران را در سه دهه اخیر نزولی گزارش دادند همخوانی دارد، ولی با نتایج مرادی و ملکیان (۱۴۰۰) که افزایش در حداقل دبی در شمال‌غرب ایران را ارائه دادند همخوانی ندارد، با نتایج دستورانی و یزدان پناه قرایی (۱۳۹۹) مطابقت دارد. بنابراین این روند کاهشی دبی تحت تأثیر کاهش بارش و افزایش دما در منطقه موردمطالعه بوده است.



شکل(۴): روند تغییرات بارش در ایستگاه نیاز

نتایج شکل (۴) نشان داد که در بازه ۳۱ ساله روند تغییرات بارش کاهشی بوده است، بطوریکه از اول بازه (۱۵۰ میلی‌متر) تا آخر بازه ۳۱ ساله (۱۲۵ میلی‌متر) نزدیک به ۲۵ میلی‌متر بارش کاهش پیداکرده است. بررسی‌ها نشان داد میزان بارش نزدیک به ۱۵ درصد در این دوره کاهش داشته است، که با نتایج رسولی و همکاران (۱۳۹۲) روند بارش در ایستگاه شهرکرد را کاهشی گزارش کردند، همخوانی دارد. همچنین با نتایج قیصوری و همکاران (۱۳۹۷) که بارش روند نزولی دارد همخوانی ولی اینکه ۶۶ درصد از ایستگاه‌ها روند معنادار دارند همخوانی ندارد.



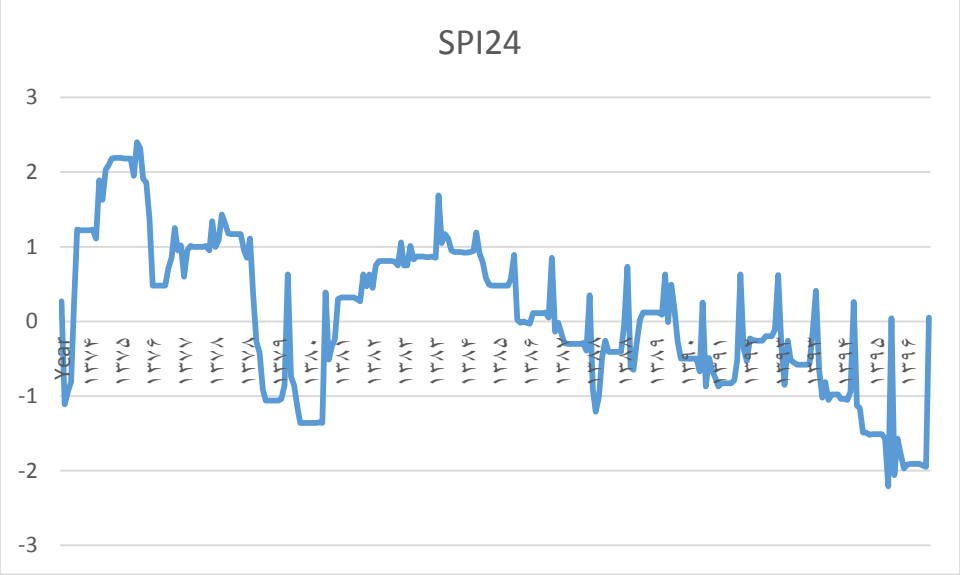
شکل(۵): روند تغییرات دما در ایستگاه نیاز

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]

نتایج شکل (۵) نشان داد که در بازه ۳۱ ساله روند تغییرات دما افزایشی بوده است، بطوریکه از اول بازه تا آخر بازه ۳۱ ساله نزدیک به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش پیداکرده است، که با نتایج فرخنیا و مرید (۱۳۹۳) که افزایش حدود ۹ درصدی در دمـای متوسـط سـالانه در سطح حوضه آبخیز دریاچه ارومیه ارائه دادند مطابقت دارد. این روند افزایشی دما در منطقه مورد مطالعه نسبت به متوسط جهانی در بیشترین مقدار بوده است.

شاخص بارش استانداردشده (SPI)

نتایج شاخص بارش استانداردشده (SPI) در این پژوهش نشان داد که در سال‌های اخیر منطقه دچار خشکسالی شدید بوده است (شکل ۶) که می‌تواند دلیلی بر کاهش شدید دبی در طی چند سال اخیر باشد، که با نتایج کولاییان و همکاران (۱۳۹۶) و میرعباسی و دین‌پژوهی (۱۳۸۹) که دلیل روند منفی در دبی را افزایش خشکسالی و کاهش نزولات باران به دست آوردند، همخوانی دارد. همچنین نتایج فرخنیا و مرید (۱۳۹۳) در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان داد که متوسط بارش به میـزان ۱۰ درصد کاهشی بوده است.



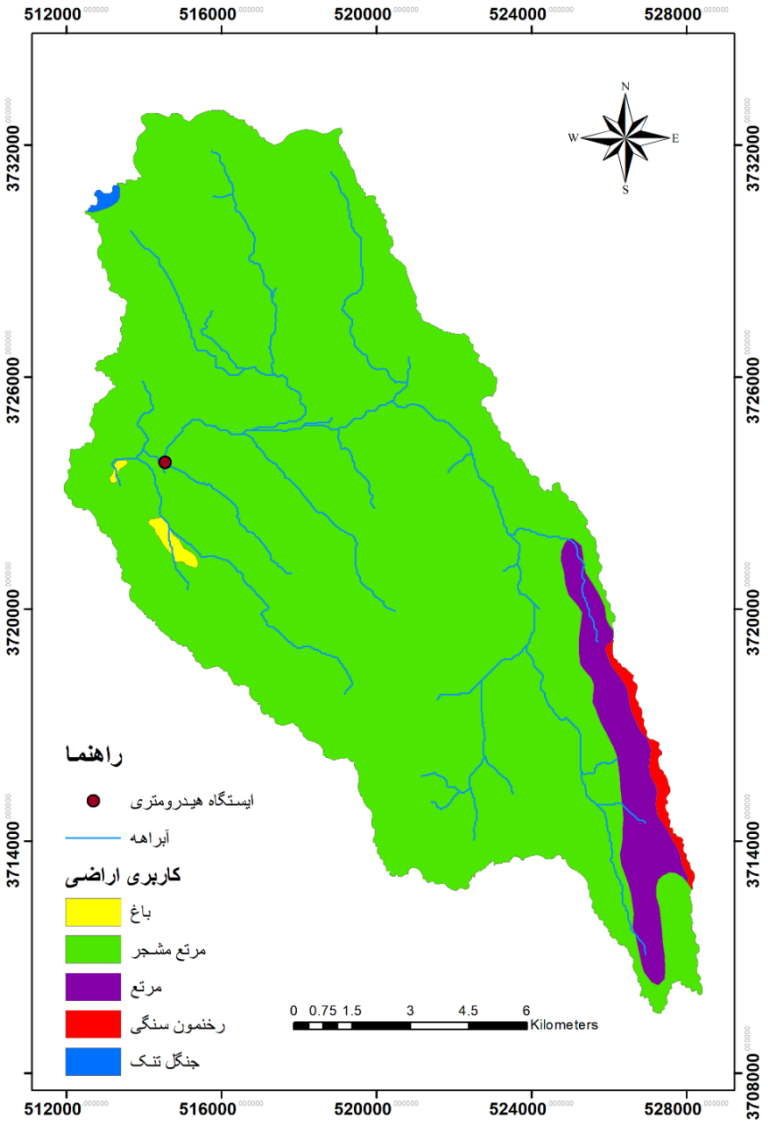
شکل (۶): شاخص بارش استانداردشده(SPI) ۲۴ ماهه در ایستگاه نیاز

نتیجه‌گیری

این پژوهش باهدف تعیین روند دبی، بارش و دما در حوضه آبخیز سد نهرین طبس انجام‌شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به‌طورکلی می‌توان این نتیجه را گرفت که دبی در همه مقیاس‌ها (سالانه، فصلی و ماهانه) کاهش‌یافته است. در ماه‌ها، فصول و دوره خشک این روند کاهشی بیشتر بوده و در سطح ۹۹ درصد معناداری است، اما در ماه‌ها، فصول و دوره سرد سال روند کاهشی بوده است ولی در سطح معناداری ۹۵ و ۹۰ درصد، بطوریکه در دی ماه روند معنی‌دار نبوده است. بارش در منطقه موردمطالعه روند کاهشی داشته است و در این دوره ۳۱ سال به‌طور متوسط هر سال ۰/۸ میلی‌متر کاهش داشته است، باید این را هم در نظر گرفت که در منطقه طبس بارش‌ها به‌صورت باران است و تغییری در نوع بارش صورت نگرفته است. دما در منطقه در بازه موردمطالعه روند افزایشی داشته است و به‌طور متوسط در این بازه نزدیک به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر شده است، باید این را هم در نظر گرفت که منطقه از نظر اقلیمی گرم و خشک است و روزهای یخبندان ندارد. به‌طورکلی منطقه موردمطالعه بالای سد نهرین است و تحت تأثیر کشاورزی و صنعت نیست و برداشت آب ندارد (شکل ۷). بنابراین روند کاهشی دبی تحت تأثیر خشکسالی (کاهش

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]

بارش) و تغییرات دمایی (افزایش دما) می‌تواند باشد. بنابراین تغییرات موجود در دبی تحت تأثیر پارامترهای اقلیمی بخصوص بارش و دما خواهد بود. کاهش شدید دبی در سال‌های اخیر می‌تواند خسارات زیادی به کشاورزی پایین‌دست که از قدیم و الایام انجام می‌گرفته وارد کند. بنابراین مدیریت بهتر آب ذخیره‌شده در سد نهرین می‌تواند کمک شایانی به آب شرب و کشاورزی پایین‌دست داشته باشد.



شکل (۷): نقشه کاربری اراضی منطقه موردمطالعه

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از آب منطقه‌ای استان خراسان جنوبی بابت ارائه آمار و اطلاعات تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

۱. دریکوند، ا.، ب. ریحانی‌نیا، ع. مرادخانی و ح. ملکی (۱۳۹۳) مدل‌سازی تغییرات دبی رودخانه دویرج با استفاده از تحلیل سری زمانی. دوفصلنامه علمی تخصصی مهندسی آب. ۱۲ ص.

۲. دستورانی، م. و ف. یزدان پناه قرایی (۱۳۹۹) بررسی روند بارندگی و دبی در حوضه‌ی آبریز ارس. مجله سامانه-های سطوح آبگیر باران. دوره هشتم. جلد ۲۴. ۱۰ ص.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]

۳. رسولی، ع.ا.، ر. روشنی و ا. ر. قاسمی (۱۳۹۲) تحلیل تغییرات زمانی و مکانی بارش‌های سالانه ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیای. ۱۰۸ :۲۲۳-۲۰۵.
۴. شاکریان، س.، ح. ترابی پوده، ب. شاهی نژاد و ح. نقوی (۱۳۹۸). بررسی روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه-های حوضه کارون بزرگ با استفاده از روش TFPW-MK. مجله تحقیقات منابع آب ایران. جلد ۱۵. شماره ۳. ۱۱ ص.
۵. فرخنیا، ا. و س. مرید (۱۳۹۳) ارزیابی اثر تغییرات بارش و دما بر روند جریان رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه. مجله آب و فاضلاب. شماره ۳. ۱۲ ص.
۶. قاسمی، ا. و م. موگویی (۱۳۹۶) بررسی تغییرات دبی رودخانه‌های استان چهارمحال و بختیاری. فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی. دوره ۲۶. شماره ۱۰۲. ۱۲ ص.
۷. قیصوری، م.، سلطانی‌گردفرامرزی، س.، قاسمی، م.، (۱۳۹۷). بررسی و پیش‌بینی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی بر دبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گدارخوش). نشریه مخاطرات محیط طبیعی. دوره ۷. شماره ۱۷. ۱۸ص.
۸. کنعانی، ر.، ا. فاخری‌فرد، م. ع. قربانی و ی. دین‌پژوه (۱۳۹۹) تحلیل روند تغییرات جریان در ایستگاه‌های بالادست و پایین‌دست رودخانه لیقوان. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. شماره ۲۲. ۹ ص.
۹. کولاییان، ع.، خوش‌روش، م.، محمدی گل‌افشانی، ن، میرزایی، م. (۱۳۹۶). تحلیل روند تغییرات زمانی جریان رودخانه‌های استان مازندران با استفاده از آزمون ناپارامتری مان-کندال .مهندسی و مدیریت آبخیز. دوره ۹. شماره ۳. ۱۳ ص.
۱۰. مجیدی، ع.، م. رادفر، ر. میرعباسی نجف آبادی و ص. معروفی (۱۳۹۷) تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های استان همدان. مجله پژوهش آب ایران. جلد ۱۲. شماره ۳. ۱۲ ص.
۱۱. مختاری، ف.، ا. هنربخش، س. سلطانی، خ. عبدالهی و م. پژوهش (۱۳۹۹) بررسی سری زمانی تغییرات دبی در حوضه آبخیز کرخه با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری. مجله اکوهیدرولوژی. دوره ۷. شماره ۳. ۷۰۷-۷۱۸.
۱۲. مرادی، س. و آ. ملکیان (۱۴۰۰). بررسی روند تغییرات دبی حداقل با تداوم‌های مختلف در شمال‌غرب ایران. نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. شماره ۵۴. ۱۰ ص.
۱۳. میرعباسی نجف آبادی، ر. و ی. دین پژوهی (۱۳۸۹). تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های استان لرستان غرب ایران در سه دهه اخیر. مجله آب‌وخاک. جلد ۲۴. شماره ۴. ۷۵۷-۷۶۸.
14. Bnayan M., Mohammadian A. and Aizadeh A. *(2010). On Climate Variability in North-East of Iran*. water and soil, *1: 118-131*.
15. Bouza-Deano R., Ternero-Rodrıguez M. and Fernandez-Espinosa A. *(2008). Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain).* Hydrology. *361: 227-239.*
16. Delbouri M., Afrasiab P. and Mirmadi R. *(2010). Spatial temporal analysis of salinity and groundwater depth (Case study of Mazandaran province).* Irrigation and Drainage. *4 (3): 359-374.*
17. 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.*
18. Gautam M. R. and Acharya K. *(2012). Streamflow trends in Nepal*. Hydrological Sciences Journal. *57(2): 344-357*
19. Hejam S., Khoshkhoo Y. and Shamsodin R. *(2008). The process of heavy and annual rainfall fluctuations in the Central Zone of Iran using non-parametric methods*. Frequency Research. *40(64): 168-157.*
20. Hood M. *(2011). Increased flooding driven by climate change*. African Network of Environmental Journalists (ANEJ).
21. Mann H.B. *(1945). Non-parametric tests against trend. Econometric, 13: 245-259.*
22. 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.*

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]

23. Rezai, P. and H. Abed. (2010). Survey Least Temperature Change Trend in Station Rasht Synoptic with Accent on Glacial Period, Geography and Environmental Observations, 2: 39-48.
24. Sen P.K. *(1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau*. Journal of the American Statistical Association, *63, 1379–1389.*
25. Turgay P. and K. Ercan. *(2005). Trend Analysis in Turkish Precipitation data.* Hydrological processes published online in wileyInterscience (www.Interscience.wiley.com), *20:9.2011-2026.*
26. Yin Y., Liu H., Yi X. and Liu W. *(2015). Spatiotemporal variation and abrupt change analysis of temperature from 1960 to 2012 in the Huang-Huai-Hai Plain, China.* Advances in Meteorology. 12 p.
27. Zhang A., Zhe C., Wang S. and Yao Y. *(2015). Analysis of streamflow variations in the Heihe River Basin, northwest China: Trends, abrupt changes, driving factors and ecological influences.* Journal of Hydrology. *3: 106-124.*

Trend analysis of discharge changes in the watershed of Nahrin Tabas Dam watershed using parametric and non-parametric methods

Javad Chezgi*[1], Seyed Mohammad Tajbakhsh Fakhrabadi [2]

1. Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Iran.
2. Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Iran.

Received: 2022/02
Accepted: 2022/04

Abstract

The trend of river discharge changes in arid and semi-arid regions is mostly decreasing and this trend can be influenced by climatic factors and rising temperatures in recent decades in these areas. This reduction in discharge could have a significant impact on the water storage of the Nahrin Dam and agriculture, industry and drinking water in Tabas City, which should be considered by experts. The aim of this study was to determine the trend of discharge, precipitation and temperature in the watershed of Nahrin Tabas Dam using Mann-Kendall method, Sen's slope and linear regression. After data investigation and validation the data, the statistical period of 1987 - 2017 was selected. The results of all methods showed that the discharge decreased in all scales of annually, seasonally, and monthly. Precipitation has also decreased and in this 31-year period, it has annualy decreased by 0.8 mm, in average. The temperature has been increasing and on average, it has warmed up to about 1.5 °C during this period. The declining trend of river discharge has been due to climatic factors such as drought and rising temperatures. So that, according to the standardized precipitation index (SPI), the region suffers from severe drought in the last years. There is no water extraction for agriculture and industry above the hydrometric station, and the land use of the region has not changed. Therefore, declining trend of river discharge reduces the agriculture and other exploitations at the downstream of the Nahrin Tabas Dam, which already exists.

Keyword: Discharge changes Trend, Linear regression, Nahrin Tabas dam, Mann-Kendall.

[1] * Corresponding Author Email: chezgi@birjand.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.4.6.4]