

تحلیل روند پارامترهای هیدرومتئورولوژیک چهار سد مهم جنوب غرب ایران

رضا زمانی*، دانشجوی دکتری هیدرولوژی و منابع آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
سجاد عبداللهی اسدآبادی، دانشجوی دکتری هیدرولوژی و منابع آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
رسول میرعباسی نجفآبادی، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد.

چکیده

امروزه با توجه به اهمیت موضوع تغییر اقلیم، بررسی روند پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا با توجه به اهمیت موضوع در این پژوهش، روند پارامترهای دمای حداکثر، حداقل و متوسط، تبخیر، بارش، رطوبت نسبی و میزان جریان ورودی در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در چهار سد شهید عباسپور، دز، کرخه و مارون در جنوب غربی ایران مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، علاوه بر استفاده از آزمون من-کندال عادی (MK) از آزمون من-کندال با حذف کامل اثر خودهمبستگی (MMK) برای تحلیل روند استفاده شد. همچنین شیب خط روند با روش ناپارامتری تخمین‌گر شیب سن محاسبه گردید. نتایج نشان داد که در دمای متوسط و تبخیر روندی افزایشی و در میزان بارندگی روند کاهشی وجود داشته است. همچنین در همه سدهای مورد مطالعه روندی کاهشی در مقدار جریان ورودی به مخزن سدها وجود داشته که این کاهش در مقیاس سالانه به ترتیب در سدهای دز و کرخه بیشترین و در سدهای مارون و شهید عباسپور کمترین مقدار را دارد. قابل ذکر است که استفاده از آزمون اصلاح شده من-کندال باعث کاهش آماره Z من-کندال شده است. از نتایج این پژوهش می‌توان در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب استفاده کرد.

واژگان کلیدی

آزمون من-کندال، تخمین‌گر شیب سن، خودهمبستگی، روند، سد.

مقدمه و تعاریف

پدیده تغییر اقلیم در نتیجه افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های بشری در اتمسفر رخ داده که منجر به تغییر در توزیع زمانی و مکانی منابع آب در حوضه‌ها شده است (کانزویز و رابسون، ۲۰۰۴). با گرم شدن تدریجی کره زمین و به دنبال آن تغییر اقلیم تعداد و فراوانی حوادث هیدرولوژیکی و مقادیر حدی هیدرولوژیکی افزایش می‌یابد (هانگتیگتون، ۲۰۰۶). اصولاً وجود روند در سری‌های زمانی پارامترهای هیدرولوژیکی ممکن است ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت‌های انسانی باشد (وسماکت و برن، ۱۹۹۷، بایرسن و همکاران، ۲۰۰۵ و جیانگ و همکاران، ۲۰۰۷). لذا بررسی روند و ایستایی در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی می‌تواند در تعیین رابطه بین فرآیندهای هیدرولوژیکی و تغییرات محیطی مفید واقع شود (خلیلی و همکاران، ۱۳۹۱). در سال‌های اخیر، پژوهش‌گران متعددی از تحلیل روند برای ارزیابی اثرات پتانسیل تغییر اقلیم و تغییرپذیری آن روی سری‌های زمانی هیدرولوژیکی در نقاط مختلف جهان استفاده کرده‌اند که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌گردد. کارماجال و همکاران (۱۹۹۳) در حوضه رودخانه اکونکاکوا در شیلی روند بارش و دما را با استفاده از آزمون من-کندال بررسی کردند. نتایج نشان داد که بارش روندی غیرمعنی‌دار و دما روند افزایشی معنی‌دار داشت. نووتنی و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی ارتباط بین روند جریان رودخانه‌های ایالت مینسوتا در آمریکا را با عوامل اقلیمی دیگر مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که رابطه‌ی معنی‌داری بین روند جریان رودخانه و روند مشاهده شده در دیگر پارامترهای اقلیمی از جمله دمای هوا، دمای خاک، تعداد روزهای بارانی و برفی وجود دارد. کامپاتا و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی تحلیل روند داده‌های بلندمدت بارش ۵ ایستگاه باران‌سنجی واقع در حوضه آبریزی در زامبیا با استفاده از آزمون من-کندال پرداختند. نتایج حاکی از روند کاهشی غیرمعنی‌دار در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه بود. نتایج مطالعه زنگزو و همکاران (۲۰۱۰) در حوضه رودخانه‌ی تاریم* در شمال غربی چین در طی دوره آماری ۵۰ ساله نشان داد که میانگین دما و بارش سالانه دارای روند افزایشی معنی‌دار و میانگین دبی سالانه روندی کاهشی-افزایشی داشته است. فیشر و همکاران (۲۰۱۰) روند برخی پارامترهای اقلیمی را در حوضه رودخانه ژجیناگ در جنوب چین در دوره آماری (۲۰۰۷-۱۹۶۱) مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که روند مثبت معنی‌داری در دمای سالانه در روزهای گرم و بدون بارش در حوضه مورد مطالعه به‌ویژه در مناطق غربی و ساحلی وجود دارد. از دیگر نتایج این پژوهش می‌توان به کاهش روزهای بارانی، طولانی‌تر شدن دوره‌های خشکی و کوتاه‌تر شدن دوره‌های مرطوب اشاره کرد. حجام و همکاران (۱۳۷۸) در پژوهشی به بررسی روند تغییرات بارندگی فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوضه مرکزی ایران در دوره آماری (۱۳۷۹-۱۳۵۰) با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و تخمین‌گر شیب سن پرداختند. نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که کارآیی دو روش فوق در تحلیل روند بارندگی‌های فصلی و سالانه در بیشتر موارد شبیه به هم بوده است. عزیزی و روشنی (۱۳۸۷) به بررسی تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از آزمون من-کندال پرداخته‌اند. از جمله نتایج این پژوهش می‌توان به روند افزایشی دمای حداقل، روند کاهشی دمای حداکثر و کاهش دامنه تغییرات دما در طول دوره آماری مورد مطالعه اشاره کرد. میرعباسی و دین‌پژوه (۱۳۸۹) روند آبدهی رودخانه‌های شمال غرب ایران در سه دهه اخیر را مورد بررسی قرار دادند. آنها با حذف اثر کلیه ضرائب خودهمبستگی، روند جریان را در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه در ۱۶ ایستگاه

¹Tarim

هیدرومتری در دوره آماری (۱۳۸۳-۱۳۵۳) بررسی کردند. نتایج نشان داد که تعداد ماه‌های با روند منفی در مقیاس ماهانه بیشتر از تعداد ماه‌های با روند مثبت بوده است. خلیلی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به بررسی ارتباط بین روند تغییرات درجه حرارت و جریان رودخانه شهرچای ارومیه با تغییرات اقلیمی پرداخته‌اند. نتایج حاکی از عدم وجود روند خاصی در جریان سالانه و روند کاهشی در سری‌های جریان ماهانه رودخانه بود. طبری و حسین‌زاده (۲۰۱۱) روند دمای حداکثر و حداقل سالانه، فصلی و ماهانه را در ۱۹ ایستگاه سینوپتیک واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران در دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۶۶) با استفاده از آزمون من-کندال مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد دمای حداکثر و حداقل سالانه به ترتیب $0/09$ و $0/444$ درجه سانتی‌گراد در هر دهه افزایش داشته است. برای بررسی وجود روند در سری‌های هیدرولوژیک روش‌های آماری پارامتری و ناپارامتری مختلفی وجود دارد، ولی در مطالعات هیدرومتئورولوژیک اغلب از روش‌های ناپارامتری استفاده می‌شود، زیرا آزمون‌های ناپارامتری برای سری داده‌هایی که توزیع آماری آنها نرمال نیست و یا دارای داده‌های سانسور شده باشند، مناسب‌تر می‌باشند. اغلب سری‌های زمانی متغیرهای هیدرومتئورولوژیک نرمال نبوده و یا دارای داده‌های سانسور شده می‌باشند. تاکنون آزمون‌های آماری ناپارامتری بسیاری برای تعیین روند در سری داده‌ها بسط داده شده‌اند. از بین آزمون‌های ناپارامتری آزمون من-کندال (من، ۱۹۴۵ و کندال ۱۹۷۵) بهترین انتخاب برای بررسی روند یکنواخت داده‌ها می‌باشد (خو و همکاران، ۲۰۰۳). این آزمون توسط سازمان جهانی هواشناسی برای تشخیص روند در سری زمانی داده‌های محیطی توصیه شده است (یو و همکاران، ۲۰۰۲). شرط لازم برای استفاده از این آزمون عدم وجود خود همبستگی معنی‌دار در سری زمانی داده‌ها می‌باشد. با این حال، ممکن است سری زمانی داده‌های مورد بررسی دارای خود همبستگی معنی‌دار باشند. در اغلب مطالعاتی که تاکنون انجام پذیرفته، در تحلیل روند داده‌ها، اثر خود همبستگی داده‌ها ناچیز فرض شده است. وجود خودهمبستگی مثبت باعث تخمین بیشتر از واقعیت معنی‌دار بودن روند (مثبت یا منفی) می‌شود، همچنین وجود خودهمبستگی منفی باعث تخمین کمتر از واقعیت معنی‌داری روند (مثبت یا منفی) خواهد شد (حامد و راثو، ۱۹۹۸؛ یو و همکاران، ۲۰۰۲ و دین پژوه و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه با اهمیت بررسی روند پارامترهای هیدرولوژیکی و اقلیمی و نقش مهم سدها در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب، در این پژوهش با استفاده از آزمون من-کندال مرسوم (MK) و آزمون من-کندال اصلاح شده با حذف کامل اثر خودهمبستگی (MMK) به بررسی و تحلیل روند پارامترهای دمای حداقل، حداکثر و متوسط، تبخیر، بارش، رطوبت نسبی و میزان جریان ورودی به سدهای شهید عباسپور، کرخه، دز و سد مارون در استان خوزستان در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه پرداخته می‌شود. مقایسه نتایج دو روش مذکور و همچنین بررسی ارتباط بین روند متغیرهای هواشناسی با میزان جریان ورودی به سدهای مورد بررسی از دیگر اهداف این مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه روند پارامترهای دمای حداکثر، حداقل و متوسط، تبخیر، بارندگی، رطوبت نسبی و دبی جریان ورودی به مخزن چهار سد مهم در جنوب غرب ایران شامل شهید عباسپور، دز، کرخه و مارون مورد

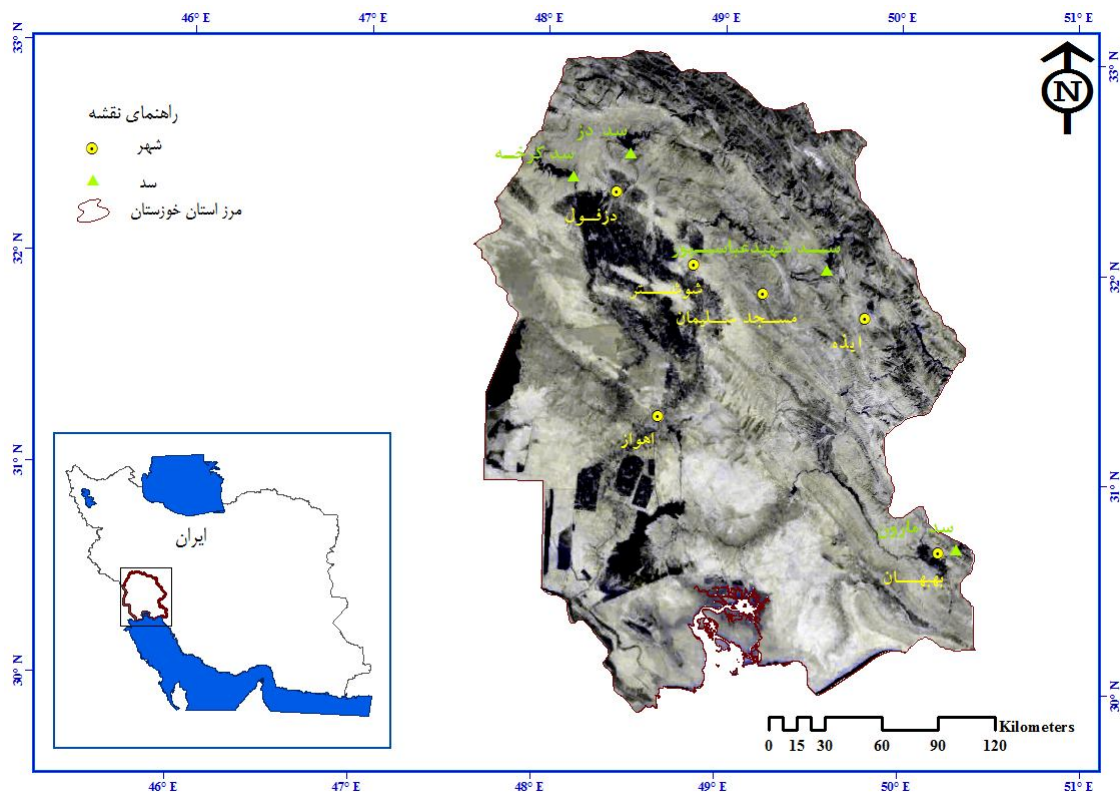
بررسی قرار گرفته است. در ادامه توضیح مختصری در مورد هر یک از سدها و دوره آماری مورد مطالعه بیان شده است.

سد شهید عباسپور: سد شهید عباسپور یا کارون ۱ بر روی رودخانه کارون و در فاصله ۵۵ کیلومتری شمال شهر مسجدسلیمان قرار دارد. این سد از نوع بتنی دوقوسی بوده و به منظور تولید انرژی برق آبی، تامین آب شرب، کشاورزی، صنعت و کنترل سیلاب طراحی و احداث شده است. حجم مخزن این سد ۱۳۹/۳ میلیون متر مکعب، طول دریاچه ۷۵ کیلومتر و مساحت دریاچه آن حدود ۵۴/۸ کیلومتر مربع می‌باشد (مدیریت منابع آب ایران). در این مطالعه از سری زمانی پارامترهای هیدرومتئورولوژیکی ذکر شده در دوره آماری ۴۱ ساله (۱۳۵۰-۱۳۹۰) استفاده شده است.

سد دز: این سد بر روی رودخانه دز و در ۲۳ کیلومتری شمال شرقی شهرستان اندیمشک در استان خوزستان قرار دارد. هدف اصلی از احداث این سد تامین نیروی لازم جهت تولید برق، کنترل سیلاب‌ها و تنظیم آب جهت مصرف آبیاری بوده است. حجم مخزن این سد ۲۶۹۸ میلیون مترمکعب و دریاچه آن دارای مساحت ۶۵ کیلومترمربع و طول ۶۵ کیلومتر می‌باشد (مدیریت منابع آب ایران). در این پژوهش از پارامترهای هیدرومتئورولوژیکی ثبت شده در محل سد دز در دوره آماری ۳۱ ساله (۱۳۶۰-۱۳۹۰) استفاده شده است.

سد کرخه: سد کرخه از بزرگترین سدهای خاکی دنیا و بزرگترین سد خاکی ایران و خاورمیانه می‌باشد و بر روی رودخانه کرخه در ۲۳ کیلومتری شمال غربی شهرستان اندیمشک در استان خوزستان قرار دارد. حجم مخزن این سد ۴۳۰ میلیون مترمکعب، مساحت دریاچه سد ۴۷ کیلومترمربع و طول دریاچه سد ۶۰ کیلومتر می‌باشد. از جمله اهداف آن می‌توان به تامین آب آبیاری اراضی پایین‌دست، تولید انرژی برق آبی و کنترل سیلاب‌های مخرب اشاره کرد (مدیریت منابع آب ایران). در این پژوهش با توجه به نقص داده‌ها، از پارامترهای هیدرومتئورولوژیکی ثبت شده در محل سد کرخه، در دوره آماری ۲۱ ساله (۱۳۷۰-۱۳۹۰) استفاده شده است.

سد مارون: این سد بر روی رودخانه مارون در فاصله ۱۹ کیلومتری شمال شرقی شهرستان بهبهان قرار دارد. حجم مخزن سد ۱۲۰۰ میلیون مترمکعب، مساحت مخزن ۲۴/۶ کیلومترمربع و طول مخزن سد ۳۰ کیلومتر می‌باشد. این سد با هدف کنترل جریان‌های سیلابی رودخانه مارون، تولید انرژی برق آبی و برای تامین نیاز آبی اراضی کشاورزی پایین‌دست احداث شده است (مدیریت منابع آب ایران). در این پژوهش از یک دوره آماری ۲۲ ساله (۱۳۶۹-۱۳۹۰) در بررسی روند پارامترهای مورد مطالعه در سد مارون استفاده شده است. شکل (۱) موقعیت هر یک از سدهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همچنین میانگین سالانه پارامترهای هیدرومتئورولوژیک مورد مطالعه در هر یک از سدها در جدول (۱) ذکر شده است.



شکل (۱) موقعیت سدهای مورد مطالعه در استان خوزستان.

جدول (۱) میانگین سالانه پارامترهای هیدرومتئورولوژیک در هر یک از سدها در دوره آماری مورد مطالعه.

پارامتر							سد
جریان ورودی (m ³ /s)	رطوبت نسبی (%)	تبخیر (mm)	بارش (mm)	دمای متوسط (C ⁰)	دمای حداقل (C ⁰)	دمای حداکثر (C ⁰)	
۵۱۲۲/۰۹	۴۷/۳۲	۹۳/۲۲	۵۶۴/۵۴	۲۳/۰۴	۱۶/۸۶	۲۹/۴۱	شهیدعباسپور
۲۸۹۸/۲۵	۴۳/۴۸	۱۰۳/۷۱	۴۵۳/۶۷	۲۴/۶۷	۱۹/۴۹	۲۹/۸۶	دز
۱۴۹۳/۴۷	۶۵/۲۷	۱۲۰/۲۹	۲۹۱/۶	۲۶/۶	۱۹/۲۸	۳۳/۹۲	کرخه
۶۵۹/۵	۵۷/۸	۹۳/۸۱	۳۰۶/۹۶	۲۴/۶۲	۱۶/۷۷	۳۲/۴۷	مارون

روش‌شناسی تحقیق

آزمون من-کندال

در این پژوهش از آزمون من-کندال مرسوم (MK) و آزمون من-کندال اصلاح شده با حذف کامل اثر خودهمبستگی داده‌ها (MMK) استفاده شده است.

آزمون من-کندال مرسوم (MK)

این آزمون که فرم کلاسیک آزمون من-کندال می باشد، در بسیاری از مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است. اگر تعداد سری زمانی در دوره مورد مطالعه n باشد، ابتدا آماره S به شرح زیر محاسبه می شود:

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

رابطه بالا x_j مقدار داده j ام و $\text{sgn}(\theta)$ تابع علامت می باشد که به صورت زیر تعریف می گردد:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

به ازای $n \geq 8$ آماره S دارای توزیع نرمال بوده و میانگین و واریانس آن به شرح زیر می باشد:

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n - (n-1)(2n+5) - \beta}{18} \quad (4)$$

در رابطه (۴)، β عاملی مربوط به تصحیح پراکندگی است و در صورتی که داده های تکراری در سری مورد بررسی وجود داشته باشد از رابطه (۵) محاسبه شده و در واریانس اعمال می شود.

$$\beta = \sum_{i=1}^m t_i(t_i - 1)(2t_i - 5) \quad (5)$$

که در رابطه بالا، t_i تعداد داده های یکسان در دسته i ام می باشد. در نهایت آماره آزمون MK با Z با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

مقدار مثبت Z روند افزایشی و مقدار منفی آن روند کاهشی را نشان می دهد. مقدار آماره Z به دست آمده از رابطه فوق با مقدار Z استاندارد نرمال در سطح معنی داری α مقایسه می شود. اگر $|Z| > 1.64$ در سطح معنی دار ۱۰ درصد، اگر $|Z| > 1.960$ در سطح معنی داری ۵ درصد و اگر $|Z| \geq 2.574$ در سطح معنی داری ۱ درصد فرض صفر (عدم وجود روند) رد می شود (کندال، ۱۹۷۵).

آزمون من-کندال اصلاح شده با حذف کامل اثر خودهمبستگی داده ها (MMK)

آزمون اصلاح شده من-کندال توسط حامد و رائو (۱۹۹۸) ارائه شده است. در این روش اثر همه ضرایب خودهمبستگی معنی دار از داده ها حذف می شود و برای سری داده هایی مورد استفاده قرار می گیرد که ضرایب خودهمبستگی آنها در یک یا چند مورد معنی دار باشند. در این روش ابتدا واریانس اصلاح شده $V(S)^*$ برای محاسبه آماره من-کندال به شرح زیر محاسبه می شود:

$$V(S)^* = V(S) \frac{n}{n^*} \quad (7)$$

$$\frac{n}{n^*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-1} (n-i)(n-i-1)(n-i-2)r_i \quad (8)$$

در رابطه‌های بالا، r_i ضریب خودهمبستگی با تاخیر i می‌باشد و مقدار $V(S)$ از رابطه (۴) تخمین زده می‌شود. برای محاسبه آماره Z من-کندال اصلاح شده (MMK)، در رابطه (۶) مقدار $V(S)$ با $V(S)^*$ جایگزین می‌گردد (حامد و راثو، ۱۹۹۸).

شیب خط روند با تخمین گر سن*

در آزمون من-کندال شیب خط روند سری داده‌ها با روش تخمین گر سن (تیل، ۱۹۵۰ و سن، ۱۹۶۸) از رابطه ناپارامتری زیر محاسبه می‌گردد:

$$\beta = \text{Median} \left[\frac{X_j - X_i}{j - i} \right] (\forall j > i) \quad (9)$$

که در رابطه بالا، β برآوردگر شیب خط روند و X_i, X_j به ترتیب مقادیر مشاهداتی i ام و j ام می‌باشند. مقادیر مثبت (منفی) β نشان دهنده روند افزایشی (کاهش) در سری است.

یافته‌های تحقیق

نتایج تحلیل روند پارامترهای هیدرومتئورولوژیکی سد شهید عباسپور

نتایج حاصل از بررسی روند پارامترهای مورد مطالعه سد شهید عباسپور در جداول (۲) و (۳) ذکر شده است. مطابق با نتایج، دمای حداقل در همه ماه‌ها دارای روندی افزایشی معنی‌دار و دمای حداکثر روندی نامنظم داشته است. دمای حداقل در هر چهار فصل و در مقیاس زمانی سالانه روند افزایشی معنی‌دار از خود نشان داده است. در تحلیل روند دمای متوسط در اکثر ماه‌ها روند افزایشی معنی‌داری مشاهده شده است. در مقیاس فصلی نیز روندی مشابه با سری‌های ماهانه وجود دارد و در تمامی فصل‌ها به جز زمستان روند افزایشی معنی‌دار در دمای متوسط مشاهده شده است. سری سالانه دمای متوسط نیز مشابه با تغییرات مقیاس فصلی و ماهانه روند افزایشی معنی‌دار را نشان می‌دهد، به طوری که افزایشی معادل $3/69(^{\circ}\text{C})$ را تجربه کرده است. مطابق نتایج، در بررسی روند پارامتر تبخیر در مقیاس ماهانه روند منظمی مشاهده نشده است، ولی سری سالانه تبخیر روند افزایشی معنی‌داری را تجربه کرده است. در بررسی روند بارش در محل سد عباسپور، در مقیاس زمانی ماهانه روند معنی‌داری مشاهده نشده است. فصل پاییز (زمستان) نیز روند کاهش‌ی غیرمعنی‌دار (معنی‌دار) و فصل بهار افزایش غیرمعنی‌دار را در بارش نشان می‌دهند. در مقیاس سالانه نیز روند کاهش‌ی غیرمعنی‌دار برای بارش سد شهید عباسپور مشهود است. با توجه به شیب سن محاسبه شده در مقیاس سالانه، مخزن سد شهید عباسپور با حدود ۱۴۳ میلیمتر کاهش بارندگی در طی ۴۱ سال دوره آماری مورد مطالعه این تحقیق روبرو بوده است. همچنین در اکثر ماه‌های سال (به جز فروردین ماه) کاهش‌ی معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد مشاهده می‌شود.

*Sen's Slope Estimator

جدول (۲) نتایج تحلیل روند پارامترهای مورد مطالعه سد شهید عباسپور در مقیاس ماهانه (دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۵۰).

پارامتر	آماره	ماه †											
		شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر
دمای حداکثر	Z(MK)	-0.36	-1.93	-2.60**	-3.72**	-0.42	1.53	0.03	-0.43	-1.69	0.10	-0.30	-1.15
	Z(MMK)	-0.28	-1.20	-1.53	-1.84	-0.42	1.53	0.05	-0.43	-1.30	0.09	-0.30	-1.15
	شیب	-0.01	-0.04	-0.04	-0.07	-0.01	0.05	0.00	-0.01	-0.05	0.00	-0.01	-0.04
دمای حداقل	Z(MK)	6.50**	5.34**	5.15**	4.82**	4.43**	5.22**	4.33**	2.67**	3.20**	4.44**	4.37**	4.80**
	Z(MMK)	2.18*	2.51*	2.97**	2.48*	3.65**	2.25*	2.57**	1.86	1.86	2.40*	2.09*	2.28*
	شیب	0.33	0.29	0.24	0.24	0.24	0.22	0.12	0.09	0.07	0.13	0.17	0.20
دمای متوسط	Z(MK)	5.58**	4.75**	3.97**	3.78**	3.87**	4.32**	2.49*	1.25	0.42	2.18*	2.12*	2.13*
	Z(MMK)	2.39*	2.57*	2.71**	2.86**	3.20**	2.95**	2.49*	1.25	0.33	1.43	2.12*	1.73
	شیب	0.15	0.12	0.09	0.08	0.10	0.14	0.07	0.04	0.01	0.07	0.07	0.09
تبخیر	Z(MK)	1.22	1.43	2.39*	2.58**	3.32**	1.99*	3.30**	1.86	-0.61	1.38	0.68	0.79
	Z(MMK)	0.95	1.12	1.94	1.88	3.32**	1.66	2.55*	1.86	-0.61	1.06	0.53	0.64
	شیب	0.04	0.05	0.07	0.08	0.10	0.05	0.05	0.03	-0.01	0.01	0.01	0.01
بارش	Z(MK)	-1.83	0.91	1.56	1.83	-0.40	0.51	0.90	-1.63	-1.26	-1.82	-0.78	-0.14
	Z(MMK)	-1.83	0.91	1.56	1.48	-0.40	0.51	0.90	-1.63	-1.26	-1.82	-0.78	-0.14
	شیب	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.51	-1.08	-0.74	-1.84	-0.62	-0.01
رطوبت	Z(MK)	-3.27**	-3.32**	-3.34**	-4.21**	-4.07**	-1.95	-3.79**	-3.57**	-4.83**	-5.52**	-4.52**	-3.41**
	Z(MMK)	-2.38*	-2.55*	-2.63**	-3.22**	-3.25**	-1.95	-3.79**	-1.42	-1.85	-2.03*	-2.05*	-3.41**
	شیب	-0.62	-0.56	-0.51	-0.53	-0.79	-0.53	-0.76	-0.67	-0.65	-0.82	-0.63	-0.48
جریان ورودی	Z(MK)	1.46	0.68	0.81	0.49	0.42	0.16	-0.36	-1.14	-0.75	1.20	1.40	1.65
	Z(MMK)	1.46	0.68	0.81	0.49	0.42	0.16	-0.36	-1.14	-0.75	1.20	1.40	1.65
	شیب	3.03	2.97	1.94	1.90	2.23	1.54	-3.80	-13.69	-5.35	6.26	3.75	4.17

† در این جدول روند معنی دار به صورت ارقام پر رنگ در سطح معنی داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده‌اند.

جدول (۳) نتایج تحلیل روند پارامترهای مورد مطالعه سد شهید عباسپور در مقیاس‌های فصلی و سالانه (دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۵۰).

پارامتر	آماره	فصل †				
		پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه
دمای حداکثر	Z(MK)	-0.64	0.66	0.85	-3.51**	0.22
	Z(MMK)	-0.53	0.49	0.85	-1.66	0.14
	شیب	-0.02	0.02	0.02	-0.05	0.01
دمای حداقل	Z(MK)	6.13**	4.07**	5.16**	5.44**	6.12**
	Z(MMK)	2.26*	1.99*	2.11*	2.77**	2.19*
	شیب	0.23	0.09	0.17	0.25	0.19
دمای متوسط	Z(MK)	4.07**	0.90	4.46**	4.39**	5.25**
	Z(MMK)	2.64**	0.67	3.40**	2.62**	2.35*
	شیب	0.09	0.02	0.10	0.09	0.09
تبخیر	Z(MK)	1.13	1.33	3.20**	2.60**	2.79**
	Z(MMK)	0.86	1.09	2.16*	2.11*	1.76
	شیب	0.02	0.01	0.07	0.08	0.05
بارش	Z(MK)	-0.57	-2.53*	0.61	2.56*	-1.45
	Z(MMK)	-0.57	-2.53*	0.61	2.56*	-1.45
	شیب	-0.61	-4.62	0.50	0.00	-3.49
رطوبت	Z(MK)	-4.11**	-5.29**	-3.93**	-3.81**	-4.70**
	Z(MMK)	-2.38*	-1.92	-3.04**	-2.88**	-1.99*
	شیب	-0.61	-0.68	-0.62	-0.54	-0.61
جریان ورودی	Z(MK)	-0.16	-2.37*	-1.65	0.16	-0.42
	Z(MMK)	-0.16	-2.37*	-1.65	0.16	-0.42
	شیب	-1.74	-10.86	-16.85	1.43	-1.20

† در این جدول روند معنی‌دار به صورت ارقام پر رنگ در سطح معنی‌داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده‌اند.

نتایج تحلیل روند پارامترهای هیدرومتئورولوژیکی سد دز

نتایج حاصل از بررسی روند در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه سد دز در جدول‌های (۴) و (۵) ذکر شده است. با توجه به نتایج این جدول‌ها در طی ۳۱ سال دوره مورد مطالعه، بیشترین میزان معنی‌داری دمای حداکثر در ماه دی و با مقدار آماره $Z(MK)=5.67$ مشاهده شده است. در مقیاس فصلی و سالانه نیز به جز فصل تابستان، روند افزایشی معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد با توجه به هر دو آماره $Z(MK)$ و $Z(MMK)$ مشاهده شد. در بررسی روند دمای حداقل در مقیاس ماهانه روند منظمی مشاهده نشده است و در مقیاس زمانی سالانه مطابق با آماره $Z(MK)$ روند معنی‌دار و افزایشی وجود دارد. با توجه به مقدار تخمین‌گر شیب سن، ماه آبان با افزایش دمای متوسط حدود ۱۵/۸۱ درجه سانتی‌گراد (در ۳۱ سال دوره آماری مورد مطالعه) و ماه خرداد با کاهش دمای متوسط حدود ۸/۳۷ درجه سانتی‌گراد روبه‌رو بوده است. در مقیاس زمانی سالانه نیز بر اساس آماره $Z(MK)$ روند افزایشی معنی‌دار در سطح ۱٪ در دمای متوسط مشاهده شد. اگرچه بر اساس آماره $Z(MMK)$ این روند معنی‌دار نبوده است. مطابق با نتایج جدول (۴)، بر اساس آماره $Z(MK)$ روند

تغییرات تبخیر در کلیه ماهها (به جز خرداد ماه) افزایشی معنی دار می باشد. البته بر اساس آماره Z(MMK) به دلیل وجود خودهمبستگی معنی دار روند افزایشی معنی دار در تبخیر فقط در سه ماهه تابستان مشاهده شد. با توجه به آماره شیب سن، بیشترین مقدار افزایش بارندگی در طی دوره مورد مطالعه در ماه فروردین به مقدار ۱۳/۶۴ میلی متر و بیشترین کاهش بارش در ماه آذر و به مقدار ۳۰/۰۷ میلی متر روی داده است. در مقیاس زمانی فصلی در سه فصل پاییز، زمستان و بهار روند کاهشی معنی دار مشاهده شده است. بیشترین میزان کاهش بارندگی در فصل زمستان با مقدار ۱۴۲/۶ میلی متر در مدت سی و یک سال مشاهده شده است. در مقیاس سالانه نیز روندی کاهشی و غیرمعنی دار در بارندگی محل سد دز مشاهده شد. در بررسی روند پارامتر رطوبت نسبی، در تمام ماهها روندی کاهشی در داده های رطوبت نسبی در طول دوره آماری مورد مطالعه مشاهده شده است. در مقیاس زمانی فصلی و سالانه نیز روندی کاهشی و گاه معنی دار مشاهده شده است. مطابق با نتایج حاصل از آزمون روند جریان ورودی به مخزن سد دز، در تمامی ماهها و در مقیاس های زمانی فصلی و سالانه روندی کاهشی و بیشتر معنی دار وجود دارد. با توجه به آماره شیب سن، بیشترین کاهش مقدار دبی ورودی به مخزن سد دز در ماه های اسفند و فروردین در دوره آماری مورد مطالعه روی داده است. در مقیاس فصلی نیز بیشترین کاهش میزان دبی ورودی به مخزن سد دز در فصل بهار و کمترین کاهش در فصل پاییز روی داده است.

جدول (۴) نتایج تحلیل روند پارامترهای مورد مطالعه سد دز در مقیاس ماهانه (دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۶۰).

ماه †												آماره	پارامتر
شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر		
-0.24	-0.66	0.03	-1.93	-0.38	2.52*	4.50**	5.43**	5.67**	5.18**	5.28**	4.15**	Z(MK)	دمای حداکثر
-0.11	-0.26	0.01	-0.73	-0.15	2.52*	2.05*	1.98*	2.08*	1.92	2.03*	2.36*	Z(MMK)	
-0.05	-0.07	0.01	-0.23	-0.03	0.10	0.29	0.64	0.46	0.46	0.62	0.37	شیب	دمای حداقل
-1.44	-3.69**	-2.68**	-4.94**	-3.36**	1.67	2.25*	2.80**	3.48**	2.96**	3.74**	3.80**	Z(MK)	
-1.44	-1.74	-1.31	-1.98*	-1.97*	0.75	0.94	1.03	1.27	1.09	1.38	1.57	Z(MMK)	دمای متوسط
-0.06	-0.30	-0.23	-0.30	-0.23	0.16	0.27	0.36	0.39	0.32	0.40	0.29	شیب	
-0.76	-2.31*	-1.29	-3.67**	-2.24**	2.62**	3.95**	4.35**	4.91**	4.21**	4.77**	4.30**	Z(MK)	تبخیر
-0.76	-0.94	-0.56	-1.40	-0.99	1.97*	1.70	1.60	1.79	1.56	1.81	1.88	Z(MMK)	
-0.06	-0.16	-0.11	-0.27	-0.12	0.11	0.24	0.51	0.38	0.36	0.51	0.30	شیب	بارش
4.58**	2.90**	2.39*	1.57	2.59**	3.79**	3.90**	5.06**	2.76**	3.65**	3.79**	3.72**	Z(MK)	
2.13*	2.24*	2.39*	1.23	1.93	1.44	1.49	1.86	1.01	1.35	1.41	1.44	Z(MMK)	رطوبت
0.23	0.12	0.11	0.07	0.08	0.25	0.22	0.23	0.20	0.27	0.29	0.32	شیب	
1.93	2.73**	2.51**	3.27**	2.76**	1.64	0.13	-0.49	-0.21	-1.61	-1.29	0.07	Z(MK)	جریان ورودی
1.93	2.73**	1.76	3.27**	2.19*	1.64	0.13	-0.49	-0.21	-1.61	-1.29	0.18	Z(MMK)	
0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.06	-0.24	-0.06	-0.97	-0.71	0.02	شیب	رطوبت
-1.20	-1.83	-0.50	-0.73	-1.76	-1.25	-1.71	-2.56*	-1.90	-3.18**	-0.92	0.08	Z(MK)	
-1.20	-1.27	-0.39	-0.55	-1.41	-1.25	-1.71	-2.56*	-1.90	-3.18**	-0.77	0.08	Z(MMK)	جریان ورودی
-0.18	-0.21	-0.07	-0.09	-0.30	-0.19	-0.23	-0.51	-0.26	-0.40	-0.15	0.02	شیب	
-4.93**	-4.74**	-4.91**	-5.23**	-5.35**	-4.72**	-4.86**	-4.91**	-4.00**	-4.51**	-3.97**	-4.39**	Z(MK)	رطوبت
-2.14*	-2.11*	-2.23*	-2.27*	-2.35*	-2.12*	-1.99*	-2.93**	-3.26**	-3.02**	-2.72**	-3.35**	Z(MMK)	
-1.73	-1.97	-3.05	-4.84	-9.03	-14.66	-18.56	-11.81	-6.08	-4.94	-3.05	-1.91	شیب	

†در این جدول روند معنی‌دار به صورت ارقام پر رنگ در سطح معنی‌داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده‌اند.

جدول (۵) نتایج تحلیل روند پارامترهای مورد مطالعه سد دز در مقیاس‌های فصلی و سالانه (دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۶۰).

پارامتر	آماره	فصل †				
		پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه
دمای حداکثر	Z(MK)	4.93**	5.72**	2.04*	-0.94	5.46**
	Z(MMK)	2.20*	2.07*	2.04*	-0.36	2.06*
	شیب	0.31	0.47	0.09	-0.10	0.17
دمای حداقل	Z(MK)	3.58**	2.69**	1.85	-3.95**	2.09*
	Z(MMK)	1.40	0.97	0.87	-1.73	0.77
	شیب	0.27	0.23	0.10	-0.28	0.15
دمای متوسط	Z(MK)	5.28**	4.81**	2.04*	-2.25*	4.93**
	Z(MMK)	2.16*	1.74	1.61	-0.89	1.83
	شیب	0.28	0.31	0.07	-0.14	0.19
تبخیر	Z(MK)	4.44**	3.88**	4.16**	2.74**	5.11**
	Z(MMK)	1.67	1.41	1.62	2.13*	1.85
	شیب	0.23	0.21	0.22	0.09	0.17
بارش	Z(MK)	-2.84**	-3.39**	-2.17*	2.68**	-1.36
	Z(MMK)	-2.84**	-2.79**	-1.74	2.04*	-1.12
	شیب	-2.72	-4.60	-1.11	0.12	-0.25
رطوبت	Z(MK)	-0.85	-2.9**	-1.41	-1.15	-1.99*
	Z(MMK)	-0.85	-2.9**	-1.13	-0.87	-1.11
	شیب	-0.10	-0.40	-0.24	-0.11	-0.21
جریان ورودی	Z(MK)	-4.35**	-4.37**	-5.00**	-5.14**	-4.97**
	Z(MMK)	-2.70**	-2.19*	-2.07*	-2.23*	-2.05*
	شیب	-2.36	-7.33	-14.05	-3.35	-6.56

† در این جدول روند معنی‌دار به صورت ارقام پر رنگ در سطح معنی‌داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده‌اند.

نتایج تحلیل روند پارامترهای هیدرومتئورولوژیک سد کرخه

نتایج حاصل از بررسی روند پارامترهای مورد مطالعه در محل سد کرخه در جدول‌های (۶) و (۷) ذکر شده است. مطابق این جداول، در بررسی پارامتر دمای حداکثر، در همه ماه‌ها روند افزایشی مشاهده شده است. در مقیاس زمانی فصلی و سالانه نیز روند افزایشی غیرمعنی‌دار وجود دارد. دمای حداقل دارای روندی نامنظم و دمای متوسط در بیشتر ماه‌ها دارای روندی افزایشی و غیرمعنی‌دار می‌باشد. در مقیاس زمانی فصلی نیز روندی افزایشی در داده‌های دمای متوسط در دوره آماری مورد مطالعه مشاهده شده است. بیشترین افزایش دمای متوسط با توجه به شیب سن، در طول دوره آماری ۲۱ ساله مورد مطالعه در ماه بهمن با مقداری برابر با ۳/۱۵ درجه سانتی‌گراد روی داده است. مطابق نتایج، روند تغییرات تبخیر در محل سد کرخه در کلیه ماه‌ها دارای روندی کاهشی بوده است که این روند در چهار ماهه مهر تا دی‌ماه معنی‌دار است. مطابق‌آماره Z(MK) بیشترین روند کاهشی بارندگی در دی‌ماه مشاهده شده است. با توجه به مقدار شیب سن در مقیاس سالانه، حدود ۲۰۱/۳۹ میلی‌متر کاهش بارندگی در طی ۲۱ سال مورد مطالعه روی داده است. همچنین در

بررسی داده‌های رطوبت نسبی محل سد کرخه، کلیه ماه‌ها دارای روندی کاهشی می‌باشند. با بررسی داده‌های دبی مشاهده شده در محل ایستگاه پای پل در طی ۲۱ سال دوره آماری مورد مطالعه در این سد، تقریباً مطابق با انتظار در بیشتر ماه‌ها روندی کاهشی مشاهده شده است. بیشترین میزان کاهش جریان ورودی در این دوره آماری، در ماه اسفند مطالعه مشاهده شده است. مطابق با نتایج جدول (۷)، در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار و کاهشی با مقداری برابر با ۲۰۰/۵۵ مترمکعب برثانیه در ۲۱ سال دوره آماری مورد مطالعه در جریان ورودی به سد کرخه مشاهده شده است.

جدول (۶) نتایج تحلیل روند پارامترهای مورد مطالعه سد کرخه در مقیاس ماهانه (دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۷۰).

پارامتر	آماره	ماه †											
		شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر
دمای حداکثر	Z(MK)	1.75	0.84	1.16	1.44	1.86	2.35**	0.95	3.33**	1.12	0.21	0.88	0.56
	Z(MMK)	1.33	0.67	1.16	1.44	1.86	1.60	0.95	1.98*	0.82	0.21	0.88	0.56
	شیب	0.20	0.06	0.07	0.10	0.15	0.20	0.10	0.32	0.12	0.05	0.08	0.04
دمای حداقل	Z(MK)	0.07	0.25	0.53	0.56	-0.35	-0.42	-0.32	0.14	-0.98	-2.10*	-0.67	-0.84
	Z(MMK)	0.07	0.25	0.53	0.56	-0.35	-0.42	-0.32	0.14	-0.98	-2.10*	-0.67	-0.84
	شیب	0.01	0.04	0.03	0.03	-0.01	-0.02	-0.03	0.02	-0.08	-0.18	-0.07	-0.07
دمای متوسط	Z(MK)	1.86	0.77	1.26	1.40	1.40	1.68	0.88	1.75	-0.07	-0.70	0.14	0.21
	Z(MMK)	1.46	0.77	1.26	1.40	1.40	1.68	0.88	1.35	-0.07	-0.70	0.29	0.21
	شیب	0.11	0.06	0.04	0.09	0.04	0.08	0.05	0.15	-0.01	-0.04	0.02	0.03
تبخیر	Z(MK)	-1.16	-1.23	-0.88	-0.14	-0.21	0.98	-0.21	-0.77	-2.10*	-2.38**	-2.73**	-2.59**
	Z(MMK)	-1.16	-1.23	-0.88	-0.14	-0.21	0.98	-0.21	-0.77	-2.10*	-1.70	-2.05*	-1.67
	شیب	-0.15	-0.13	-0.08	0.00	0.00	0.02	-0.01	-0.05	-0.21	-0.26	-0.27	-0.20
بارش	Z(MK)	-0.72	1.02	-0.46	-2.10*	0.77	-0.91	-0.91	0.00	-2.39**	1.72	0.00	0.00
	Z(MMK)	-0.72	1.02	-0.34	-1.58	0.77	-0.91	-0.91	0.00	-1.57	1.72	0.00	0.00
	شیب	0.00	0.34	-0.52	-2.93	0.38	-1.79	-2.19	-0.04	-2.13	0.00	0.00	0.00
رطوبت	Z(MK)	-1.47	-1.05	-0.56	-0.28	-1.16	-1.02	-2.07*	-3.15**	-3.22**	-3.85**	-2.80**	-1.61
	Z(MMK)	-1.10	-1.05	-0.56	-0.22	-0.85	-0.72	-1.53	-3.15**	-3.22**	-2.33**	-2.80**	-1.27
	شیب	-0.58	-0.54	-0.28	-0.25	-0.58	-0.36	-0.67	-1.33	-0.69	-0.96	-0.80	-0.49
جریان ورودی	Z(MK)	-0.07	0.49	0.49	-0.63	-1.75	-3.36**	-3.08**	-3.29**	-3.99**	-4.06**	-2.03*	-2.10*
	Z(MMK)	-0.05	0.36	0.34	-0.40	-1.28	-2.00*	-1.88	-2.25*	-2.84**	-2.79**	-2.03*	-2.10*
	شیب	-0.07	0.80	0.60	-0.68	-2.68	-12.60	-19.84	-9.90	-8.81	-11.39	-4.10	-3.70

† در این جدول روند معنی دار به صورت ارقام پر رنگ در سطح معنی داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده اند.

جدول (۷) نتایج تحلیل روند پارامترهای مورد مطالعه سد کرخه در مقیاس‌های فصلی و سالانه (دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۷۰).

پارامتر	آماره	فصل †			
		پاییز	زمستان	بهار	تابستان
دمای حداکثر	Z(MK)	1.05	1.75	1.40	1.09
	Z(MMK)	1.05	1.26	1.07	1.09
	شیب	0.10	0.16	0.16	0.07
دمای حداقل	Z(MK)	-0.74	-1.82	-0.04	0.63
	Z(MMK)	-0.74	-1.82	-0.04	0.63
	شیب	-0.04	-0.11	-0.01	0.04
دمای متوسط	Z(MK)	0.98	0.49	1.47	1.12
	Z(MMK)	0.98	0.49	1.47	1.12
	شیب	0.08	0.02	0.06	0.05
تبخیر	Z(MK)	-1.54	0.49	-0.74	-2.52*
	Z(MMK)	-1.54	0.49	-0.74	-1.68
	شیب	-0.08	0.01	-0.08	-0.30
بارش	Z(MK)	-0.77	-1.75	-0.14	-2.31*
	Z(MMK)	-0.77	-1.75	-0.11	-2.31*
	شیب	-2.85	-4.75	-0.25	0.00
رطوبت	Z(MK)	-1.40	-3.64**	-1.37	-0.84
	Z(MMK)	-0.86	-3.64**	-0.96	-0.84
	شیب	-0.68	-1.05	-0.80	-0.60
جریان ورودی	Z(MK)	-1.61	-3.78**	-3.29**	0.14
	Z(MMK)	-1.61	-2.30*	-1.99*	0.09
	شیب	-2.81	-12.65	-12.00	0.12

†در این جدول روند معنی‌دار به صورت ارقام پر رنگ در سطح معنی‌داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده‌اند.

نتایج تحلیل روند پارامترهای هیدرومتئورولوژیکی سد مارون

مطابق با نتایج جدول‌های (۸) و (۹)، دمای حداکثر در مقیاس ماهانه در کلیه ماه‌ها دارای روند افزایشی بوده که در ماه‌های بهمن، اسفند، اردیبهشت، خرداد، تیر و شهریور این روند معنی‌دار بوده است. در مقیاس سالانه نیز روندی افزایشی و معنی‌دار مشاهده شده است. در بررسی نتایج مربوط به دمای حداقل برخلاف دمای حداکثر بیشتر روند کاهشی مشاهده شده است. اما در مورد دمای متوسط ماهانه روند کاهشی یا افزایشی منظمی مشاهده نشد. با توجه به مقدار شیب سن، بیشترین مقدار افزایش دمای متوسط در ماه بهمن معادل ۲/۶۴ درجه سانتی‌گراد در ۲۲ سال مورد مطالعه بوده است. همچنین در مقیاس زمانی سالانه، حدود ۰/۲۲ درجه افزایش در دمای متوسط سد مارون مشاهده شده است. تغییرات تبخیر و بارندگی در محل سد مارون، به صورت نامنظم افزایشی و کاهشی می‌باشد. بارندگی در دو فصل پاییز و زمستان دارای روندی افزایشی و در دو فصل بهار و تابستان روندی کاهشی داشته است، به طوری که روند کاهشی در فصل تابستان معنی‌دار بوده است. با توجه به مقدار شیب سن، بیشترین میزان افزایش بارندگی در دی‌ماه به مقدار ۳۶/۳

میلی‌متر در ۲۲ سال مورد مطالعه و بیشترین کاهش بارندگی در شهریورماه معادل ۱۹/۸ میلی‌متر بوده است. در مقیاس سالانه نیز مقدار کاهش بارندگی معادل ۱۴۸/۰۶ میلی‌متر محاسبه شده است. قابل ذکر است که در بررسی داده‌های رطوبت نسبی محل سد مارون، به جز ماه مهر که روندی افزایشی مشاهده شده است، در سایر ماه‌ها روند کاهش و گاهی معنی‌دار بدست آمده است. با بررسی داده‌های دبی ورودی به مخزن سد مارون در طی ۲۲ سال دوره آماری مورد مطالعه، در بیشتر ماه‌ها روندی کاهشی و غیرمعنی‌دار مشاهده شده است. بیشترین میزان کاهش جریان ورودی در این دوره آماری، در ماه دی و برابر ۶۲/۹۲ مترمکعب بر ثانیه در ۲۲ سال مورد مطالعه مشاهده شده است. مطابق با نتایج جدول (۹)، در مقیاس سالانه نیز روندی غیرمعنی‌دار و کاهشی در جریان ورودی به سد مارون مشاهده شده است. در این مقیاس مقدار کاهش دبی با توجه به آماره شیب سن برابر ۳۹/۶ مترمکعب بر ثانیه در طی ۲۲ سال دوره آماری مورد مطالعه بوده است.

جدول (۸) نتایج تحلیل روند پارامترهای مورد مطالعه سد مارون در مقیاس ماهانه (دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۶۹).

شهریور	ماه †											آماره	پارامتر
	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر		
2.34*	1.52	2.40*	2.14*	2.34*	1.64	1.97*	2.82**	1.16	0.85	0.23	0.11	Z(MK)	دمای حداکثر
2.34*	1.52	2.40*	2.14*	2.34*	1.28	1.97*	2.00*	1.16	0.85	0.72	0.11	Z(MMK)	
0.11	0.05	0.07	0.07	0.13	0.09	0.16	0.28	0.07	0.07	0.01	0.01	شیب	دمای حداقل
-2.20*	-1.86	-1.69	-1.35	-0.45	-0.20	-0.39	-0.90	0.03	-1.95	-2.59**	-1.58	Z(MK)	
-1.24	-1.86	-1.16	-1.35	-0.45	-0.20	-0.39	-0.90	0.03	-1.95	-1.68	-1.58	Z(MMK)	دمای متوسط
-0.10	-0.07	-0.09	-0.04	-0.02	-0.01	-0.03	-0.05	0.00	-0.13	-0.17	-0.08	شیب	
0.23	-0.23	-0.20	0.06	1.24	1.07	1.24	2.03*	0.76	-0.59	-1.30	-0.56	Z(MK)	تبخیر
0.23	-0.23	-0.20	0.06	1.24	1.07	1.24	1.55	0.76	-0.59	-1.30	-0.56	Z(MMK)	
0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.04	0.05	0.07	0.12	0.04	-0.03	-0.09	-0.02	شیب	بارش
-1.86	-0.96	-1.47	-1.86	-0.68	0.39	1.64	1.18	0.28	1.30	-0.17	-1.35	Z(MK)	
-1.86	-0.69	-1.01	-1.26	-0.54	0.39	0.92	1.18	0.28	1.30	-0.17	-1.35	Z(MMK)	رطوبت
-0.04	-0.07	-0.15	-0.15	-0.08	0.03	0.11	0.07	0.01	0.04	-0.01	-0.06	شیب	
-2.44*	-2.71**	-2.76**	-1.92	-1.86	-0.56	0.23	-0.31	2.21*	0.60	1.64	0.46	Z(MK)	جریان ورودی
-2.44*	-2.04*	-2.76**	-1.92	-1.86	-0.56	0.23	-0.31	2.21*	0.60	1.64	0.46	Z(MMK)	
-0.90	0.00	-0.50	-0.60	-0.80	0.00	0.00	-0.09	1.65	0.09	0.53	0.00	شیب	رطوبت
-1.35	-1.69	-1.24	-0.23	-1.86	-1.64	-0.90	-0.90	-0.34	-1.41	-0.45	0.17	Z(MK)	
-1.35	-1.33	-0.89	-0.23	-1.38	-1.64	-0.90	-0.90	-0.34	-1.41	-0.45	0.17	Z(MMK)	جریان ورودی
-0.62	-0.75	-0.83	-0.21	-1.41	-0.86	-0.40	-0.38	-0.14	-0.36	-0.24	0.12	شیب	
1.18	1.83	0.54	-0.14	-1.72	-1.72	-1.24	-1.41	-1.64	-1.18	-1.13	0.90	Z(MK)	جریان ورودی
1.18	1.46	0.54	-0.14	-1.37	-1.72	-1.24	-1.41	-1.64	-1.18	-1.13	0.90	Z(MMK)	
0.33	0.50	0.24	-0.09	-1.04	-2.17	-3.00	-2.71	-2.86	-1.59	-0.48	0.13	شیب	

†در این جدول روند معنی‌دار به صورت ارقام پر رنگ در سطح معنی‌داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده‌اند.

جدول (۹) نتایج تحلیل روند پارامترهای مورد مطالعه سد مارون در مقیاس‌های فصلی و سالانه (دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۶۹).

پارامتر	آماره	فصل †			
		پاییز	زمستان	بهار	تابستان
دمای حداکثر	Z(MK)	0.73	1.69	2.76**	2.48*
	Z(MMK)	1.43	1.32	2.17*	2.48*
	شیب	0.04	0.12	0.12	0.08
دمای حداقل	Z(MK)	-2.71**	-1.47	-0.39	-1.92
	Z(MMK)	-1.43	-1.47	-0.39	-1.06
	شیب	-0.12	-0.06	-0.01	-0.07
دمای متوسط	Z(MK)	-0.96	0.62	1.52	0.17
	Z(MMK)	-0.96	0.62	1.52	0.17
	شیب	-0.03	0.04	0.05	0.01
تبخیر	Z(MK)	-1.18	1.24	0.85	-0.62
	Z(MMK)	-1.18	1.24	0.85	-0.46
	شیب	-0.03	0.03	0.04	-0.02
بارش	Z(MK)	0.68	1.33	-1.10	-1.02
	Z(MMK)	0.68	1.33	-1.10	-1.02
	شیب	0.53	3.33	-1.75	-6.73
رطوبت	Z(MK)	-0.90	-0.96	-2.20*	-2.09*
	Z(MMK)	-0.90	-1.72	-2.20*	-1.63
	شیب	-0.32	-0.34	-1.20	-0.69
جریان ورودی	Z(MK)	-0.62	-1.35	-1.58	-1.92
	Z(MMK)	-0.62	-1.35	-1.58	-1.92
	شیب	-0.10	-2.31	-2.00	-1.80

†در این جدول روند معنی‌دار به صورت ارقام پر رنگ در سطح معنی‌داری ۰.۱۰، ۰.۵ و ۱ درصد به ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده‌اند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نقش ویژه سدها در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، در این پژوهش به بررسی و تحلیل روند متغیرهای دمای حداکثر، حداقل و متوسط، بارندگی، تبخیر، رطوبت نسبی و همچنین میزان جریان ورودی به مخزن چهار سد مهم جنوب غرب کشور شامل سدهای شهید عباسپور، دز، کرخه و مارون پرداخته شد. مطابق با نتایج ذکر شده در هر چهار سد مورد مطالعه تقریباً روندی افزایشی در دمای متوسط مشاهده شده است. نتایج مذکور با نتایج مطالعات افراد مختلفی از جمله مسعودیان (۱۳۸۳)، شیرغلامی و قهرمان (۱۳۸۴) و طبری و حسین زاده (۲۰۱۱) قابل مقایسه می‌باشد. این افزایش دما با بحث گرمایش جهانی نیز در یک راستا قرار دارد. افزایش میزان تبخیر از مخزن سدها نیز در دوره مطالعاتی هر یک از سدها از جمله دیگر نتایج مهم این پژوهش به شمار می‌آید که با توجه به افزایش دمای متوسط در محل سدها امری طبیعی محسوب شده و با نتایج مطالعه دین‌پژوه و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. مشاهده شدن روند تقریباً کاهشی بارندگی در محل سدهای مورد مطالعه نیز از جمله دیگر نتایج این پژوهش می‌باشد، که با مطالعات مختلفی از جمله

خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۳) و رضیئی و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. بیشترین میزان کاهش بارندگی در مقیاس سالانه در محل سد کرخه مشاهده شده است. از جمله دیگر نتایج مهم می‌توان به روند کاهشی دبی جریان ورودی به مخزن سدهای مورد مطالعه اشاره کرد که این مطلب می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مربوط به منابع آب مورد توجه قرار گیرد. روند کاهشی جریان ورودی به سدهای مورد مطالعه با نتایج میرعباسی و دین پژوه (۱۳۸۹) و عبقری و همکاران (۲۰۱۳) قابل مقایسه می‌باشد. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند نزولی وجود دارد. کاهش میزان جریان ورودی به مخزن سدها اثرات منفی بر کشاورزی، محیط زیست، صنعت و سایر عوامل مرتبط خواهد داشت. همچنین از نکات مثبت این پژوهش در مقایسه با سایر پژوهش‌های قبلی می‌توان به بررسی حذف کامل اثر خودهمبستگی در داده‌های مورد مطالعه اشاره کرد. به‌طوری‌که مقایسه آماره‌های آزمون من-کندال مرسوم (MK) و اصلاح شده (MMK) نشان داد که حذف کامل اثر خودهمبستگی در سری داده‌ها باعث کاهش آماره Z-من-کندال شده است که دلیل آن هم وجود خودهمبستگی مثبت معنی‌دار در داده‌های مورد بررسی بوده است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده به بررسی روند موجود در پارامترهای هیدرومتئورولوژیکی در محل سایر سدهای کشور نیز پرداخته شود. همچنین بررسی و تحلیل سایر متغیرهای هیدرولوژیکی در حوضه‌های آبریز مهم نیز می‌تواند مفید واقع شود.

فهرست منابع

- ۱- حجام، سهراب و همکاران (۱۳۸۷)، تحلیل روند تغییرات بارندگی های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش های ناپارامتری. پژوهش های جغرافیایی، جلد ۴۰، شماره ۶۴، ص ۱۶۸-۱۵۷.
- ۲- خلیلی، علی و بذرافشان، جواد (۱۳۸۳)، تحلیل روند تغییرات بارندگی سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته. مجله بیابان، جلد نهم، شماره ۱ ص ۲۵-۳۳.
- ۳- شیرغلامی، هادی و قهرمان، بیژن (۱۳۸۴)، بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره اول، ص ۲۳-۸.
- ۴- عزیزی، قاسم و روشنی، محمود (۱۳۸۷)، مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال. پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۴، ص ۲۸-۱۳.
- ۵- مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۳)، بررسی روند دمای ایران در نیم سده ی گذشته. مجله جغرافیا و توسعه، بهار و تابستان ۱۳۸۳، ص ۱۰۶-۸۹.
- ۶- میرعباسی، رسول و دین پژوه، یعقوب (۱۳۸۹)، تحلیل آبدهی رودخانه های شمال غرب ایران در سه دهه اخیر. نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۴، ص ۷۶۸-۷۵۷.
7. Abghari, H., Tabarib, H., and HosseinzadehTalaee, 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.
8. Birsan, M.V., Molnar, P., Burlando, P., Pfaundler, M. 2005. **Streamflow trends in Switzerland**, *Journal of Hydrology*, 314: 312-329.
9. Carbajal, L.R., Pellicciotti, F., Molnar, P. 1993. **Analysis of Hydro-climatic Trends in the Aconcagua river basin, central Chile**, Institute of Environmental Engineering, Ethz Zurich, CH-8093, Switzerland.
10. Dinpashoha, Y., Mirabbasi, R., Jhajharia, D., ZareAbianeh, H., Mostafaeipour, A. 2014. **Effect of Short Term and Long-term Persistence on Identification of Temporal Trends**. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3): 617-625.
11. Douglas, E.M., Vogel, R.M., Kroll, C.N. 2000. **Trend in flood and low flow in the United State: Impact of spatial correlation**. *Journal of Hydrology*, 240: 90-105.
12. Hamed K. H., and Rao A. R. 1998. **A modified Mann-kendall trend test for autocorrelated data**. *Journal of Hydrology*, 204: 182-196.
13. Huntington, T.G. 2006. **Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis**. *Journal of Hydrology*, 319: 1-4.
14. Jiang, Y., Zhou, C., Cheng, W. 2007. **Streamflow trends and hydrological response to climatic change in Tarim headwater basin**, *Journal of Geographical Sciences*, 7(1): 51-61.
15. Kampata, J.M., Parida, B.P., Moalafhi, D.B. 2008. **Trend analysis of rainfall in the headstreams of the Zambezi River Basin in Zambia**. *Physics and Chemistry of the Earth*. 33: 621-625.
16. Kendall, M.G. 1975. **Rank Correlation Measures**, Charles Griffin, London.
17. Kundzewicz, Z.W., Robson, A. 2004. **Change detection in hydrological records – a review of the methodology**, *Hydrological Sciences Journal*, 49: 7-20.
18. Mann, H.B. 1945. **Non-parametric tests against trend**, *Econometrica* 13, *MathSci Net*, pp. 245-259.
19. Novotny, E.V., Stefan, H.G. 2007. **Stream flow in Minnesota: Indicator of climate change**. *Journal of Hydrology*, 334, 319-333.

20. Sen, P.K. 1968. *Estimates of the regression coefficients based on Kendall's tau*. *Journal of the American Statistical Association*, 63, 1379–1389.
21. Tabari, H., Hosseinzadeh Talaei, P. 2011. *Analysis of trends in temperature data in arid and semiarid regions of Iran*. *Global and Planetary Change*, 79: 1–10.
22. Thiel, H. 1950. *A rank-invariant method of linear and polynomial analysis, part 3*. *Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Proceedings* 53, 1397–1412.
23. Thomas, F., Gemmer, M., Lüliu, L., and Buda, S. 2010. *Temperature and precipitation trends and dryness/wetness pattern in the Zhujiang River Basin, South China, 1961–2007*. *Quaternary International* 244(2): 1–11.
24. Westmacott, J.R., Burn, D.H. 1997. *Climate change effects on the hydrologic regime within the Churchill–Nelson river Basin*. *Journal of Hydrology*, 202 (1–4): 263–279.
25. Xu Z.X., Takeuchi K., and Ishidaira H. 2003. *Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation*. *Journal of Hydrology*, 279, 144–150.
26. Yue, S., Pilon, P. and Cavadias G. 2002. *Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series*. *Journal of Hydrology*, 259, 254–271.
27. Zhang, X., Vincent, L. A., Hogg, W.D., Niitsoo, A. 2000. *Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century*. *Atmosphere-Ocean*, 38, 395–429.
28. Zongxue, X., Zhaofei, L., Guobin, F., Yaning, C. 2010. *Trends of major hydroclimatic variables in the Tarim River basin during the past 50 years*. *Journal of Arid Environments*, 74, 256–267.