

تأثیر ساخت سد گتوند بر پارامترهای اقلیمی دما، رطوبت و بارش

محمد حسام محمدی^{۱*}، محمود صفر^۲، حسین رفیق زاده^۳، حجت قربانی^۴ و سیدحسین خانشقاقی^۵

^۱ دانشجوی دکتری، گروه علوم زمین، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۲ پژوهشگر پسادکتری هواشناسی، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۳ کارشناسی فیزیک، دانشگاه یزد، یزد، ایران

^۴ کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

^۵ کارشناسی ارشد هواشناسی، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸)

چکیده

سدها نه تنها در زمینه مزایای ساخت، بلکه به دلیل تأثیرشان بر محیط نیز مطالعه می‌شوند. از مزایای احداث سدها می‌توان به تأمین آب آشامیدنی و کشاورزی، کنترل سیلاب و ایجاد نیروگاه برق اشاره کرد. به دلیل ایجاد سطح تبخیر بزرگ در پشت سدها، ممکن است تأثیر محیطی آنها بر پارامترهای اقلیمی و بوم‌سازگان منطقه محل استقرار، مزایای احداث آنها را تحت تأثیر قرار دهد. در این نوشتار، تأثیر احداث سد گتوند بر سه پارامتر رطوبت، دما و بارش با استفاده از داده‌های پنج ایستگاه هواشناسی در محدوده جغرافیایی محل استقرار سد، در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۶ به روش تحلیل روند سری‌های زمانی، در مقیاس‌های ماهانه و سالانه با بهره‌گیری از شیوه ناپارامتری برآوردکنندگی شیب سن و آزمون من-کندال بررسی و ارزیابی شد. نتایج داده‌های سه ایستگاه نزدیک محل استقرار سد و مقایسه آنها با داده‌های دو ایستگاه همدیدی دور از سد (ایستگاه‌های شاهد) نشان می‌دهند که پس از آب‌گیری سد در مردادماه سال ۱۳۹۰، در منطقه مورد مطالعه، میانگین رطوبت نسبی و دمای متوسط سالانه، روند افزایشی و مجموع بارش سالانه روند کاهشی داشته است. مطالعات بیشتری نیاز است تا به‌طور دقیق مشخص شود این تغییرات، بیشتر ناشی از احداث سد هستند یا عامل تغییرات جهانی اقلیم نیز در آن دخیل بوده است.

واژه‌های کلیدی: سد گتوند، روش تخمین گر شیب سن، آزمون من-کندال، اقلیم، خوزستان، کارون

۱ مقدمه

تغییرات پارامترهای اقلیمی موضوعی مهم در بحث سدسازی است؛ چون سدها با ایجاد سطح تبخیر بزرگ در منطقه بالادست خود، سالانه حجم زیادی از بخار آب را وارد جو می‌کنند که موجب افزایش رطوبت در منطقه استقرار سد می‌شود. علاوه بر این، از آنجاکه ظرفیت گرمایی ویژه آب حدود پنج برابر ظرفیت گرمایی ویژه خاک رس است؛ بنابراین با دریافت انرژی تابشی خورشید در بازه زمانی یکسان، افزایش دمای خاک رس حدود پنج برابر افزایش دمای آب خواهد شد و در نتیجه، یک گرادیان دمایی بین دریاچه پشت سد و خشکی اطراف آن ایجاد می‌شود که ناشی از تفاوت گرمایی آب-خشکی است و موجب تعدیل دمای هوای منطقه می‌شود. این عامل بر توزیع مکانی بارش و میزان آن نیز تأثیرگذار است. سد گتوند در استان خوزستان، در ۲۵ کیلومتری شمال شهرستان شوشتر و ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهر گتوند روی رودخانه کارون در جنوب غربی ایران قرار گرفته است. این سد بلندترین سد خاکی کشور است که بزرگ-ترین مخزن آبی روی رودخانه کارون و بیشترین میزان تولید انرژی برق آبی را در میان نیروگاه‌های آبی کشور دارد و با هدف تأمین بخشی از برق مورد نیاز کشور، تنظیم آب کشاورزی حوضه پایین‌دست و کنترل سیلاب‌های فصلی کارون احداث شده است. دریاچه این سد با مخزن ۴ میلیارد و ۵۰۰ میلیون مترمکعبی، دومین دریاچه مصنوعی بزرگ کشور پس از کرخه است (داموغ و زارعی، ۱۳۸۹).

تاکنون روش‌های آماری متعددی جهت تحلیل روند سری‌های زمانی مطرح و استفاده شده است که در دو دسته کلی روش‌های پارامتری و ناپارامتری تقسیم‌بندی می‌شوند. روش‌های ناپارامتری کاربرد به نسبت وسیع‌تری نسبت به روش‌های پارامتری دارند (تاکیشی و ایشیدایرا، ۲۰۰۳) که در میان آنها، دو آزمون من-کندال (Mann-

Kendall) و تخمین گر (برآوردکنندگی) شیب سن (Sen's slope estimator)، جزء متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های زمانی در هواشناسی به‌شمار می‌روند. روش‌های پارامتری جهت تحلیل روند سری‌های زمانی، بیشتر بر اساس رابطه رگرسیونی بین سری داده‌ها با زمان استوار هستند. یکی از پیش‌فرض‌های الزامی برای استفاده از روش‌های پارامتری این است که سری زمانی مورد نظر جهت تحلیل روند، باید تابع توزیع آماری خاصی باشد.

با توجه به اینکه در نتایج پژوهش برخی از پژوهشگران، روش‌های ناپارامتری در مقایسه با روش‌های پارامتری از دقت و صحت بیشتری برخوردار هستند (یو و پیلان، ۲۰۰۴)، جهت تحلیل داده‌ها در این مطالعه، از دو آزمون ناپارامتری تخمین گر شیب سن و من-کندال بهره گرفته شده است. روش تخمین گر شیب سن، برای تطبیق دادن خط روند در داده‌های ناهمگن و حتی داده‌هایی که توزیع نرمال دارند نیز می‌تواند بسیار دقیق‌تر از رگرسیون خطی ساده باشد (ویلکاکس، ۲۰۰۱)، ضمن اینکه این روش را «محبوب‌ترین روش ناپارامتری برای تخمین یک روند خطی» می‌نامند (الشعراوی و پیگورچ، ۲۰۰۲). حجام و همکاران (۱۳۸۷)، به بررسی روند تغییرات بارندگی فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از دو روش ناپارامتری مذکور در دوره آماری ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۹ پرداختند و نتیجه گرفتند کارایی این دو روش در تحلیل روند بارندگی‌های فصلی و سالانه در بیشتر موارد شبیه به هم است، اما کارایی روش سن در تحلیل مشاهداتی، که در آنها تعداد داده‌های با مقدار صفر زیاد است، بهتر از آزمون من-کندال است.

درباره نقش زیست-محیطی سدها مطالعات متعددی انجام شده است (برای نمونه، معتمدی و همکاران، ۱۳۹۴)، اما تاکنون مطالعه‌ای برای بررسی نقش احداث سد گتوند بر پارامترهای اقلیمی صورت نگرفته است. اهمیت این

۲-۲ داده‌ها و روش تحقیق

در این مطالعه، جهت بررسی اثر احداث سد گتوند بر پارامترهای اقلیمی رطوبت، دما و بارش، از داده‌های همدیدی پنج ایستگاه هواشناسی شامل ایستگاه‌های هواشناسی فرودگاه دزفول (۳۲/۴۴ درجه شمالی و ۴۸/۳۹ درجه شرقی)، مسجد سلیمان (۳۱/۹۴ درجه شمالی و ۴۹/۳۰ درجه شرقی)، شوشتر (۳۲/۰۴ درجه شمالی و ۴۸/۸۶ درجه شرقی)، لالی (۳۲/۲۰ درجه شمالی و ۴۸/۷۵ درجه شرقی) و گتوند (۳۲/۲۵ درجه شمالی و ۴۸/۸۱ درجه شرقی) در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۶ استفاده شد (شکل ۲). داده‌ها از سالنامه‌های سازمان هواشناسی کشور استخراج شدند.

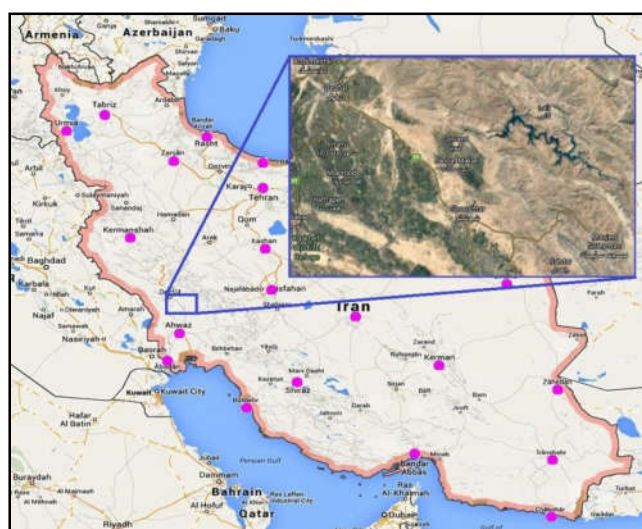
داده‌های همدیدی سه ایستگاه هواشناسی نزدیک محل استقرار سد گتوند (ایستگاه‌های شوشتر، لالی و گتوند به ترتیب واقع در فواصل ۲۶، ۱۷ و ۱۱ کیلومتر از محل احداث سد) به عنوان داده‌های ایستگاه‌هایی بررسی شد که احتمال اثرپذیری آنها از سد بیشتر است. با توجه به غربی بودن جهت جریان‌ات غالب جوی در منطقه مورد مطالعه، داده‌های همدیدی دو ایستگاه هواشناسی دیگر (فرودگاه

موضوع و نقش تعیین‌کننده آن در خرداقلیم منطقه جغرافیایی محل استقرار آن، سبب مطالعه اثر احداث سد گتوند بر اقلیم محلی در این پژوهش شد. هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی اثر احداث سد گتوند بر روند داده‌های بارش، دما و رطوبت در پنج ایستگاه هواشناسی در محدوده جغرافیایی سد، در مقیاس‌های ماهانه و سالانه برای دو دوره زمانی (پیش از احداث و آب‌گیری سد و پس از آن) و مقایسه نتایج این دو روش با هم است.

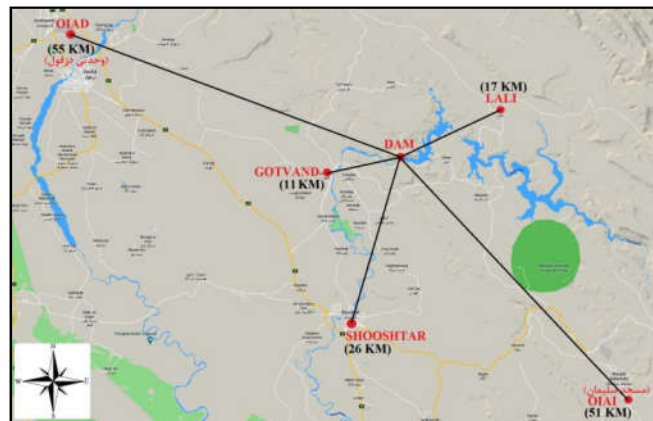
۲ داده‌ها و روش تحقیق

۱-۲ موقعیت جغرافیایی منطقه

سد گتوند، در استان خوزستان و در ۲۵ کیلومتری شمال شهرستان شوشتر و ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهر گتوند، روی رودخانه کارون در جنوب غربی ایران احداث شده است. ناحیه‌ای که در این پژوهش بررسی می‌شود شامل محل استقرار سد و همچنین مناطق اطراف آن در محدوده عرض‌های جغرافیایی ۳۱/۹۳ و ۳۲/۴۴ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸/۳۹ و ۴۹/۳۰ درجه شرقی است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.



شکل ۲. پراکندگی ایستگاه‌های بررسی شده و فاصله آنها از محل احداث سد گتوند.

روش‌های مناسبی باشد که همانند بسیاری از روش‌های ناپارامتری دیگر همچون من-کندال بر تحلیل تفاوت داده‌های مشاهداتی در یک سری زمانی استوار است. این روش ابتدا در پژوهش تیل (۱۹۵۰) ارائه و سپس در مطالعه سن (۱۹۶۸) بسط داده شد. از این روش هنگام وجود داده‌های ازدست‌رفته نیز راحت می‌توان استفاده کرد (سرانو و همکاران، ۱۹۹۹)؛ یعنی اگر روند موجود در سری زمانی، خطی باشد؛ رابطه زیر برقرار است (داداشی و همکاران، ۱۳۹۴):

$$f(t) = Qt + B, \quad (1)$$

که t ، زمان؛ Q ، شیب خط روند و B ، مقدار ثابت است. جهت محاسبه شیب خط روند (Q)، ابتدا شیب بین هر جفت داده مشاهداتی با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (داداشی و همکاران، ۱۳۹۴):

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k}, \quad (2)$$

که x_k و x_j به ترتیب داده‌های مشاهداتی در زمان‌های k و j هستند به گونه‌ای که ($j > k$) باشد. با اعمال این رابطه برای هر دو جفت داده مشاهداتی، یک سری زمانی از شیب‌های محاسبه شده به دست می‌آید که از محاسبه میانه این سری زمانی، شیب خط روند (Q_{med}) حاصل می‌شود. مقدار مثبت Q_{med} حاکی از صعودی بودن روند و مقدار

دزفول و مسجد سلیمان، به ترتیب واقع در فواصل ۵۵ و ۵۱ کیلومتر از محل احداث سد، به عنوان داده‌های ایستگاه‌های کنترلی یا شاهد با احتمال اثرپذیری کمتر از سد به دلیل بعد مسافت و نیز قرار گرفتن در مناطق شمال غرب و جنوب شرق سد گتوند ارزیابی شد.

همچنین از مقایسه داده‌های همدیدی ایستگاه‌های شوشتر، لالی و گتوند با داده‌های دو ایستگاه کنترلی دور از سد (فروگاه دزفول و مسجد سلیمان)، جهت تعیین سال‌های پربارش و کم‌بارش و نیز سال‌های گرم‌تر یا سردتر از حالت میانگین بلندمدت دمایی بهره گرفته شد.

۳-۲ روش تحقیق

در این پژوهش از مهم‌ترین روش‌های تحلیل آماری ناپارامتری، شامل آزمون‌های متداول من-کندال و تخمین گر شیب سن به علت مناسب بودن کاربرد آنها برای سری‌های زمانی داده‌های مشاهداتی هواشناسی استفاده شد.

۳-۲-۱ روش تخمین گر شیب سن

جهت برآورد و تحلیل شیب واقعی روند در یک سری زمانی برای داده‌های آماری دما، بارش و رطوبت، استفاده از روش ناپارامتری «تخمین گر شیب سن» می‌تواند یکی از

استفاده شد (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۰):

$$M_1 = \frac{n' + C_a}{2} \quad \text{و} \quad M_2 = \frac{n' - C_a}{2} \quad (۸)$$

که n' تعداد شیب‌های محاسبه‌شده در رابطه (۲) است. برای بررسی حدود اطمینان، از بین شیب‌های محاسبه‌شده، M_1 و $M_2 + 1$ استخراج شد. در صورتی که عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج‌شده بالا قرار گیرد، فرض صفر پذیرفته و سری زمانی بدون روند فرض می‌شود. در نهایت، مقدار B در معادله (۱) نیز برابر میانه n تعداد $(x_i - Q_{ti})$ خواهد بود.

۲-۳-۲ آزمون من-کندال

آزمون من-کندال از پرکاربردترین روش‌های ناپارامتری به‌شمار می‌رود که می‌تواند در جهت تحلیل روند سری‌های زمانی استفاده شود. این آزمون را ابتدا من (۱۹۴۵) ارائه و سپس کندال (۱۹۷۵) توسعه داد (سرانو و همکاران، ۱۹۹۹). سازمان جهانی هواشناسی کاربرد این آزمون را توصیه کرده است (خلیلی و بذرافشان، ۱۳۸۳). آماره S در آزمون من-کندال با رابطه (۴) تعریف می‌شود (سالمی و همکاران، ۲۰۰۲) و مقدار واریانس S ($VAR(S)$) نیز از روابط (۶) و (۷) محاسبه می‌شود.

مقدار آماره Z از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases}, \quad (۹)$$

که فرض صفر آزمون من-کندال بر تصادفی بودن و نبود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها است. چنانچه مقادیر محاسبه‌شده Z ، بزرگ‌تر از ۱/۹۶ یا کوچک‌تر از ۱/۹۶- باشد (در سطح اطمینان ۹۵ درصد)، داده‌های مذکور روند دارند و فرض صفر رد می‌شود، در

منفی آن، بیانگر نزولی بودن آن است. مرحله بعد، محاسبه پارامتر C_a در سطوح اطمینان مورد آزمون به کمک رابطه زیر است (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۰):

$$C_a = Z_{1-a/2} \sqrt{VAR(S)}, \quad (۳)$$

که Z آماره توزیع نرمال استاندارد است و در یک آزمون دو دامنه، بسته به سطوح اطمینان مفروض می‌تواند مقادیر مختلفی داشته باشد. این آماره برای سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب برابر با ۱/۹۶ و ۲/۵۸ است (سالمی و همکاران، ۲۰۰۲). آماره S نیز به شکل زیر تعریف می‌شود (سالمی و همکاران، ۲۰۰۲):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i), \quad (۴)$$

که x_i و x_j به ترتیب داده‌های مشاهداتی در زمان‌های i و j هستند و n تعداد کل داده‌های مشاهداتی است. تابع علامت (sgn) نیز برابر است با:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_i) < 0 \end{cases}, \quad (۵)$$

اگر تعداد داده‌های سری زمانی بزرگ‌تر از ۱۰ باشد، واریانس S از رابطه (۶) و در غیر این صورت از رابطه (۷) محاسبه می‌شود (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۰):

$$VAR(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}, \quad (۶)$$

$$VAR(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}, \quad (۷)$$

که n تعداد داده‌های مشاهداتی، m تعداد سری‌هایی است که در آنها دست کم یک داده تکراری وجود دارد و t نیز فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است.

برای محاسبه حدود اطمینان بالا و پایین از روابط زیر

تحلیل روند آماری داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، با نظر به مقادیر به‌دست‌آمده برای Q_{max} و Q_{min} در این سطح و همچنین تحلیل مقادیر Z با استفاده از روش آزمون من-کندال، روند آماری افزایشی یا کاهشی معنی‌داری را در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه برای ایستگاه‌های دزفول و لالی نشان نمی‌دهد. در ایستگاه مسجد سلیمان در ماه ژوئیه ($Z=2/6$) و ایستگاه شوشتر نیز در ماه ژوئیه ($Z=2/48$) در سطح اطمینان ۹۵ درصد، روند افزایشی معنی‌دار و در ایستگاه گتوند در ماه ژوئن ($Z=-1/97$) روند کاهشی معنی‌دار مشاهده شد. در ایستگاه مسجد سلیمان در ماه اوت ($Z=1/9$) و سپتامبر ($Z=1/87$) روند افزایشی میانگین دما در سطح اطمینان کمتر از ۹۵ درصد دیده شد. در دیگر ایستگاه‌ها بر اساس نتایج آزمون من-کندال، هیچ‌گونه روند معنی‌داری در این سطح از اطمینان مشاهده نشد (جدول ۲).

۳-۲ رطوبت نسبی

با توجه به نتایج محاسبات آماری با روش تخمین‌گر شیب سن، در مقیاس زمانی سالانه، روند میانگین رطوبت نسبی بعد از احداث سد در سال ۲۰۱۱، برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه افزایشی بوده است. در تمامی ایستگاه‌ها، در ماه دسامبر روند افزایشی دیده می‌شود. روند افزایشی میانگین رطوبت نسبی در ایستگاه دزفول، در تمامی ماه‌ها به جز در ماه‌های ژانویه، فوریه، آوریل و نوامبر نیز مشاهده شد.

در ایستگاه مسجد سلیمان، فقط در ماه‌های مارس، ژوئن، اکتبر و دسامبر و در ایستگاه شوشتر، در ماه‌های مارس، ژوئن، ژوئیه، اوت، سپتامبر و دسامبر روند افزایشی میانگین رطوبت نسبی مشاهده شد. در ایستگاه لالی، در ماه‌های ژانویه، آوریل، ژوئن، ژوئیه و دسامبر و در ایستگاه گتوند، فقط در ماه‌های آوریل، ژوئیه، اوت، سپتامبر، نوامبر و دسامبر روند افزایشی مشاهده شد (جدول ۳).

تحلیل روند آماری داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، با نظر به مقادیر به‌دست‌آمده برای Q_{max} و Q_{min} در این سطح احتمالاتی و همچنین تحلیل مقادیر Z با استفاده از روش آزمون من-کندال، روند آماری افزایشی یا کاهشی معنی‌دار سالانه را برای هیچ‌یک از ایستگاه‌ها نشان نمی‌دهد. تنها در ایستگاه فرودگاه دزفول در ماه‌های سپتامبر ($Z=2/62$) و نوامبر ($Z=2/06$)، در ایستگاه لالی در ماه ژوئن ($Z=2/36$) و در ایستگاه شوشتر در ماه سپتامبر ($Z=2/21$) در سطح اطمینان ۹۵ درصد روند افزایشی معنی‌داری مشاهده شد. در ایستگاه فرودگاه دزفول در ماه اکتبر ($Z=1/7$)، روند افزایشی میانگین رطوبت نسبی در سطح اطمینان کمتر از ۹۵ درصد دیده شد. تنها در ایستگاه گتوند، در ماه ژوئیه ($Z=-2/63$)، در سطح اطمینان ۹۵ درصد، روند کاهشی معنی‌داری مشاهده می‌شود. در دیگر ایستگاه‌ها بر اساس نتایج آزمون مذکور، هیچ‌گونه روند معنی‌داری در این سطح از اطمینان مشاهده نشد (جدول ۴).

۳-۳ بارش سالانه

با توجه به نتایج محاسبات آماری با روش تخمین‌گر شیب سن، در مقیاس زمانی سالانه، روند مجموع بارش بعد از احداث سد در سال ۲۰۱۱ برای ایستگاه‌های دزفول، مسجد سلیمان و شوشتر، افزایشی و در دو ایستگاه لالی و گتوند کاهشی بوده است. در تمامی ایستگاه‌ها، در ماه دسامبر روند افزایشی مشاهده شد. روند افزایشی مجموع بارش در ایستگاه دزفول، در بیشتر ماه‌هایی که معمولاً احتمال بارش است (ژانویه، فوریه، مارس، آوریل و دسامبر) نیز مشاهده شد.

در ایستگاه مسجد سلیمان، فقط در ماه‌های ژانویه، مارس و دسامبر روند افزایشی مشاهده شد، درحالی‌که در ایستگاه شوشتر، در ماه‌های مارس و دسامبر؛ در ایستگاه لالی، در ماه‌های مارس، آوریل و دسامبر و در ایستگاه

گتوند، فقط در ماه‌های آوریل، مه، اکتبر و دسامبر روند افزایشی رخ داده است. همچنین ماه نوامبر برای تمامی ایستگاه‌ها، ماه رخداد روند کاهشی مجموع بارش بود (جدول ۵).

جدول ۲. نتایج آزمون سن و من-کندال در سطح احتمالاتی ۵ درصد برای پارامتر میانگین دما در ایستگاه‌های دزفول، مسجد سلیمان، شوشتر، لالی و گتوند برای سری‌های زمانی ماهانه و سالانه (۲۰۱۷-۲۰۰۱).

شوشتر				مسجد سلیمان				فرودگاه دزفول				
Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵	Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵	Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵	
ژانویه	۰/۷۰	۰/۰۶	-۰/۰۷	۰/۲۰	۱/۶۹	۰/۱۲	-۰/۰۳	۰/۲۵	۱/۴۰	۰/۰۸۶	-۰/۰۵۶	۰/۲۰۰
فوریه	۰/۵۸	۰/۰۶	-۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۷۵	۰/۰۶	-۰/۰۷	۰/۱۹	۱/۱۲	۰/۰۸۳	-۰/۰۴۵	۰/۲۱۶
مارس	۰/۱۶	-۰/۰۳	-۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۳۷	۰/۰۳	-۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۵۰	۰/۰۴۳	-۰/۱۱۸	۰/۱۵۰
آوریل	۰/۲۰	۰/۰۴	-۰/۰۹	۰/۲۰	۱/۰۷	۰/۰۷	-۰/۰۷	۰/۲۶	۰/۶۶	۰/۰۶۷	-۰/۰۷۷	۰/۱۸۴
مه	۰/۱۵	۰/۰۷	-۰/۰۳	۰/۱۵	۱/۴۱	۰/۰۶	-۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۸۷	۰/۰۴۷	-۰/۰۵۴	۰/۱۵۹
ژوئن	۰/۱۲	۰/۰۵	-۰/۰۲	۰/۱۲	۱/۳۷	۰/۰۵	-۰/۰۲	۰/۱۲	-۰/۵۴	-۰/۰۲۷	-۰/۱۲۵	۰/۱۰۰
ژوئیه	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۱۶	۲/۶۰	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۱۸	۱/۳۷	۰/۰۶۰	-۰/۰۲۱	۰/۱۱۹
اوت	۰/۲۰	۰/۰۷	-۰/۰۳	۰/۲۰	۱/۹۰	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۱۶	-۰/۲۱	-۰/۰۱۴	-۰/۰۹۸	۰/۱۳۳
سپتامبر	۰/۱۵	۰/۰۷	-۰/۰۱	۰/۱۵	۱/۸۷	۰/۰۸	۰/۰۰	۰/۱۷	۰/۳۷	۰/۰۳۱	-۰/۰۷۳	۰/۱۲۳
اکتبر	۰/۰۳	-۰/۰۶	-۰/۲۰	۰/۰۳	-۱/۵۳	-۰/۰۵	-۰/۱۶	۰/۰۳	-۱/۲۰	-۰/۰۶۰	-۰/۱۶۴	۰/۰۴۶
نوامبر	۰/۱۴	۰/۰۳	-۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۹۱	۰/۰۵	-۰/۰۷	۰/۱۷	۰/۲۹	۰/۰۰۰	-۰/۰۶۸	۰/۱۲۱
دسامبر	۰/۲۵	-۰/۰۲	-۰/۱۷	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۰۳	-۰/۱۰	۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۰۱۲	-۰/۲۰۰	۰/۲۱۱
میانگین سالانه	۰/۰۸	۰/۰۳	-۰/۰۲	۰/۱۰	۱/۹۴	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۱۰	۱/۰۷	۰/۰۲۸	-۰/۰۲۳	۰/۰۷۸

گوند				لالی			
Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵	Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵
ژانویه	۰/۳۵	-۰/۲۱	۰/۰۹	۰/۸۱	۰/۴۸	-۰/۱۰	۰/۲۸
فوریه	۰/۳۷	-۰/۲۴	-۰/۲۳	-۰/۹۹	۰/۳۵	-۰/۳۰	-۰/۰۱
مارس	۰/۲۳	-۰/۲۵	۰/۱۱	۰/۲۷	۰/۳۹	-۰/۰۴	-۰/۲۳
آوریل	۰/۳۱	-۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۸۱	۰/۴۴	-۰/۱۸	۰/۱۷
مه	۰/۲۲	-۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۶	-۰/۱۴	۰/۰۴
ژوئن	۰/۰۰	-۰/۲۷	-۰/۱۶	-۱/۹۷	۰/۱۴	-۰/۱۶	۰/۰۰
ژوئیه	۰/۱۷	-۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۹۹	۰/۲۸	-۰/۰۷	۰/۱۳
اوت	۰/۲۷	-۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۵۴	۰/۲۰	-۰/۲۳	۰/۰۲
سپتامبر	۰/۳۲	-۰/۲۱	-۰/۰۱	-۰/۲۷	۰/۲۳	-۰/۲۰	۰/۰۲
اکتبر	۰/۱۷	-۰/۵۰	-۰/۰۶	-۰/۳۶	۰/۲۸	-۰/۳۴	-۰/۰۵
نوامبر	۰/۳۵	-۰/۳۱	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۴۰	-۰/۳۴	۰/۰۷
دسامبر	۰/۳۰	-۰/۲۸	۰/۱۴	۰/۴۵	۰/۴۳	-۰/۱۵	۰/۱۲
میانگین سالانه	۰/۱۵	-۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۲۱	-۰/۰۸	۰/۰۹

جدول ۳. مقادیر محاسبه شده تخمین گر شیب سن (Q) برای پارامتر میانگین رطوبت در ایستگاه های دزفول، مسجد سلیمان، شوشتر، لالی و گتوند برای سری های زمانی ماهانه و سالانه.

	گتوند		لالی		شوشتر		مسجد سلیمان		فرودگاه دزفول	
	۲۰۰۹-۲۰۱۷	۲۰۰۹-۲۰۱۱	۲۰۰۷-۲۰۱۷	۲۰۰۷-۲۰۱۱	۲۰۰۱-۲۰۱۷	۲۰۰۱-۲۰۱۱	۲۰۰۱-۲۰۱۷	۲۰۰۱-۲۰۱۱	۲۰۰۱-۲۰۱۷	۲۰۰۱-۲۰۱۱
ژانویه	۰/۷۵۰	۹/۰۰۰	-۰/۳۳۳	-۰/۵۰۰	-۰/۵۰۰	-۰/۱۴۳	-۰/۱۹۱	۰/۱۶۷	۰/۰۰۰	۰/۷۱۴
فوریه	-۱/۰۰۰	۴/۰۰۰	-۰/۵۰۰	۴/۲۵۰	-۰/۳۵۴	۰/۰۰۰	-۰/۲۵۰	۰/۲۰۰	-۰/۱۲۲	۰/۸۸۹
مارس	۱/۴۱۷	۶/۵۰۰	۱/۸۵۷	۲/۰۰۰	۰/۲۰۸	-۰/۴۰۰	۰/۲۴۰	-۰/۶۶۷	۰/۲۶۸	-۰/۱۱۱
آوریل	-۰/۶۴۶	-۲/۵۰۰	۰/۰۰۰	-۳/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۴۳	-۰/۴۲۳	-۰/۴۰۰	-۰/۱۳۹	۰/۰۰۰
مه	-۰/۶۶۷	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۱/۱۶۷	۰/۳۲۱	۰/۴۰۰	۰/۲۵۰	۰/۵۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۲۵۰
ژوئن	-۰/۶۳۳	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۲۹۲	۰/۱۹۴	۰/۰۰۰	۰/۱۱۱	۰/۰۰۰	-۰/۲۱۵	-۱/۰۰۰
ژوئیه	-۱/۰۰۰	-۱/۵۰۰	۰/۱۲۵	-۰/۳۳۳	۰/۳۲۱	۰/۳۰۰	۰/۱۹۱	۰/۲۸۶	-۰/۰۳۸	-۰/۲۵۰
اوت	-۰/۰۶۳	-۳/۰۰۰	۰/۲۵۰	۰/۳۷۵	۰/۲۵۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۸۳	-۰/۴۰۰
سپتامبر	-۰/۲۲۵	-۱/۵۰۰	۰/۳۳۳	۱/۶۲۵	۰/۲۹۷	۰/۲۵۰	۰/۱۱۸	۰/۱۶۷	۰/۵۰۰	۰/۳۳۳
اکتبر	-۰/۵۸۳	-۰/۵۰۰	۱/۰۰۰	۱/۱۶۷	۰/۲۷۹	۰/۲۸۶	۰/۱۷۴	۰/۱۶۷	۰/۴۸۱	۰/۴۰۰
نوامبر	-۰/۸۱۳	-۲/۵۰۰	۰/۳۳۳	۰/۶۶۷	۱/۰۰۰	۱/۱۴۳	۱/۰۰۰	۱/۱۶۷	۰/۸۶۶	۱/۰۰۰
دسامبر	۱/۳۳۳	-۱۳/۰۰۰	۰/۵۰۰	-۵/۲۵۰	-۰/۳۰۳	-۲/۰۰۰	-۰/۱۶۱	-۲/۱۱۱	-۰/۱۲۵	-۲/۲۵۰
میانگین سالانه	-۰/۲۴۷	-۰/۳۳۳	۰/۳۴۵	۰/۰۹۴	۰/۱۶۸	۰/۰۰۰	۰/۰۶۰	-۰/۰۸۳	۰/۰۵۸	-۰/۲۰۸

جدول ۴. نتایج آزمون سن و من- کندال در سطح احتمالاتی ۵ درصد برای پارامتر میانگین رطوبت در ایستگاه های دزفول، مسجد سلیمان، شوشتر، لالی و گتوند برای سری های زمانی ماهانه و سالانه (۲۰۰۱-۲۰۱۷).

	شوشتر				مسجد سلیمان				فرودگاه دزفول			
	Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵	Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵	Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵
ژانویه	-۰/۹۹	-۰/۵۰	-۱/۴۹	۰/۷۹	-۰/۴۵	-۰/۱۹	-۱/۲۵	۰/۹۰	۱/۲۷۶	۰/۰۰	-۱/۱۰۴	۱/۲۷۶
فوریه	-۰/۷۹	-۰/۳۵	-۱/۲۹	۰/۴۴	-۰/۹۵	-۰/۲۵	-۰/۹۶	۰/۵۴	۰/۶۰۴	-۰/۳۷	-۰/۷۹۳	۰/۶۰۴
مارس	۰/۶۶	۰/۲۱	-۰/۵۲	۱/۲۲	۰/۲۹	۰/۲۴	-۰/۹۸	۱/۴۰	۱/۰۰۰	۰/۶۲	-۰/۴۸۶	۱/۰۰۰
آوریل	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۶۵	۰/۵۶	-۰/۹۹	-۰/۴۲	-۱/۱۰	۰/۴۰	۰/۵۰۰	-۰/۴۱	-۰/۱۳۹	۰/۵۰۰
مه	۱/۷۵	۰/۳۲	۰/۰۰	۰/۵۰	۱/۴۲	۰/۲۵	-۰/۱۳	۰/۵۲	۰/۴۱۰	-۰/۳۴	-۰/۴۴۸	۰/۴۱۰
ژوئن	۱/۰۵	۰/۱۹	-۰/۱۶	۰/۵۲	۱/۰۹	۰/۱۱	-۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۲۵۰	-۰/۶۷	-۰/۲۱۵	۰/۲۵۰
ژوئیه	۱/۸۳	۰/۳۲	۰/۰۰	۰/۵۰	۱/۷۳	۰/۱۹	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۲۸۶	-۰/۲۹	-۰/۰۳۸	۰/۲۸۶
اوت	۱/۶۸	۰/۲۵	۰/۰۰	۰/۶۰	۰/۴۷	۰/۰۰	-۰/۱۳	۰/۲۵	۰/۴۵۸	۱/۰۵	۰/۱۸۳	-۰/۱۹۰
سپتامبر	۲/۲۱	۰/۳۰	۰/۰۰	۰/۵۷	۱/۳۵	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۳۴	۱/۰۰۰	۲/۶۲	۰/۵۰۰	۰/۱۲۵
اکتبر	۱/۱۷	۰/۲۸	-۰/۲۲	۰/۷۵	۰/۶۷	۰/۱۷	-۰/۲۲	۰/۷۹	۱/۲۰۰	۱/۷۰	۰/۴۸۱	۰/۰۰۰
نوامبر	۱/۴۹	۱/۰۰	-۰/۲۹	۱/۴۴	۱/۶۹	۱/۰۰	-۰/۱۱	۱/۸۸	۱/۵۰۰	۲/۰۶	۰/۸۶۶	۰/۰۲۵
دسامبر	-۰/۵۰	-۰/۳۰	-۱/۷۸	۰/۶۵	-۰/۲۱	-۰/۱۶	-۱/۵۴	۰/۹۸	۱/۰۵۶	-۰/۱۷	-۰/۱۲۵	-۱/۲۴۳
میانگین سالانه	۰/۸۷	۰/۱۷	-۰/۱۸	۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۰۶	-۰/۱۶	۰/۳۲	۰/۳۷۴	۰/۴۱	۰/۰۵۸	-۰/۲۴۶

	لالی				گتوند			
	Test Z	Q	Qmin _{۹۵}	Qmax _{۹۵}	Test Z	Q	Qmin _{۹۵}	Qmax _{۹۵}
ژانویه	-۰/۳۹	-۰/۳۳	-۲/۵۳	۱/۰۲	۰/۶۴	۰/۷۵	-۱/۶۷	۴/۳۸
فوریه	-۰/۸۷	-۰/۵۰	-۱/۳۰	۰/۶۶	-۰/۹۱	-۱/۰۰	-۱/۵۸	۰/۳۸
مارس	۰/۸۶	۱/۸۶	-۱/۰۲	۲/۷۸	۱/۴۶	۱/۴۲	-۰/۳۳	۲/۹۳
آوریل	۰/۰۰	۰/۰۰	-۲/۰۰	۲/۰۰	-۱/۸۲	-۰/۶۵	-۱/۶۷	۰/۰۰
مه	۱/۹۷	۰/۵۰	۰/۰۰	۱/۲۵	-۱/۶۲	-۰/۶۷	-۱/۲۸	۰/۲۸
ژوئن	۲/۳۶	۰/۵۰	۰/۱۷	۱/۰۰	-۱/۸۰	-۰/۶۳	-۱/۰۰	۰/۱۲
ژوئیه	۰/۷۱	۰/۱۳	-۰/۴۹	۰/۷۴	-۲/۶۳	-۱/۰۰	-۱/۳۵	-۰/۳۸
اوت	۱/۲۴	۰/۲۵	۰/۰۰	۰/۶۳	-۱/۰۴	-۰/۰۶	-۱/۱۸	۰/۳۰
سپتامبر	۱/۲۰	۰/۳۳	-۰/۱۵	۱/۱۹	-۰/۸۱	-۰/۲۳	-۱/۰۸	۰/۷۷
اکتبر	۱/۰۳	۱/۰۰	-۰/۶۵	۲/۰۰	-۰/۷۲	-۰/۵۸	-۱/۱۸	۰/۸۹
نوامبر	۰/۳۹	۰/۳۳	-۱/۸۱	۴/۲۹	-۱/۱۸	-۰/۸۳	-۲/۰۰	۱/۰۶
دسامبر	۰/۷۸	۰/۵۰	-۲/۰۰	۴/۵۰	-۰/۰۹	۱/۳۳	-۲/۷۱	۵/۳۳
میانگین سالانه	۱/۰۲	۰/۳۵	-۰/۵۹	۰/۹۷	-۱/۳۵	-۰/۲۵	-۰/۶۷	۰/۰۷

جدول ۵. مقادیر محاسبه شده تخمین گر شیب سن (Q) برای پارامتر مجموع بارش در ایستگاه های دزفول، مسجد سلیمان، شوشتر، لالی و گتوند برای سری های زمانی ماهانه و سالانه.

	گتوند		لالی		شوشتر		مسجد سلیمان		فرودگاه دزفول	
	۲۰۰۹-	۲۰۰۹-	۲۰۱۱-	۲۰۱۱-	۲۰۰۱-	۲۰۰۱-	۲۰۰۱-	۲۰۰۱-	۲۰۰۱-	۲۰۰۱-
	۲۰۱۷	۲۰۱۱	۲۰۱۷	۲۰۱۱	۲۰۱۷	۲۰۱۱	۲۰۱۷	۲۰۱۱	۲۰۱۷	۲۰۱۱
ژانویه	-۱/۸۴۸	۴۵/۹۵۰	-۴/۵۷۱	۳/۶۵۰	-۳/۸۹۶	-۳/۵۱۴	-۴/۰۹۲	-۴/۱۵۰	-۴/۹۷۱	-۵/۵۸۳
فوریه	-۰/۸۴۳	۲۱/۲۰۰	۰/۱۰۰	۸/۸۵۰	-۰/۵۲۸	-۰/۲۱۱	-۰/۷۴۰	۰/۰۲۵	-۱/۳۷۷	-۱/۸۱۳
مارس	۳/۵۵۰	۱۷/۸۵۰	۵/۳۲۲	۴/۶۵۰	۰/۲۷۱	۰/۹۵۰	-۰/۲۶۳	-۳/۰۱۳	۰/۲۰۴	-۲/۶۵۰
آوریل	-۱/۵۱۹	-۵/۲۵۰	-۳/۸۰۰	-۱۳/۶۱۷	-۰/۶۶۳	۰/۹۸۰	-۱/۸۴۵	-۰/۴۸۳	-۲/۲۹۵	-۳/۹۵۰
مه	-۰/۸۵۳	-۳/۴۵۰	-۰/۴۳۸	۳/۱۹۲	۰/۲۸۸	۰/۸۰۰	۰/۱۶۹	۰/۴۸۶	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰
ژوئن	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
ژوئیه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
اوت	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
سپتامبر	۰/۰۰۰	-۰/۵۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
اکتبر	۰/۰۰۰	-۳۶/۵۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۵۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
نوامبر	-۶/۷۲۹	۱۶/۱۰۰	-۲/۸۱۳	۶/۹۱۷	۱/۴۵۰	۴/۰۶۰	۱/۵۸۴	۴/۲۱۴	۱/۰۷۳	۱/۳۰۰
دسامبر	۳/۳۲۹	-۲۵/۱۰۰	۱/۰۲۹	-۳۳/۲۵۰	-۰/۹۸۸	-۱۲/۸۰۰	-۴/۷۳۷	-۱۵/۴۰۰	-۵/۰۰۶	-۱۴/۰۱۴
مجموع بارش سالانه	-۶/۱۷۹	۳۰/۳۰۰	-۸/۰۵۰	۶/۵۰۰	-۳/۶۸۷	-۷/۱۶۳	-۶/۳۳۸	-۱۴/۳۲۹	-۱۰/۹۹۷	-۱۷/۶۰۰

تحلیل روند آماری داده ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد،
 با نظر به مقادیر به دست آمده برای Q_{min} و Q_{max} در این
 سطح احتمالاتی و همچنین تحلیل مقادیر Z با استفاده از
 روش آزمون من-کندال در مقیاس سالانه، تنها برای

در این مقاله روند میانگین دما، میانگین رطوبت نسبی و مجموع بارش در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه در حوضه جغرافیایی سد گتوند، طی دوره ۱۷ ساله (۲۰۰۱-۲۰۱۷) برای درک میزان تأثیر احداث سد مذکور بر اقلیم منطقه بررسی و ترکیبی از روندهای افزایشی و کاهششی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد در ایستگاه‌های مختلف مشاهده شد. ماه ژوئیه، روند افزایشی میانگین دمای ماهانه در دو ایستگاه (مسجد سلیمان و شوشتر) دیده شد، اما در دیگر ماه‌ها یا در دوره زمانی سالانه در ایستگاه‌های بررسی‌شده، در سطح اطمینان ۹۵ درصد روند معنی‌داری برای میانگین دما مشاهده نشد.

ایستگاه دزفول روند کاهششی معنی‌دار نشان می‌دهد و روند آماری افزایشی یا کاهششی معنی‌دار سالانه‌ای را برای هیچ‌یک از دیگر ایستگاه‌ها نشان نمی‌دهد. در ایستگاه فرودگاه دزفول در ماه‌های ژانویه ($Z=-1/94$) و دسامبر ($Z=-1/94$) و در ایستگاه شوشتر در ماه ژانویه ($Z=-1/94$) و در ایستگاه شوشتر در سطح اطمینان کمتر از ۹۵ درصد مشاهده شد. تنها در ایستگاه گتوند در ماه مارس ($Z=1/89$)، روند افزایشی در سطح اطمینان کمتر از ۹۵ درصد مشاهده شد. در دیگر ایستگاه‌ها بر اساس نتایج آزمون مذکور، هیچ‌گونه روند معنی‌داری در این سطح از اطمینان مشاهده نشد (جدول ۶).

۴ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

جدول ۶. نتایج آزمون سن و من- کندال در سطح احتمالاتی ۵ درصد برای پارامتر مجموع بارش در ایستگاه‌های دزفول، مسجد سلیمان، شوشتر، لالی و گتوند برای سری‌های زمانی ماهانه و سالانه (۲۰۰۱-۲۰۱۷).

فرودگاه دزفول				مسجد سلیمان				شوشتر				
Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵	Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵	Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵	
ژانویه	-۱/۹۴	-۴/۹۷۱	-۱۱/۱۸۰	۰/۱۲۳	-۱/۶۵	-۴/۰۹	۴/۳۹	-۱۰/۵۴	-۱/۹۴	-۳/۹۰	-۸/۱۱	۰/۵۴
فوریه	-۱/۱۱	-۱/۳۷۷	-۳/۵۷۲	۰/۷۶۵	-۰/۷۰	-۰/۷۴	۲/۵۵	-۳/۰۹	-۰/۷۴	-۰/۵۳	-۲/۶۶	۱/۰۶
مارس	۰/۲۹	۰/۲۰۴	-۲/۶۲۶	۲/۹۴۲	۰/۰۰	-۰/۲۶	۵/۸۵	-۳/۱۵	۰/۲۹	۰/۲۷	-۲/۳۹	۳/۲۲
آوریل	-۱/۶۱	-۲/۲۹۵	-۵/۳۴۵	۰/۳۸۴	-۱/۴۰	-۱/۸۵	۲/۷۷	-۴/۲۴	-۰/۶۲	-۰/۶۶	-۳/۰۶	۱/۸۶
مه	۰/۳۳	۰/۰۳۳	-۰/۴۷۴	۰/۸۶۶	۱/۲۰	۰/۱۷	۰/۶۳	-۰/۱۲	۱/۳۳	۰/۲۹	-۰/۰۲	۱/۰۱
اکتبر	۰/۰۴	۰/۰۰۰	-۰/۷۴۹	۰/۹۴۰	۰/۹۴	۰/۰۰	۳/۶۸	۰/۰۰	۰/۷۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۴
نوامبر	۰/۵۸	۱/۰۷۳	-۳/۴۳۴	۵/۱۷۵	۰/۵۴	۱/۵۸	۷/۹۸	-۲/۵۱	۰/۴۹	۱/۴۵	-۲/۵۵	۴/۷۵
دسامبر	-۱/۹۴	-۵/۰۰۶	-۱۱/۱۲۲	۰/۲۲۷	-۱/۱۵	-۴/۷۴	۴/۸۰	-۱۲/۷۲	-۰/۲۵	-۰/۹۹	-۷/۰۶	۵/۰۳
سالانه	-۲/۶۰	-۱۰/۹۹۷	-۲۱/۷۱۲	-۴/۳۳۹	-۰/۹۹	-۶/۳۴	۱۲/۱۱	-۱۶/۶۴	-۰/۶۲	-۳/۶۹	-۱۲/۹۸	۷/۷۷

لالی				گتوند				
Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵	Test Z	Q	Qmin۹۵	Qmax۹۵	
ژانویه	-۰/۴۷	-۴/۵۷	-۱۹/۳۴	۱۱/۹۳	-۰/۶۳	-۱/۸۵	-۱۶/۶۳	۱۳/۷۹
فوریه	۰/۰۰	۰/۱۰	-۸/۱۹	۴/۹۶	۰/۰۰	-۰/۸۴	-۵/۹۳	۷/۴۷
مارس	۱/۵۶	۵/۳۲	-۲/۹۸	۱۷/۷۰	۱/۸۹	۳/۵۵	-۰/۰۱	۱۲/۸۲
آوریل	-۱/۰۹	-۳/۸۰	-۱۲/۹۹	۴/۳۸	-۰/۸۱	-۱/۵۲	-۳/۹۷	۱/۹۷
مه	-۱/۲۵	-۰/۴۴	-۳/۴۳	۱/۱۵	-۰/۹۰	-۰/۸۵	-۳/۳۳	۰/۹۸
اکتبر	۰/۱۶	۰/۰۰	-۱/۸۸	۶/۷۰	-۱/۰۶	۰/۰۰	-۱۰/۸۴	۰/۰۰
نوامبر	-۰/۹۳	-۲/۸۱	-۱۷/۸۱	۹/۷۶	-۰/۹۹	-۶/۷۳	-۱۶/۹۱	۴/۵۱
دسامبر	۰/۱۶	۱/۰۳	-۱۷/۱۸	۱۸/۰۵	۰/۰۹	۳/۳۳	-۱۴/۵۴	۱۷/۱۸
سالانه	-۰/۱۶	-۸/۰۵	-۳۴/۲۱	۲۷/۱۵	-۰/۲۷	-۶/۱۸	-۳۴/۸۴	۲۲/۲۵

تحلیل روند میانگین رطوبت نسبی، در ایستگاه‌های دزفول (در ماه‌های سپتامبر و نوامبر)، شوشتر (در ماه سپتامبر) و لالی (در ماه ژوئن) روند افزایشی معنی‌دار و در ایستگاه گتوند (در ماه ژوئیه) روند کاهشی معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهد، در حالی که در دیگر ماه‌ها یا در دوره زمانی سالانه در ایستگاه‌ها در سطح اطمینان مذکور، روند معنی‌داری برای میانگین رطوبت نسبی مشاهده نشد.

در بررسی روند مجموع بارش، تنها ایستگاه دزفول (در مقیاس سالانه)، روند کاهشی معنی‌داری را در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان داد، در حالی که در دیگر ماه‌ها یا در دوره زمانی سالانه در دیگر ایستگاه‌ها، در سطح اطمینان مذکور، روند معنی‌داری برای مجموع بارش ثبت نشد. در مجموع، مشاهده رخداد روندهای کاهشی یا افزایشی در ایستگاه‌های مختلف، به لزوم مطالعات بیشتر و دقیق‌تر درباره تغییرات آب و هوایی این منطقه اشاره دارد تا به‌طور دقیق مشخص شود این تغییرات، ناشی از احداث سد هستند یا عامل تغییرات جهانی اقلیم نیز در آن دخیل است.

منابع

حجام، س.، خوشخو، ی.، شمس‌الدین‌وندی، ر.، ۱۳۸۷، تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری: پژوهش‌های جغرافیایی، ۴۰(۶۴)، ۱۵۷-۱۶۸.

values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates – the Excel template application MAKESENS: Publications on Air Quality, 31, Report code FMI-AQ-31.

Sen, P. K., 1968, Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau: Journal of the American Statistical Association, 63, 1379-1389.

خلیلی، ع.، بذرافشان، ج.، ۱۳۸۳، تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یک صد و شانزده سال گذشته: بیابان، ۱(۹)، ۲۶-۳۳.

داداشی رودباری، ع.، فلاح قاله‌ری، غ.، کرمی، م.، باعقیده، م.، ۱۳۹۴، تحلیل تغییرات بارش حوضه آبریز هراز با استفاده از روش‌های آماری و تکنیک تحلیل طیفی: هیدروژئومورفولوژی، ۷، ۵۹-۸۶.

داموغ، ن.، زارعی، ح.، ۱۳۸۹، گسترش لایه‌های ضخیم نمکی سازند گچساران در مخزن سد گتوند علیا و تأثیر آن بر کیفیت آب: نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، کرمانشاه، دانشگاه صنعتی کرمانشاه.

علیجانی، ب.، محمودی، پ.، چوگان، ع.، ۱۳۹۰، بررسی روند تغییرات بارش‌های سالانه و فصلی ایران با استفاده از روش ناپارامتریک (برآوردکننده شیب سن): نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۹، ۴۲-۲۳.

علیزاده، ا.، ۱۳۸۵، اصول هیدرولوژی کاربردی: انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ بیستم، ویرایش هشتم، ۸۰۷ ص.

معمدی، ص.، کریمی، ف.، تراهی، ع.، جاوید، ل.، ۱۳۹۴، بررسی اثرات احداث سد گتوند بر تغییرات سطح گشت و کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور: اولین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، تهران، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

El-Shaarawi, A., and Piegorsch, W., 2002, Encyclopedia of Environmetrics, 1st ed.: John Wiley & Sons Inc., Sussex, England.

Kendall, M. G., 1975, Rank Correlation Methods: Griffin, London, UK.

Mann, H. B., 1945, Non-parametric tests against trend: Econometrica, 13, 245-259.

Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho, T., and Amnell, T., 2002, Detecting trends of annual

- Serrano, A., Mateos, V. L, and Garcia, J. A., over 1999, Trend analysis of monthly precipitation the Iberian Peninsula for the period 1921-1995: Physics and Chemistry of the Earth (B), **24**(1-2), 85-90.
- Takeuchi, K., and Ishidaira, H., 2003, Monitoring trend step changes Japanese in precipitation: Journal of Hydrology, **279**, 144-150.
- Theil, H., 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, 3; confidence regions for the parameters of polynomial regression equations: Indagationes Mathematicae, **1**(2), 467-482.
- Vivekanandan, N., 2007, Analysis of trend in rainfall using non-parametric statistical methods: International symposium on rainfall rate and radio wave propagation, American institute of physics, P101-113.
- Wilcox, R. R., 2001, Fundamentals of Modern Statistical Methods: Springer-Verlag, New York, xiii+258.
- Yue, S., and Pilon, P., 2004, A comparison of the power of the t-test, Mann-Kendall and bootstrap tests for trend detection: Journal Hydrological Sciences, **49**, 21-53.

The effects of Gotvand Dam construction on climatic parameters of temperature, humidity and precipitation

Mohammad Hesam Mohammadi^{*1}, Mahmood Safar², Hossein Rafighzadeh³, Hojjat Ghorbani⁴ and Seid Hossein Khanshaghghi⁵

¹ Ph.D. Candidate, Department of geoscience, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Postdoctoral researcher of Meteorology, Institute of Geophysics, Tehran University, Tehran, Iran

³ B.S. of physics, Yazd University, Yazd, Iran

⁴ M. Sc. of Geophysics, Payamnoor University, Tehran, Iran

⁵ M. Sc. of Meteorology, Institute of Geophysics, Tehran University, Tehran, Iran

(Received: 02 June 2020, Accepted: 19 September 2020)

Summary

Dams are studied not only for the benefits of construction but also for their environmental impacts. Providing drinking and agricultural water, flood control and power plant construction are some benefits of dams. Due to large evaporation area behind dams, their environmental impacts on local climatic parameters or regional ecosystem, affects the benefits of their construction.

In this study, the most important methods of non-parametric statistical analysis, including common Mann-Kendall test and the Sen's slope estimator due to their appropriateness for the time series of meteorological observational data were used. The effects of the Gotvand Dam construction on three climatic parameters i.e. humidity, temperature and precipitation, have been investigated and evaluated by using data from five meteorological stations in the Dam area from 2001 to 2017, by time-series trend analysis on monthly and annual scales using non-parametric method of Sen's slope estimator and Mann-Kendall test. Evaluating the data of three stations near the Dam location and comparing them with the data of two control stations away from the Dam, showed that after Dam impoundment i.e. in August 2011, relative humidity and average temperature factors have increased and the annual precipitation has decreased in the area. A combination of significant increasing and decreasing trends at 95% confidence level was observed at various stations. In July, the average monthly temperature showed an increasing trend in Masjed Soleiman and Shushtar stations, but in other months or during the annual period at the stations under study, at a 95% confidence level, a significant trend for the average temperature was not observed.

The average relative humidity trend analysis showed that Dezful Airport (in September and November), Shushtar station (in September) and Lali station (in June) had a significant increasing trend and Gotvand station (in July) showed a significant decreasing trend at a 95% confidence level. However, in other months or during the annual period at the stations under study, at this level of confidence, there was no significant trend for relative humidity.

Only Dezful Airport station showed a significant decreasing trend at 95% confidence level for total rainfall on annual scale. In other months or during the annual period in other stations, no significant trend was recorded for total rainfall at 95% confidence level. Further studies are needed to determine exactly whether these changes are absolutely due to the Dam or caused by global climate change contributes .

Keywords: Gotvand Dam, Sen's slope estimator, Mann-Kendall test, climate, Khuzestan province, Karun River.

*Corresponding author:

mohamadi.hessam@gmail.com