



بررسی روند تغییرات شرایط هیدرو اقلیمی حوزه آبخیز مهارلو با استفاده از آزمون‌های من‌کندال و شیب سن

سجاد روزبه^{۱*}، کاکا شاهی^۲، حمید دارابی^۳ و کریم سلیمانی^۴

۱- دانشجوی ارشد آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴- استاد مرکز RS و GIS دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

نویسنده مسئول: Email: Rozbeh.koshahi@gmail.com

چکیده

توجه به روند تغییرات پارامترهای هیدرواقلیمی و ایجاد مکانسیم‌های سازگاری با آن سبب حفظ منابع آب موجود بواسطه همسو کردن فعالیت‌های کشاورزی و اقتصادی ساکنین حوزه‌های آبخیز با تغییرات خواهد شد. از این‌رو در تحقیق حاضر به بررسی روند تغییرات شرایط هیدرو اقلیمی حوزه آبخیز مهارلو با استفاده از آزمون‌های من‌کندال و شیب‌سن پرداخته شده است. برای این منظور از داده‌های بارش، دما، تبخیر و دبی به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های شیراز، قلات، چنارسوخته و پل‌فسا در مقیاس‌های مختلف زمانی استفاده گردید. در نهایت با بکارگیری آزمون غیرپارامتری من‌کندال، وجود روند معنی‌دار برای سری‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پارامتر دما در اغلب ماه‌ها و فصول مختلف و همچنین در مقیاس سالانه با اطمینان ۹۵ درصد دارای روند افزایشی می‌باشد. بیشترین میزان تغییرات در مقادیر دبی با مقیاس‌های مختلف زمانی اعم از ماهانه، فصلی و سالانه در ایستگاه پل‌فسا نسبت به ایستگاه چنارسوخته، مربوط به ماه اسفند و فصل زمستان می‌باشد. پارامتر تبخیر در مقیاس ماهانه، برای ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور با اطمینان ۹۹ درصد دارای روند کاهشی می‌باشد. براساس روش تخمین‌گر شیب‌سن، بیشترین شیب منفی پارامتر تبخیر، در مقیاس ماهانه مربوط به مرداد با مقدار $-3/70$ می‌باشد و در مقیاس فصلی بیشترین شیب منفی مربوط به تابستان با مقدار $-11/01$ می‌باشد. پارامتر بارش نیز در مقیاس ماهانه برای اردیبهشت با اطمینان ۹۵ درصد دارای روند کاهشی می‌باشد. در نهایت نتایج حاکی از این واقعیت بود که نوع تغییرات و سطوح معنی‌داری برای متغیرهای هیدرواقلیمی متفاوت می‌باشد.

کلمات کلیدی: شرایط هیدرواقلیمی، حوزه آبخیز مهارلو، آزمون من‌کندال و شیب سن

مقدمه

در سال‌های اخیر تغییرات آب و هوایی در سراسر جهان به وقوع پیوسته و باعث تغییرات عمده در متغیرهای آب و هوایی مانند بارش، درجه حرارت هوا، رطوبت نسبی و تابش خورشیدی شده است (هاسکت و همکاران ۲۰۰۰). جهت بررسی روند متغیرهای هیدرواقلیمی از آزمون‌های آماری متفاوتی استفاده می‌شود که به دو دسته پارامتری و غیرپارامتری قابل تفکیک می‌باشند. اساسا وجود روند در سری‌های زمانی هیدرواقلیمی ممکن است به دلیل تغییر اقلیم، تغییرات تدریجی طبیعی و یا تحت تاثیر فعالیت‌های انسان باشد (بروکس و کارترس ۱۹۹۵). در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در زمینه شناسایی روند تغییرات هیدرو اقلیمی در سطح جهان و اثرات احتمالی آن روی تغییر منابع آب، بیابان‌زایی، تغییرپذیری بارش، دما و تبخیر متمرکز شده‌اند. سادری و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی داده‌های حداکثر بارش ۲۴ ساعته در ۶۶ ایستگاه در دانمارک از سال ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۷ نشان دادند که در مقیاس منطقه‌ای،

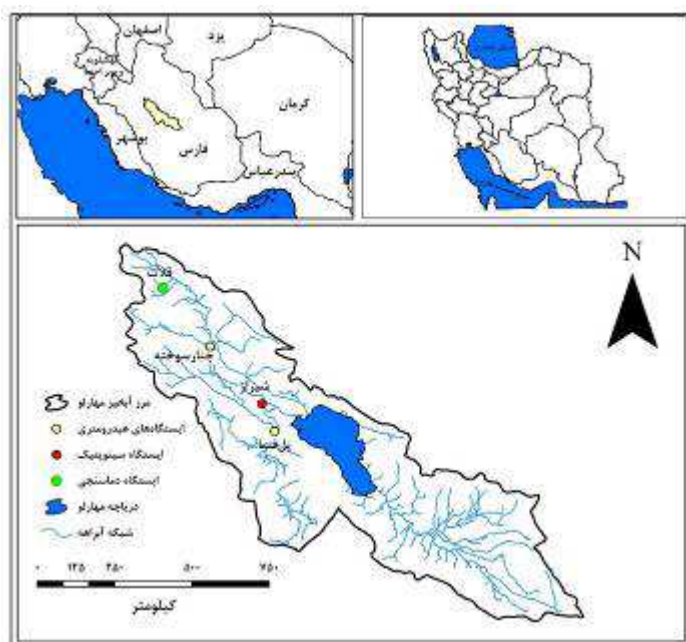


شدت بارش‌های ۲/۵ و ۶۰ دقیقه‌ای در سطح معنی‌دار ۵ درصد روند افزایشی داشت. در تحقیق دیگری خردادی و همکاران (۱۳۸۶) روند تغییر چهار پارامتر هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و بارندگی را با استفاده از آزمون من‌کندال، انحراف جمعی و تحلیل رگرسیونی در سه منطقه تبریز، مشهد و شیراز مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها حاکی از آن بود که در هر منطقه تغییرات متفاوت یعنی کاهش یا افزایش بصورت معنی‌داری وجود دارد. همچنین عزیزی و روشنی (۱۳۸۷) به مطالعه تغییر اقلیم در ۶ ایستگاه واقع در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من‌کندال در پرداختند. نتایج آنها نشان از وجود روند در سری زمانی بارش‌ها در ایستگاه‌های گرگان و انزلی داشت. در تحقیق دیگری سبزی‌پرور و شادمانی (۱۳۹۰) روند تغییرات زمانی پارامتر تبخیر و تعرق مرجع را با استفاده از آزمون ناپارامتری من‌کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که روند تغییرات زمانی تبخیر و تعرق مرجع، برای برخی شهرها افزایشی و برای برخی نیز کاهش یافته است. فرسادنیا و همکاران (۱۳۹۱) چگونگی روند تغییرات در مقادیر حداکثر بارش ۲۴ ساعته و میانگین بارندگی سالانه در ۳۵ ایستگاه باران‌سنجی در استان مازندران با استفاده از آزمون من‌کندال بررسی کردند. نتایج آنها حاکی از آن بود که اگر استان مازندران یک منطقه‌ی واحد در نظر گرفته شود، هیچ روندی در سری زمانی حداکثر بارش ۲۴ ساعته در سطح معنی‌داری ۵ درصد مشاهده نمی‌شود. با توجه به اهمیت بالای پارامترهای اقلیمی در مسائل زیست‌محیطی، هدف از این پژوهش بررسی تغییرات زمانی پارامترهای بارش، دبی، تبخیر و دما در حوزه آبخیز دریاچه مهارلو واقع در استان فارس، با بکارگیری آزمون من‌کندال می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز دریاچه مهارلو با وسعت ۴۲۷۰ کیلومتر مربع در ناحیه جنوب غربی ایران واقع در استان فارس در میان رشته کوه‌های زاگرس در محدوده عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی قرار گرفته است.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز مهارلو و ایستگاه‌های مورد مطالعه



جهت بررسی روند پارامترهای اقلیمی از داده‌های بارش ایستگاه شیراز با دوره آماری ۲۴ ساله (۱۳۹۰-۱۳۶۶)، داده‌های درجه حرارت ایستگاه قلات با دوره آماری ۳۶ ساله (۱۳۸۶-۱۳۵۰)، داده‌های تبخیر ایستگاه قلات با دوره آماری ۲۴ ساله (۱۳۹۰-۱۳۶۶) و داده‌های دبی ایستگاه چنارسوخته و پل فسا با دوره آماری ۲۴ ساله (۱۳۹۰-۱۳۶۶) استفاده گردید.

آنالیز روند من‌کندال^{۳۱}

در این مطالعه روندهای سری‌های زمانی با استفاده از روش من‌کندال که یک آزمون غیرپارامتریک بوده، مورد بررسی قرار گرفته است. (چن و همکاران، ۲۰۰۷). در بررسی روند تغییرات با استفاده از آزمون من‌کندال روش کار به این صورت است که از آماره‌های MK-Stat، p-value و Sen-slope استفاده می‌شود. چنانچه آماره MK-Stat در محدوده ۱/۹۶- تا ۱/۹۶ باشد، روند تغییرات داده‌ها معنی‌دار نمی‌باشد در حالی که در محدوده ۲/۵۴- تا ۲/۵۴ روند تغییرات با اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار و در محدوده بزرگتر از ۲/۵۴- و ۲/۵۴، روند تغییرات با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. از طرفی با استفاده از p-value نیز می‌توان به معنی داری بودن روند تغییرات پی برد. در حالی که اگر مقادیر p-value بزرگتر از ۰/۰۵ باشد، روند تغییرات معنی‌دار نبوده و اگر بین ۰/۰۵ تا ۰/۰۱ باشد، روند تغییرات با اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. در نهایت p-value کمتر از ۰/۰۱ روند تغییرات با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. از طرفی در بررسی آماره Sen-slope چنانچه مقادیر عددی موجود در متغیر مورد نظر عددی مثبت یا منفی را بیان کند، نشان دهنده بزرگی تغییرات در متغیر مورد نظر می‌باشد. می‌توان با استفاده از روابط زیر، آماره آزمون من‌کندال (T) را تفسیر نمود:

$$r^* = \left[\frac{4p}{n(n-1)} \right] - 1 \quad (1)$$

$$Var(r^*) = \sigma^2 r^* = \left[\frac{2(2n+5)}{9n(n-1)} \right] \quad (2)$$

$$T = \frac{r^*}{\sqrt{Var(r^*)}} \quad (3)$$

در رابطه (۱)، n تعداد کل داده‌ها، p تعداد تجمعی سنواتی را نشان می‌دهد که مقدار داده از مقدار سال قبل بیشتر بوده و به عبارت دیگر اگر X_i مقدار داده در سال i باشد، p تعداد مشاهداتی است که $X_i < X_j$ به طوریکه $j > i$ باشد. در نهایت مقادیر مثبت T بیانگر یک روند افزایش در سری زمانی می‌باشد، در حالیکه مقادیر منفی، نشان دهنده روند نزولی در سیر زمانی است (یو و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین اگر قدر مطلق T، بزرگتر از ۱/۹۶ باشد، در سطح احتمال ۵ درصد دارای روند معنی‌دار و برای قدر مطلق T بزرگتر از ۲/۵۷۵، در سطح احتمال ۱ درصد دارای روند معنی‌دار می‌باشد (هوبینز و همکاران ۲۰۰۱).

روش شیب سن^{۳۲}

اگر یک روند خطی وجود داشته باشد، شیب واقعی (تغییر در واحد زمان) می‌تواند با استفاده از روش ساده غیرپارامتری توسعه یافته به وسیله سن (۱۹۶۸) و سیرویس (۱۹۹۸) بدست آید. برآوردهای شیب N جفت از داده‌ها، ابتدا به وسیله معادله زیر محاسبه می‌شود:

³¹ Mann-Kendall

³² Sen's estimator of slope



$$\phi_i = \frac{(x_j - x_k)}{J - K} \quad \text{for } i = 1, \dots, N. \quad (4)$$

در اینجا x_j و x_k به ترتیب مقادیر داده‌ها در زمان‌های j, k می‌باشند ($j > k$) میانه این N مقدار از ϕ_i تخمین شیب سن می‌باشد. اگر n مقدار x_j در سری زمانی وجود داشته باشد، به مقدار زیر، برآوردهای ϕ_i شیب را خواهیم داشت:

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (5)$$

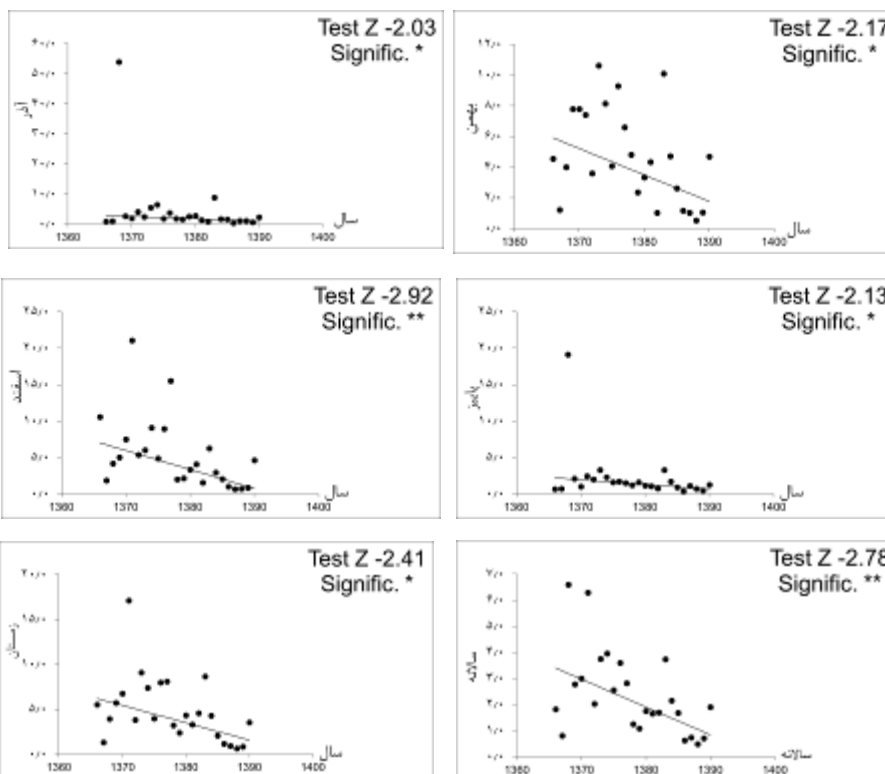
شیب سن، میانه N مقدار ϕ_i می‌باشد. N مقدار ϕ_i از کوچکترین تا بزرگترین مرتب شده‌اند و برآورد سن به صورت زیر می‌باشد:

$$\phi = \begin{cases} \left[\frac{(N+1)}{2} \right]^0, & \text{فرد } N \\ \frac{1}{2} \left[\frac{N}{2} \right]^0 + \left[\frac{(N+2)}{2} \right]^0, & \text{زوج } N \end{cases} \quad (6)$$

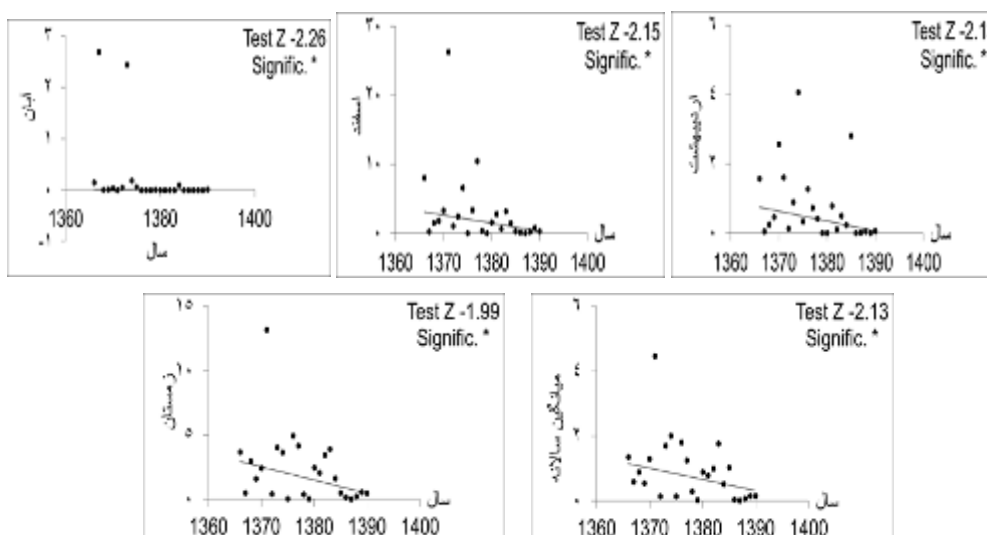
نتایج و بحث

جریان رودخانه

نتایج حاصل از آزمون من‌کندال و شیب سن برای دو ایستگاه چنار سوخته و پل فسا در جدول ۱ و نمودارهای (۲ و ۳) در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه طی دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۶۶ ارائه شده است. برای ایستگاه چنار سوخته در مقیاس ماهانه (آبان، اسفند و اردیبهشت)، مقیاس فصلی (زمستان) و در مقیاس سالانه با اطمینان ۹۵ درصد دارای روند کاهشی معنی‌دار می‌باشد. در ایستگاه پل فسا نیز در مقیاس ماهانه (آذر، بهمن و اسفند)، مقیاس فصلی (پاییز، زمستان) و مقیاس سالانه با اطمینان ۹۵ درصد دارای روند کاهشی می‌باشد. بر اساس روش تخمین گر شیب سن (جدول ۱)، در مقیاس ماهانه، بیشترین شیب منفی روند در ایستگاه پل فسا مربوط به اسفند با مقدار $-۰/۲۶$ می‌باشد و در مقیاس فصلی، زمستان با مقدار $-۰/۱۹$ و در مقیاس سالانه با مقدار $-۰/۱۱$ نیز مربوط به همین ایستگاه می‌باشد. نتایج کلی بیانگر این مطلب هست که سری دبی جریان از روند نزولی پیروی می‌کند. به نظر می‌رسد تغییرات گسترده اقلیمی و بی‌نظمی‌های سال‌های اخیر در بارش اصلی‌ترین عامل روند نزولی در دبی جریان می‌باشد.



شکل ۲- روند تغییرات دبی جریان در ایستگاه پل فسا به روش شیب سن



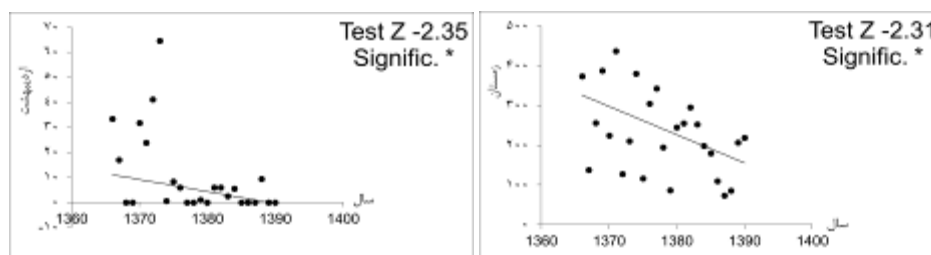
شکل ۳- روند تغییرات دبی جریان در ایستگاه چنار سوخته به روش شیب سن

بارش

تغییرات مقادیر بارش در ایستگاه شیراز طی دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۶۶ در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به جدول ۱ و شکل ۴ تنها اردیبهشت با اطمینان ۹۵ درصد دارای روند کاهشی معنی‌دار می‌باشد. بر اساس روش تخمین‌گر شیب سن (جدول ۱)، شیب خط روند



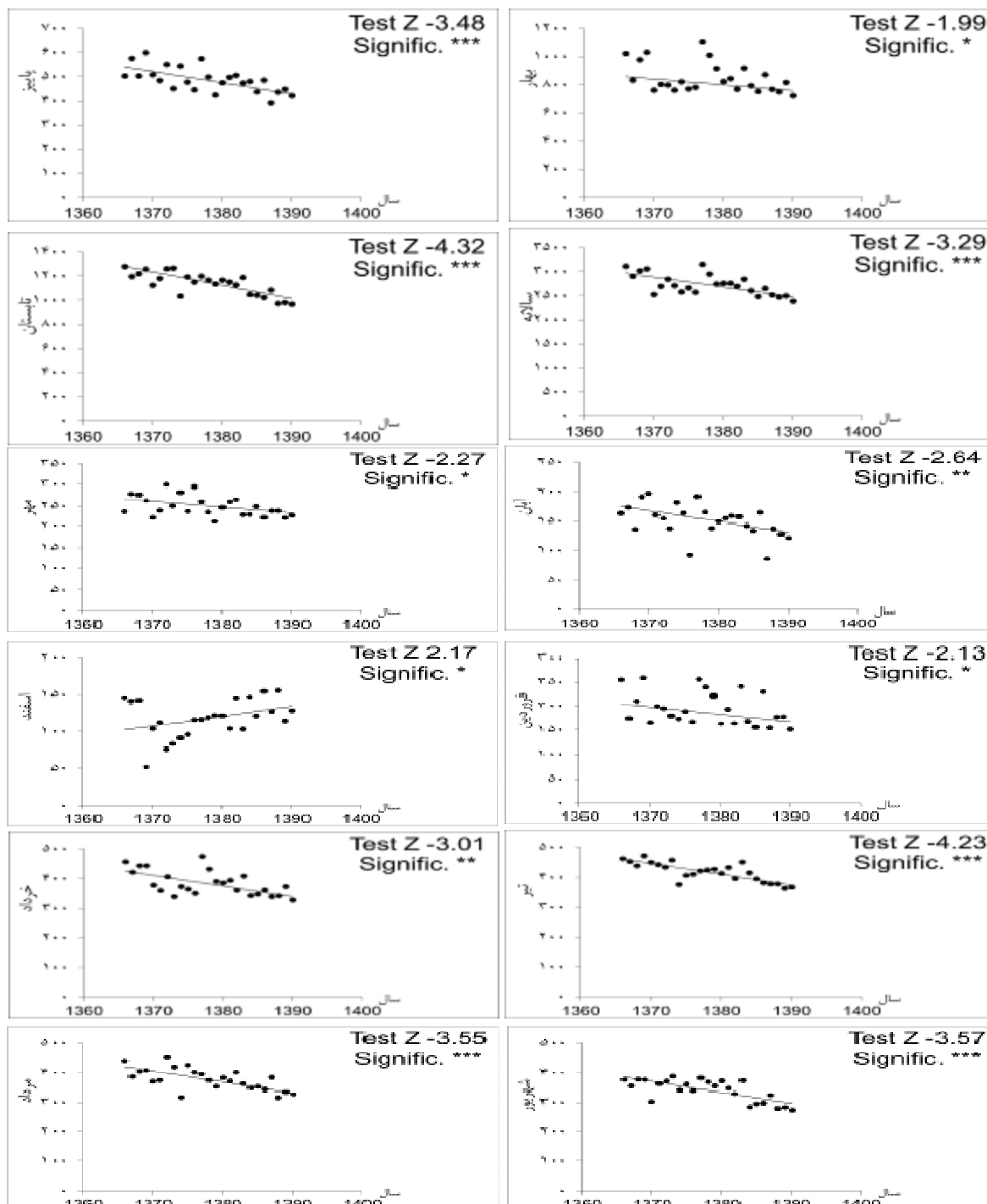
در اردیبهشت برابر ۰/۱۶- می باشد. نتایج نشان می دهد که ایستگاه شیراز در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه تغییرات محسوسی در روند بارش ندارد.



شکل ۴- روند تغییرات مقادیر بارش در ایستگاه شیراز به روش شیب سن

تبخیر

تغییرات مقادیر تبخیر ایستگاه قلات طی دوره آماری ۱۳۶۶-۱۳۹۰ در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به جدول ۱ و شکل ۵ در مقیاس ماهانه، مهر، آبان و فروردین با اطمینان ۹۵ درصد دارای روند معنی دار کاهشی بوده، ولی اسفند با اطمینان ۹۵ درصد دارای روند افزایشی معنی دار می باشد. خرداد، تیر، مرداد، شهریور نیز با اطمینان ۹۹ درصد دارای روند کاهشی معنی دار می باشد، در مقیاس فصلی، بهار با اطمینان ۹۵ درصد، پاییز و تابستان با اطمینان ۹۹ درصد دارای روند کاهشی معنی دار می باشند. در مقیاس زمانی سالانه نیز تغییرات با اطمینان ۹۹ درصد دارای روند کاهشی معنی دار بوده است. براساس روش تخمین گر شیب سن (جدول ۱) در مقیاس ماهانه، بیشترین شیب منفی خط روند مربوط به مرداد با مقدار $-۳/۷۰$ می باشد و در مقیاس فصلی بیشترین شیب منفی خط روند مربوط به تابستان با مقدار $-۱۱/۰۱$ می باشد. در نهایت نتایج نشان می دهد که بیشترین میزان کاهش تغییرات مربوط به ماه های گرم سال می باشد. به نظر می رسد کاهش مدت زمان تابش آفتاب و سرعت باد در این دوره علل عمده برای روند منفی تبخیر در ایستگاه قلات می باشد. به طور کلی، در ایستگاه قلات مدت زمان نور خورشید، سرعت باد و رطوبت نسبی تاثیر بیشتری بر تبخیر نسبت به درجه حرارت دارند. نتیجه روند کاهشی تبخیر با نتایج حاصل از تحقیقات مختلف در ایران و دیگر نقاط جهان که اکثرا روند کاهشی در مقدار تبخیر را ارائه داده اند همخوانی دارد. میر مسعودی و همکاران (۱۳۸۸)؛ طالبی و همکاران (۱۳۸۹)؛ گاو و همکاران (۲۰۰۶)؛ رادریک و همکاران (۲۰۰۵).



شکل ۵- روند تغییرات مقادیر تبخیر در ایستگاه قلات به روش شیب سن

درجه حرارت

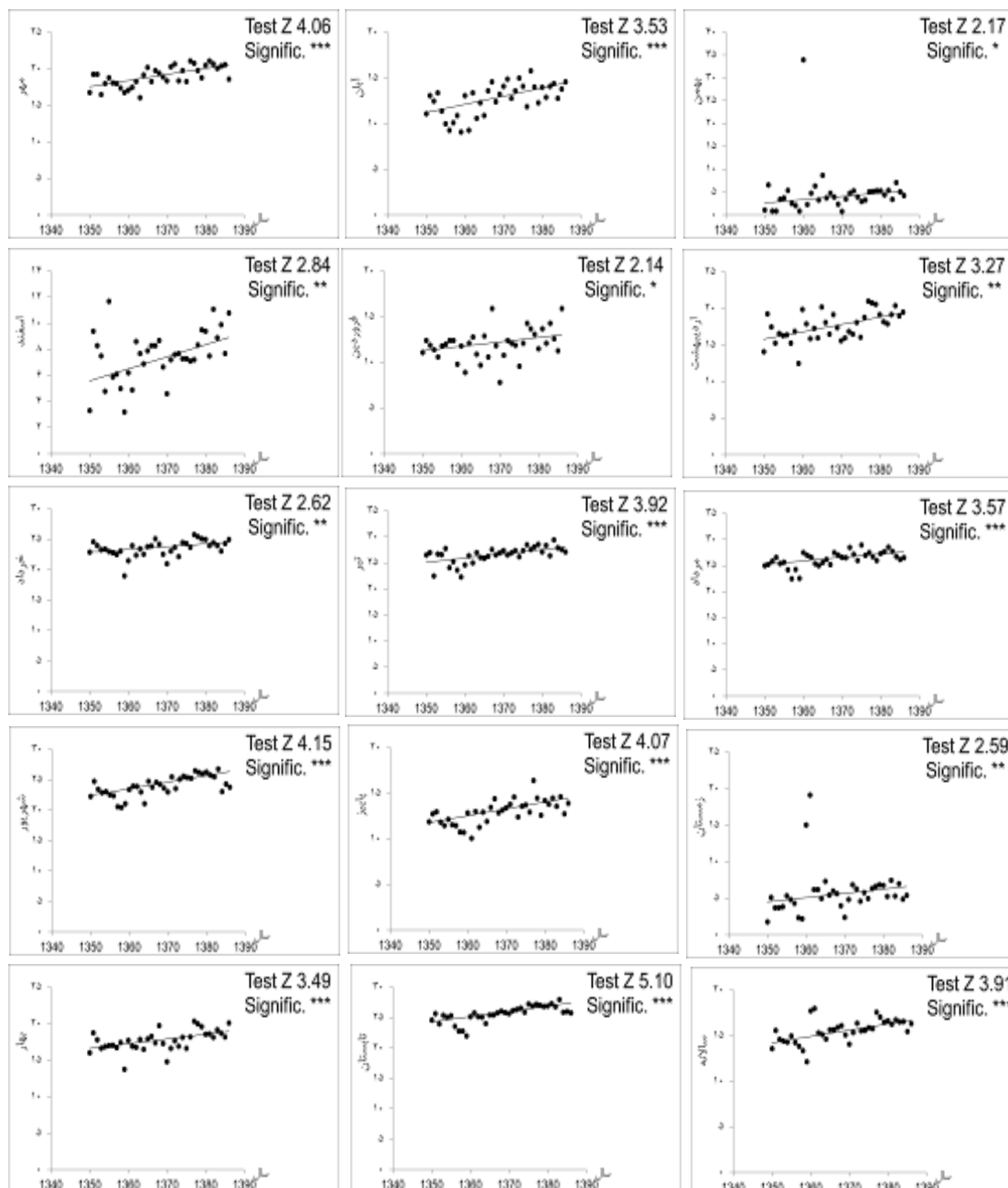
تغییرات مقادیر درجه حرارت در ایستگاه قلات طی دوره آماری ۱۳۸۶-۱۳۵۰ در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به جدول ۱ و شکل ۶ در مقیاس ماهانه، بهمن و فروردین با اطمینان ۹۵ درصد دارای روند افزایشی معنی‌دار و

ماه‌های مهر، آبان، اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور با اطمینان ۹۹ درصد دارای روند افزایشی معنی‌دار می‌باشند. در مقیاس فصلی نیز زمستان با اطمینان ۹۵ درصد دارای روند افزایشی معنی‌دار، پاییز، بهار و تابستان با اطمینان ۹۹ درصد دارای روند افزایشی معنی‌دار می‌باشند. مقیاس سالانه نیز با اطمینان ۹۹ درصد دارای روند افزایشی معنی‌دار می‌باشد. بر اساس روش تخمین گر شیب سن (جدول ۱)، در مقیاس ماهانه، بیشترین شیب مثبت خط روند مربوط به شهریور با مقدار ۰/۱۱ می‌باشد و در مقیاس فصلی بیشترین شیب مثبت خط روند مربوط به تابستان با مقدار ۰/۰۹ می‌باشد. در نهایت نتایج نشان می‌دهد که بیشترین میزان تغییرات مربوط به ماه‌های گرم و فصل بهار، تابستان و پاییز مربوط می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که تغییرات اقلیم در چند دهه اخیر سبب افزایش نوسانات دما گردیده است، که بیشتر به کاهش میزان بارندگی، رطوبت، افزایش دما به ویژه در فصل تابستان و میزان خشکی، کاهش پوشش گیاهی ارتباط داده می‌شود.

جدول ۱- روند تغییرات پارامترهای دبی، بارش تبخیر و دما با استفاده از آزمون من‌کنندال در ایستگاه‌های مختلف

متغیر ایستگاه	MK-Stat				p-value				Sen-slope			
	دبی	بارش	تبخیر	دما	دبی	بارش	تبخیر	دما	دبی	بارش	تبخیر	دما
مهر	-۰/۸۵	-۰/۵۱	-۰/۱۴	-۲/۲۹*	۴/۰۷**	۰/۴۰	۰/۶۱	۰/۸۹	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
آبان	-۲/۲۹*	-۱/۹۶	-۰/۰۳	-۲/۵۰*	۲/۵۵**	۰/۰۲*	۰/۰۵	۰/۹۷	۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۰
آذر	-۱/۴۰	-۲/۰۶*	۰/۴۰	-۱/۹۲	۱/۸۳	۰/۱۶	۰/۰۴*	۰/۶۹	۰/۰۶	-۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۵
دی	-۱/۶۸	-۱/۷۳	-۱/۱۵	-۱/۴۵	۱/۹۶	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۱۵	-۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۷
بهمن	-۱/۴۳	-۲/۲۰*	۰/۱۳	۱/۲۱	۲/۱۹*	۰/۱۵	۰/۰۳*	۰/۸۹	۰/۲۲	-۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۷
اسفند	-۲/۱۷*	-۲/۹۴**	-۱/۳۴	۲/۲۰*	۲/۸۵**	۰/۰۳*	۰/۰۰**	۰/۱۸	۰/۰۳	-۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۹
فروردین	-۱/۸۵	-۱/۶۳	-۰/۵۵	-۲/۱۵*	۲/۱۵*	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۵۸	۰/۰۳	-۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۵
اردیبهشت	-۲/۱۵*	-۱/۶۳	-	-۰/۱۴	۲/۲۹**	۰/۰۳*	۰/۱۰	۰/۸۹	۰/۰۳*	-۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۱۰
خرداد	-۱/۷۴	-۰/۷۷	۰/۸۸	۳/۰۴**	۲/۶۳**	۰/۰۸	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۰۰	-۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴
تیر	-۰/۹۲	-۰/۲۶	-۰/۳۳	۴/۲۵**	۲/۹۲**	۰/۳۶	۰/۸۰	۰/۷۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۸
مرداد	-۱/۲۸	۰/۳۰	-۰/۶۹	۳/۵۷**	۲/۵۹**	۰/۲۰	۰/۷۶	۰/۴۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۷
شهریور	۰/۴۵	۰/۵۸	-۰/۳۳	۳/۶۰**	۴/۱۶**	۰/۶۵	۰/۵۶	۰/۷۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۱
پاییز	-۱/۹۴	-۲/۱۵*	۰/۴۴	۳/۵۰**	۴/۰۸**	۰/۰۵	۰/۰۳*	۰/۶۶	۰/۰۰	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۸
زمستان	-۲/۰۱*	-۲/۴۳*	-۱/۱۷	۱/۴۳	۲/۵۴*	۰/۰۴*	۰/۰۲*	۰/۲۴	۰/۰۱	-۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۰۶
بهار	-۱/۹۴	-۱/۵۴	-۱/۱۶	-۲/۰۱*	۲/۵۱**	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۰۴	-۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۶
تابستان	-۰/۶۰	۰/۱۲	-۱/۰۸	۴/۳۴**	۵/۱۲**	۰/۵۵	۰/۹۱	۰/۲۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۹
سالانه	-۲/۱۵*	-۲/۴۰*	-۰/۹۴	۳/۳۷**	۳/۹۲**	۰/۰۳*	۰/۰۱*	۰/۳۵	۰/۰۰	-۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۷

*معنی‌داری در سطح ۵ درصد، **معنی‌داری در سطح ۱ درصد



شکل ۶- روند تغییرات داده‌های دما در ایستگاه قلات به روش شیب سن

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر رویکرد استفاده از آزمون غیرپارامتری من‌کندال برای روند تغییرات زمانی پارامترهای دبی، بارش، تبخیر و دما مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از این واقعیت بود که نوع روند، درصد معنی‌داری یا عدم معنی‌داری و شیب روندهای استخراج شده به مقیاس زمانی مورد مطالعه بستگی دارد. با مروری بر نتایج بدست آمده مشخص شد که: روند



کاهش تبخیر ایستگاه قلات با اطمینان ۹۹ درصد، بیشتر مربوط به ماه‌های گرم و فصل تابستان می‌باشد. کاهش مدت زمان تابش آفتاب و سرعت باد علل عمده برای روند منفی تبخیر در ایستگاه قلات می‌باشد. به طور کلی، مدت زمان نور خورشید، سرعت باد و رطوبت نسبی تاثیر بیشتری بر تبخیر نسبت به درجه حرارت در ایستگاه قلات دارند. به طور کلی با بررسی روند تغییرات پارامترهای هیدرواقليمی می‌توان گفت: (۱) مقیاس سالانه درجه حرارت با اطمینان ۹۹ درصد دارای روند افزایشی معنی دار می‌باشد. (۲) جریان رودخانه مربوط به ایستگاه چنار سوخته و پل‌فسا در مقیاس سالانه با اطمینان ۹۵ درصد دارای روند کاهشی می‌باشد. (۳) روند افزایشی دما با اطمینان ۹۹ درصد در ایستگاه قلات اغلب مربوط به ماه‌های گرم سال می‌باشد که با توجه به پراکنش نامناسب بارش می‌تواند اثرات مخربی را بر جایی بگذارد. (۴) در اکثر موارد سری زمانی داده‌های مربوط به پارامترهای اقلیمی از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند، در نهایت آزمون ناپارامتریک من‌کندال به عنوان یک روش مناسب جهت تعیین روند این داده‌ها پیشنهاد می‌شود. (۵) در نهایت توجه به روند پارامترهای اقلیمی می‌تواند کمک شایانی به بخش اقتصادی و کشاورزی از طریق حفظ منابع آبی موجود نماید.

منابع

- خردادی، م. ج.، اسلامیان، س. س.، و عابدی کوپایی، ج.، (۱۳۸۶)، بررسی روند پارامترهای هواشناسی در چند منطقه از ایران، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ص ۷۳-۸۰.
- سبزی پرور، ع. ا.، و شادمانی، م.، (۱۳۹۰)، تحلیل روند تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آزمون من‌کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۴، ص ۸۲۳-۸۳۴.
- طالبی، ع.، پورمحمدی، س.، و رحیمیان، م. ج.، (۱۳۸۹)، بررسی عوامل موثر در تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آنالیز حساسیت معادله فائو - پنمن - مانیتث مطالعه موردی: ایستگاه‌های یزد، طیس و مروست. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، ص ۹۷-۱۱۰.
- عزیزی، ق.، و روشنی، م.، (۱۳۸۷)، مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من‌کندال، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۷، ص ۱۳-۲۸.
- فرسادنیا، ف.، رستمی کامرود. م.، و مقدم نیا، ع.، (۱۳۸۷)، تحلیل روند بارندگی در استان مازندران با استفاده از روش من‌کندال منطقه‌ای، تحقیقات منابع آب ایران، سال هشتم، شماره ۲، ص ۷۰-۶۰.
- میرمسعودی، س. ش.، سبزی پرور، ع. ا.، و قیامی شمامی، ف.، (۱۳۸۸)، بررسی روند تغییرات تبخیر و تعرق گیاه مرجع در چند نمونه اقلیم گرم کشور با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری، همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری، ص ۱۰-۱.
- Brooks, C. E. P., and Carruthers, N., (1953), Handbook of statistical methods in meteorology, Handbook of statistical methods in meteorology.
- Chen Xu., Shi-Xiao YU., Zhang. and Ya-Ping., (2009), Evaluation of Spatiotemporal Dynamics of Simulated Land Use/Cover in China Using a Probabilistic Cellular Automata-Markov Model, Journal of Pedosphere, 23: 243-255.
- Gao, G., Chen, D., Ren, G., Chen, Y., and Liao, Y., (2006), Spatial and temporal variations and controlling factors of potential evapotranspiration in China: 1956-2000. Journal of Geographical Sciences, 16(1), 3-12.
- Haskett, J. D., Pachepsky, Y. A., and Acock, B., (2000), Effect of climate and atmospheric change on soybean water stress: A study of Iowa. Ecological Modeling, 135(2-3), 265-277.



- Roderick, M. L., and Farquhar, G. D., (2005), Changes in New Zealand pan evaporation since the 1970s, *International Journal of Climatology*, 25(15), 2031-2039.
- Sadri, S., Madsen, H., Mikkelsen, P.S. and Burn, D.H., (2009), Analysis of extreme rainfall trends in Denmark, In *Proceedings of the 33rd IAHR Congress: Water Engineering for a Sustainable Environment*, 1731-1738.
- Sen, P. K., (1968), Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau, *Journal of American Statistical Association* 39, 1379-1389.
- Sirois, A., (1998), A brief and biased overview of time series analysis on how to find that evasive trend, In *WMO Report No.133: WMO/EMEP Workshop on Advanced Statistical Methods and Their Application to Air Quality Datasets*.
- Yue, S., Pilon, P. and Cavadias, G., (2002), Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests detecting monotonic trends in hydrological series, *Journal of Hydrology* 259, 254-271.