اولین همایش ملی محیط زیست دانشگاه پیام نور
۱ خرداد ۱۳۹۳ – اصفهان

تحلیل‌روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه با استفاده از روش‌های ناپارامتری (مطالعه موردی: استان کردستان)

مسلم اسدی (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بیابان زدایی دانشگاه سمنان)

moslemasadi1989@gmail.com

محمد رحیمی، محمد رضا یزدانی، نفیسه پگاه فر، محمد طالب حیدری

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، بررسی روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در استان کردستان با استفاده از روش‌های ناپارامتری می‌باشد. دو آزمون من- کندال و اسپیرمن که جزو متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری به شمار می‌روند جهت تحلیل روند داده‌های بارندگی در مقیاس‌های فصلی و سالانه به کار گرفته شدند. ۶ ایستگاه باران سنجی واقع در استان کردستان که در بازه زمانی ۱۹۸۳ الی ۲۰۱۲ دارای آمار بودند انتخاب و دو آزمون فوق بر روی داده‌های آن‌ها اعمال گردید و نتایج حاصل از این دو روش با هم مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کارآیی دو روش فوق در تحلیل روند بارندگی‌های فصلی و سالانه در بیشتر موارد شبیه هم است بطوریکه نتایج حاصل از بکارگیری دو روش فقط در ۳ سری داده با هم مطابقت نداشتند و در ۹۸/۷۵٪ موارد نتایج کاملاً مشابهی بدست آمد. از نکات قابل توجهی که می‌توان در ارتباط با اختلاف‌های مشاهده شده بین دو روش در ۳ سری مذکور به آن اشاره نمود این است که اولاً در کلیه موارد اختلاف، روش اسپیرمن روندهای معنی دارتری را نسبت به روش من - کندال تشخیص داده است و ثانیاً این اختلاف‌ها هم در سطح اعتماد ۹۵٪ و هم در سطح اعتماد ۹۹٪ قابل مشاهده‌اند. با توجه به ناکافی بودن تعداد سری‌های دارای روند معنی‌دار نسبت به سری-های فاقد روند، نمی‌توان روند خاصی را بر بارندگی‌های فصلی و سالانه منطقه مورد مطالعه نسبت داد.

کلید واژه ها: تحلیل روند، بارش، من - کندال، اسپیرمن، کردستان

مقدمه

امروزه گرمایش جهانی در نتیجه‌ی افزایش گازهای گلخانه ای و اثر آن بر تغییر اقلیم، واقعیتی علمی است که مورد توافق محققان بسیاری قرار گرفته است [۱۶]. جهت آمادگی در برابر اثرات نامطلوب پدیده تغییر اقلیم و کاهش خسارت های ناشی از آن بررسی روند ها و تغییرات معمول در متغیرهای آب و هواشناسی در هر منطقه اقدامی ضروری است تا اینکه سیاست ها و برنامه های مناسبی برای توسعه و مدیریت منابع آب اتخاذ گردد [۹، ۱۲، ۲۲]. یکی از روش های متداول جهت تحلیل سری های زمانی هیدرومتئورولوژیکی، بررسی وجود یا عدم وجود روند در آن ها با استفاده از آزمون های آماری می باشد. اصولاً وجود روند در سری های زمانی هیدرومتئورولوژیکی، ممکن است ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت های انسانی باشد [۱۱]. اثبات وجود روند معنی دار در یک سری زمانی بارندگی به تنهایی نمی تواند دلیلی قاطع بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد بلکه فرض رخداد آن را تقویت می نماید [۲۵]. این ویژگی ناشی از، متعدد بودن عوامل کنترل کننده سامانه اقلیم می باشد. تاکنون روش های آماری متعددی جهت تحلیل روند سری های زمانی ارائه گردیده اند که این روش ها در دو دسته کلی روش های پارامتری و ناپارامتری قابل تقسیم بندی می باشند که روش های ناپارامتری از کاربرد نسبتاً وسیع تر و چشم گیر تری نسبت به روش های پارامتری برخوردارند. آزمون های غیر پارامتری در صورت تصادفی بودن داده ها قابل استفاده اند و به نرمال بودن داده ها حساس نیستند [۱۲، ۱۵ و ۲۸]. در واقع در روش های

ناپارامتری اساس کار بر تفاوت بین داده های مشاهداتی است به گونه ای که این روش ها مستقل از توزیع آماری سری زمانی بوده و خصوصاً برای سری هایی که چولگی یا کشیدگی زیادی دارند مناسب تر از روش های پارامتری می باشند [۱۰]. مبنای کلیه روش های آماری مطرح نمودن دو فرضیه صفر(H_0) و یک (H_1)، و آزمون نمودن آن ها بر اساس تکنیک هایی خاص و در نهایت پذیرش یکی از دو فرضیه فوق می باشد. پذیرفته شدن فرض صفر یعنی عدم وجود روند و پذیرش فرض یک به منزله وجود روند معنی دار در سری داده ها می باشد. آزمون های من - کندال و اسپیرمن نمونه هایی از آزمون های غیرپارامتری هستند که در تحقیقات بررسی روند متغیرهای آب و هواشناسی از آن ها استفاده می شود. مطالعات مختلف انجام شده با استفاده از این دو روش حاکی از اهمیت و کاربرد فراوان آن ها در تحلیل روند سری های زمانی می باشد. در این رابطه می توان به [۱۳، ۱۴، ۱۷، ۲۱ و ۲۷] اشاره نمود. بارندگی بعنوان یک متغیر تصادفی جزو آن دسته از عناصر اقلیمی است که تغییرات چشمگیری با زمان و مکان دارد به گونه ای که می توان آن را در زمره تغییرپذیرترین عوامل جوی به حساب آورد. در زمینه اهمیت تأثیر بارندگی روی سامانه اقلیم مطالعات متعددی به انجام رسیده که در این زمینه می توان به مطالعات [۱۸، ۲۴ و ۲۶] اشاره نمود که در کلیه مطالعات فوق، تحلیل روند سری های زمانی بارندگی با استفاده از آزمون های ناپارامتری صورت گرفته است. در رابطه با مطالعات داخلی نیز موضوع تحلیل روند سری های زمانی بارندگی به روش های پارامتری و ناپارامتری توجه محققین زیادی را به خود معطوف نموده است که به برخی از مطالعات صورت گرفته در این خصوص اشاره ای می گردد. کمالی[۵]، در بررسی ای که روی روند بارندگی ایستگاه های مختلف ایران طی دوره آماری ۱۳۶۵ – ۱۳۷۵ انجام داد نشان داد که روند بارندگی در برخی از نقاط کاهشی و در برخی دیگر افزایشی بوده است. او نشان داد که روند افزایشی در ایران از فراوانی بیشتری نسبت به روند کاهشی برخوردار بوده است. جاوری [۱]، به بررسی تغییرات زمانی دما و بارش ایران با استفاده از آزمون های آماری در قالب مدل های ثابت و متغیر پرداخت و نشان داد که تغییرات زمانی دما و بارش در ایران از تنوع چشمگیری برخوردار بوده و این تغییرات در قالب حرکات تصادفی، تغییرات روند دار، نوسانات فصلی و تغییرات دوره ای ظاهر می شوند. بر همین اساس او به لحاظ تغییرات زمانی دما و بارش، ایران را به ۵ پهنه مختلف تقسیم نمود. روشنی [۳]، به بررسی چند پارامتر اقلیمی مناطق ساحلی دریای خزر در دوره ۱۹۵۵ – ۱۹۹۴ با استفاده از روش ناپارامتری من _ کندال پرداخت و نشان داد که زمان شروع بیشتر تغییرات بصورت ناگهانی بوده و این تغییرات به دو صورت روند و نوسان ظاهر می گردند. کاویانی و عساکره [۶]، تحلیل روند بارش در ایستگاه اصفهان را در یک دوره آماری ۱۰۳ ساله با استفاده از روش های پارامتری و ناپارامتری به انجام رساندند. نتایج حاصله وجود هیچ گونه روندی را توسط هیچ کدام از روشهای بکار گرفته شده به تأیید نرسانید. خلیلی و بذرافشان[۲]، روند تغییرات بارندگی های سالانه، فصلی و ماهانه ۵ ایستگاه قدیمی ایران در طی دوره آماری ۲۰۰۱ _۱۸۹۳ را با استفاده از روش پارامتری t– استیودنت و روش ناپارامتری من - کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصله وجود هیچ نوع روند معنی داری را در سری های بارش سالانه در ایستگاه های مورد مطالعه تأیید نکرد اما در سری های بارش فصلی، هم روند افزایشی و هم روند کاهشی قابل مشاهده بود. محمدی و تقوی [۸]، به بررسی روند شاخص های حدی براساس سری های زمانی روزانه دما و بارش در ایستگاه تهران در ایستگاه تهران در دوره آماری ۲۰۰۳ _۱۹۵۱ پرداختند و توزیع دنباله های حدهای گرم و سرد را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و نتیجه گرفتند که روند دمای حداقل و دمای متوسط روزانه کاملاً افزایشی است اما روند افزایشی دمای حداکثر شیب کمتری دارد. شاخص های حدی بارش نیز روند کاهشی با شیب بسیار کم را نشان دادند. کتیرایی بروجردی و همکاران [۷]، به بررسی روند تغییرات روزانه بارندگی ۳۸ ایستگاه ایران در طی دوره آماری ۲۰۰۱ _۱۹۶۰ پرداختند. در این بررسی از روش پارامتری حداقل مربعات خطا و روش ناپارامتری من - کندال جهت تحلیل روند بارش کل سالانه، تعداد روزهای بارانی و شدت بارش

روزانه استفاده شد. نتایج حاصله نشان دهنده وقوع برخی روندهای افزایشی و کاهشی در بارش کل سالانه در ایستگاه های مختلف بود. بارش فصل بهار در اغلب ایستگاه های مورد مطالعه روند کاهشی داشت و روند تعداد روزهای بارانی سالانه و فصلی (به استثنای فصل بهار) در اکثر ایستگاه ها افزایشی و معنی دار و روند شدت بارش روزانه و فصلی (به ویژه فصل بهار) در اکثر ایستگاه ها کاهشی تشخیص داده شد. در این تحقیق، جهت بررسی روند سری داده های بارندگی در مقیاس های فصلی و سالانه، از دو آزمون ناپارامتری من _ کندال و اسپیرمن استفاده گردید و نتایج حاصله از این دو روش با هم مورد مقایسه قرار گرفتند.

مواد و روش ها

آزمون من – کندال ابتدا توسط من [۲۳] ارائه و سپس توسط کندال [۱۹] بسط و توسعه یافت [۲۵]. این روش بطور متداول و گسترده ای در تحلیل روند سری های هیدرولوژیکی و هواشناسی بکار گرفته می شود [۲۰]. از نقاط قوت این روش می توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری های زمانی ای که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی کنند اشاره نمود. اثر پذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری های زمانی مشاهده می گردند نیز از دیگر مزایای این روش است [۲۶]. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده ها می باشد. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

الف) محاسبه بین تک تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت۱ و استخراج پارامتر S به شرح زیر:

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

که n تعداد مشاهدات سری، و x_j و x_k به ترتیب داده های j ام و k ام سری می باشند. تابع علامت نیز به شرح زیر قابل محاسبه است:

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

ب) محاسبه واریانس توسط یکی از روابط زیر:

$$\text{اگر} \quad n > 10 : \quad \operatorname{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t(t-1)(2t+5)}{18} \qquad (۳)$$

$$\text{اگر} \quad \leq 10 : \quad \operatorname{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \qquad (۴)$$

که n تعداد داده های مشاهداتی و m معرف تعداد سری هایی است که در آن ها حداقل یک داده تکراری دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده های با ارزش یکسان می باشد.

ج) استخراج آماره Z به کمک یکی از روابط زیر:

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

در یک آزمون دو دامنه جهت روند یابی سری داده ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \qquad (۶)$$

که α سطح معنی داری است که برای آزمون در نظر گرفته می شود و Z_α آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی دار α می باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\alpha/2$ استفاده شده است. در بررسی حاضر این آزمون برای سطوح اعتماد ۹۵٪ و ۹۹٪ بکار گرفته شد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می شود.

آزمون اسپیرمن مشابه من کندال آزمون غیرپارامتری است. در این آزمون فرض صفر (H_0)، یکنواختی توزیع و مستقل بودن داده ها در سری زمانی است و فرض مقابل (H_1)، روند افزایشی یا کاهشی داده ها در سری زمانی است [۲۸]. جهت تعیین مقدار آماره اسپیرمن از روابط زیر استفاده می گردد:

$$D = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n}(R(X_I)-i)^2}{n(n^2-1)} \qquad (۷)$$

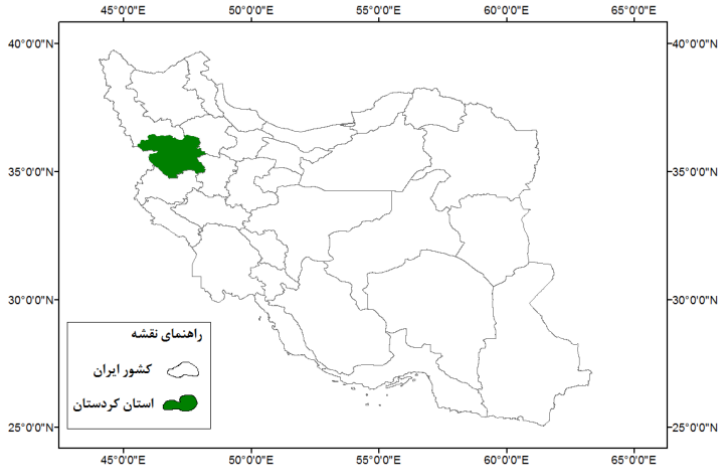
$$Z_s = D\sqrt{\frac{n-2}{1-D^2}} \qquad (۸)$$

که در این روابط R(Xi) رتبه i امین داده مشاهده ای Xi، n تعداد داده های آموزشی (طول دوره آماری)، Zs مقدار آماره اسپیرمن می باشد. مقدار Zs با مقدار بحرانی توزیع t (۲/۰۲) که با لحاظ نمودن درجه آزادی n-2 و سطح معنی داری ۹۵ درصد، بدست آمده مقایسه می گردد. به عبارت دیگر اگر $|Z_s| > 2.02$ باشد، فرض صفر رد شده و روند در سری داده ها معنی دار و در غیر این صورت معنی دار نمی باشد. در این بررسی از آمار سی ساله بارندگی چند ایستگاه منتخب در استان کردستان که در طی دوره آماری ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۲ دارای آمار بودند استفاده گردید. به منظور اطمینان از همگنی داده ها، آزمون تصادفی بودن (Run Test) روی آمار بارندگی ایستگاه ها اعمال گشته و ایستگاه های غیر همگن کنار گذاشته شدند و در نهایت ۶ ایستگاه انتخاب گردیدند. برای تک تک ایستگاه های مورد مطالعه سری های فصلی و سالانه بارندگی استخراج شدند. مشخصات و موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ و جدول ۱ درج گردیده است.

جدول ۱: مشخصات و موقعیت ایستگاه های منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)
سنندج	۳۵° ۲۰′	۴۷° ۰′
سقز	۳۶° ۱۵′	۴۶° ۱۶′
قروه	۳۵° ۱۰′	۴۷° ۴۸′
مریوان	۳۵° ۳۱′	۴۶° ۱۲′

زرینه	۳۶° ۴′	۴۶° ۵۵′
بیجار	۳۵° ۵۳′	۴۷° ۳۷′



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱)

نتایج

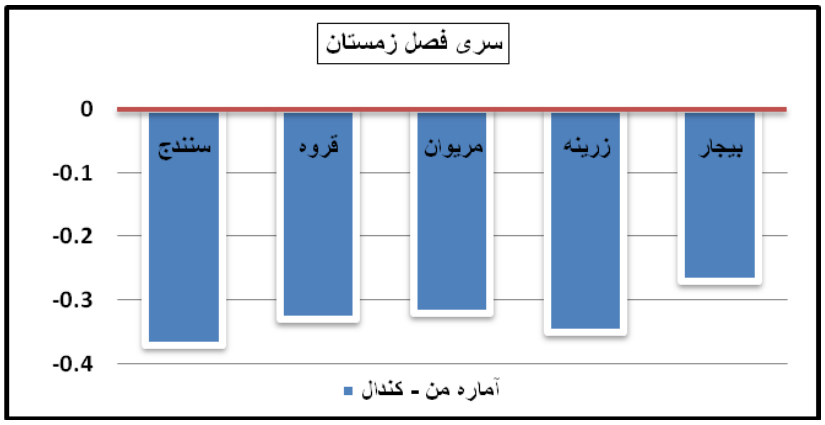
برای کلیه سری های زمانی مورد مطالعه در ابتدا آماره ای دو آزمون من _کندال و اسپیرمن محاسبه گردیدند. سپس معنی داری این آماره ها در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد آزمون قرار گرفت که نتایج حاصله درجداول ۲ و ۳ درج گردیده است. همانطور که از این جداول بر می آید در بین سری های فصلی، بیشترین روند معنی دار تأیید شده توسط هر دو آزمون من _کندال و اسپیرمن در سری داده های فصل زمستان مشاهده گردید به طوریکه در آزمون من- کندال در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ به ترتیب ۳۳/۳ و ۵۰ درصد و در آزمون اسپیرمن به ترتیب ۰ و ۸۳/۳ درصد ایستگاه های مورد مطالعه دارای روند کاهشی و معنی دار بودند. در بین سری داده های فصل پاییز و بهار در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ در هیچ ایستگاهی روند معنی داری مشاهده نگردید. طی فصل تابستان هیچ یک از سری های زمانی مورد مطالعه روند معنی داری در سطح اطمینان ۹۹٪ نداشتند اما در سطح اطمینان ۹۵٪ ایستگاه سقز توسط هر دو آزمون من _کندال و اسپیرمن دارای روند صعودی و معنی دار تشخیص داده شد. همچنین در مقیاس فصلی، بیشترین تغییرات مربوط به ایستگاه سنندج در فصل زمستان است که مقدار آماره های من – کندال و اسپیرمن برای آن به ترتیب ۰/۳۷- و ۰/۵۵- منفی می باشد. نتایج حاصل از تحلیل سری سالانه داده های بارندگی نیز نشان داد که در سطوح معنی دار ۹۵٪ و ۹۹٪ به ترتیب ۶۶/۷ و ۱۶/۷ درصد ایستگاه ها توسط هر دو آزمون دارای روند نزولی و معنی دار تشخیص داده شدند. جهت مقایسه بین میزان معنی داری روند در ایستگاه های دارای روند معنی دار از آماره آزمون های من -کندال و اسپیرمن استفاده گردید که نتایج حاصله برای سری های فصل زمستان و سری سالانه که در آن ها روندهای معنی دار قابل تشخیص می باشد در شکل های ۲ الی ۵ آورده شده اند.

جدول ۲: نتایج حاصله از آزمون من- کندال و اسپیرمن در سطوح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد (z آماره من- کندال و z_s آماره اسپیرمن)، * وجود روند در سطح ۹۵ درصد، ** وجود روند در سطح ۹۹ درصد

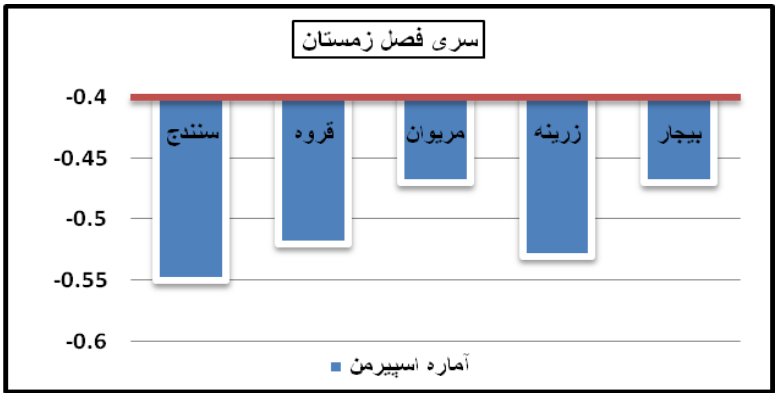
نام ایستگاه	زمستان		بهار		تابستان		پاییز		سالانه	
	z	z_s	z	z_s	z	z_s	z	z_s	z	z_s
سنندج	-۰/۳۷**	-۰/۵۵**	-۰/۰۷	-۰/۱۲	۰/۲۲	۰/۲۹	-۰/۱۷	-۰/۲۸	-۰/۴۵**	-۰/۶۲**
سقز	-۰/۰۹	-۰/۱۶	-۰/۰۸	-۰/۱۷	۰/۲۷*	۰/۳۶*	-۰/۰۷	-۰/۲۰	-۰/۲۲	-۰/۳۸*
قروه	-۰/۳۳**	-۰/۵۲**	-۰/۰۴	-۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۲	-۰/۱۸	-۰/۲۷	-۰/۲۸*	-۰/۴۱*
مریوان	-۰/۳۲*	-۰/۴۷**	-۰/۱۵	-۰/۲۲	۰/۱۰	۰/۱۲	-۰/۲۳	-۰/۳۵	-۰/۳۲*	-۰/۴۴*
زرینه	-۰/۳۵**	-۰/۵۳**	-۰/۱۱	-۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۲۲	-۰/۱۵	-۰/۲۳	-۰/۲۶*	-۰/۴۰*
بیجار	-۰/۲۷*	-۰/۴۷**	-۰/۰۴	-۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۵	-۰/۰۸	-۰/۱۶	-۰/۲۹*	-۰/۴۶*

جدول ۳: درصد ایستگاه های دارای روند معنی دار نسبت به کل ایستگاه ها به تفکیک آزمون ها و سطوح معنی دار

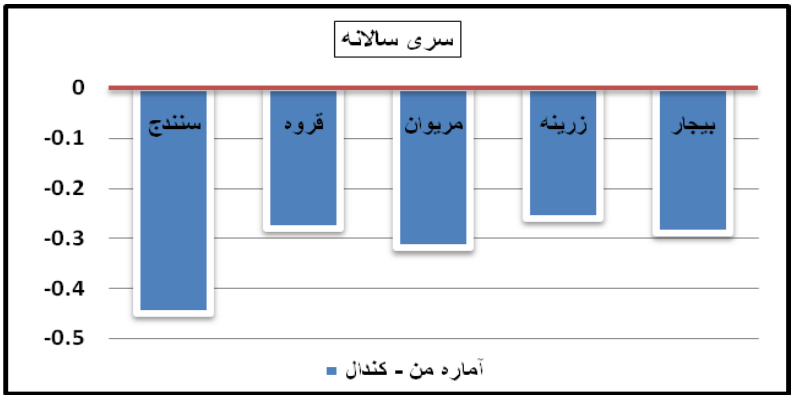
نوع آزمون	سطح معنی دار	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالانه
من – کندال	٪۹۵	٪۳۳/۳	۰	٪۱۶/۷	۰	٪۶۶/۷
اسپیرمن		۰	۰	٪۱۶/۷	۰	٪۶۶/۷
من – کندال	٪۹۹	٪۵۰	۰	۰	۰	٪۱۶/۷
اسپیرمن		٪۸۳/۳	۰	۰	۰	٪۱۶/۷



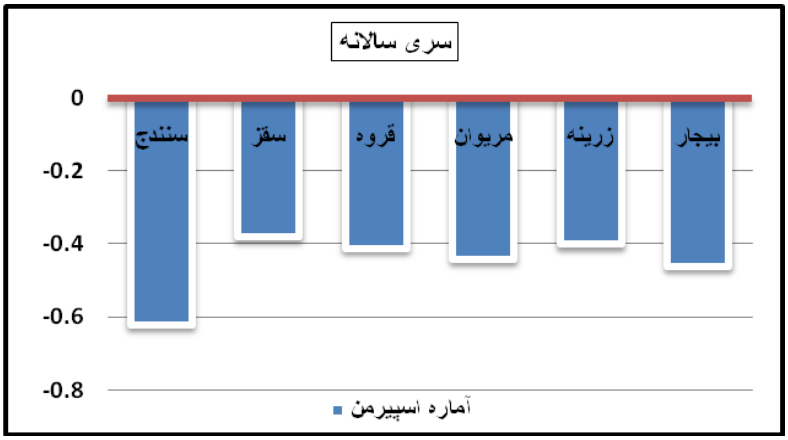
شکل ۲: مقایسه میزان معنی داری روند در ایستگاه های دارای روند معنی دار در فصل زمستان با استفاده از مقدار آماره من – کندال



شکل ۳: مقایسه میزان معنی داری روند در ایستگاه های دارای روند معنی دار در فصل زمستان با استفاده از مقدار آماره اسپیرمن



شکل ۴: مقایسه میزان معنی داری روند در ایستگاه های دارای روند معنی دار سالانه با استفاده از مقدار آماره من – کندال



شکل ۵: مقایسه میزان معنی داری روند در ایستگاه های دارای روند معنی دار سالانه با استفاده از مقدار آماره اسپیرمن

بحث و نتیجه گیری

طبق نتایج بدست آمده کارآیی دو روش من-کندال و اسپیرمن در تحلیل روند بارندگی های فصلی و سالانه در بیشتر موارد شبیه به هم بوده است. در سری داده های فصول بهار و تابستان، دو روش نتایج کاملاً مشابهی بدست دادند و در سری داده های فصل زمستان به استثنای دو ایستگاه ایستگاه (مریوان و بیجار) و در سری سالانه نیز به استثنای یک ایستگاه (سقز) در سایر موارد بکارگیری دو آزمون منجر به حصول نتایج کاملاً مشابهی گردید. به گونه ای که از میان سری های داده ای که تحلیل روند بر روی آن ها در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ به انجام رسید نتایج حاصل از بکارگیری دو روش فقط در ۳ سری داده با هم مطابقت نداشتند و در ۹۸/۷۵٪ موارد نتایج کاملاً مشابهی بدست آمد. از نکات قابل توجهی که می توان در ارتباط با اختلاف های مشاهده شده بین دو روش در ۳ سری مذکور به آن اشاره نمود این است که اولاً در کلیه موارد اختلاف، روش اسپیرمن روندهای معنی دارتری را نسبت به روش من - کندال تشخیص داده است و ثانیاً این اختلاف ها هم در سطح اعتماد ۹۵٪ و هم در سطح اعتماد ۹۹٪ قابل مشاهده اند. به لحاظ صعودی یا نزولی بودن روند، در بین کلیه سری های دارای روند معنی دار در هیچ موردی (به استثنای ایستگاه سقز در فصل تابستان) روند صعودی توسط دو آزمون بصورت توأم مورد تأیید قرار نگرفت و در کلیه مواردی که دو آزمون نتایج مشابهی بدست دادند روندهای تأیید شده نزولی بودند. در واقع ایستگاه سقز، تنها ایستگاهی می باشد که دارای روند صعودی و معنی دار در سری داده های فصل تابستان در سطح اطمینان ۹۵٪ بود که وجود روند در آن توسط هر دو آزمون من -کندال و اسپیرمن به تأیید رسید.

با توجه به موقعیت و نحوه پراکنش ایستگاه های دارای روند معنی دار در منطقه مورد مطالعه، می توان چنین نتیجه گیری کرد که روندهای حادث شده در منطقه مورد مطالعه تابع هیچ نظم خاصی نبوده و نمیتوان وجود روند خاصی را به قسمتی از منطقه مورد مطالعه یا کل آن نسبت داد. همچنین از آن جایی که تعداد سری های دارای روند معنی دار بسیار کمتر از سری های فاقد روند می باشند لذا دلیلی مبنی بر وجود روند بصورت منطقه ای وجود ندارد و روند های حادث شده را می توان بصورت نقطه ای و تنها به ایستگاه های دارای روند نسبت داد. شایان ذکر است که نتایج حاصل از این بررسی مربوط به دوره آماری ۱۹۸۳ الی ۲۰۱۲ بوده و با اضافه شدن آمار در سال های آتی، نتایج حاصله را می توان بهنگام سازی و تعدیل نمود. همچنین کارآیی دو روش مطرح شده در این تحقیق صرفاً در تحلیل روند سری های زمانی بارندگی نبوده و پیشنهاد می گردد که در تحلیل روند سایر سری های زمانی هواشناسی، هیدرولوژی و ... نیز از این دو روش استفاده بعمل آید.

منابع و مراجع

۱. جاوری، م. ۱۳۸۲. "تغییرات دما و بارش در ایران"، پایان نامه‌ی دکترای جغرافیا، دانشگاه تهران.

۲. خلیلی، ع، بذرافشان، جواد. ۱۳۸۳. "تحلیل روند تغییرات بارندگی های سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته"، بیابان، شماره ۱، جلد نهم، ص ۳۳-۲۵.

۳. روشنی، م. ۱۳۸۲. "بررسی تغییرات اقلیمی سواحل جنوبی دریای خزر"، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه تهران.

۴. رضایی بنفشه، م، شریفی، ل، پیر خضرانیان، س. ۱۳۹۱. "برآورد میزان گرد و غبار با استفاده از تصاویر ماهواره ای، مطالعه موردی: استان کردستان"، فصل نامه جغرافیای طبیعی، سال پنجم، شماره ۱۸، زمستان ۹۱، ۱۰ ص.

۵. کمالی، غ. ۱۳۷۵. "تغییرات شدید بارندگی در نقاط مختلف کشور در ده سال اخیر"، اولین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، تهران ۱۳۷۵.

۶. کاویانی، م، عساکره، ح. ۱۳۸۲. "بررسی آماری روند بلند مدت بارش سالانه اصفهان"، سومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، اصفهان ۱۳۸۲، ۱۰ص.
۷. کتیرایی بروجردی، پ. ۱۳۸۴. "بررسی روند تغییرات بارندگی در ایران طی دوره ۱۹۶۰ الی ۲۰۰۱،" اساتید راهنما: سهراب حجام، پرویز ایران نژاد، رساله دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
۸. محمدی، ح، تقوی، ف. ۱۳۸۴. "روند شاخص های حدی دما و بارش در تهران"، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۳، ص ۱۷۲-۱۵۱.

9. Abdul Aziz O.I., and Burn D.H. 2006. "Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin", Journal of Hydrology, 319:282-294.
10. Bihrat Onoz., Mehmetcik Bayazit. 2003. "The Power of Statistical Tests for Trend Detection". Turkish J. Eng. Env. Sci. 27: 247-251
11. Brooks, C.E.P. and Carrthers, N. 1953. "Handbook of Statistical Methods in Meteorology". London, H.M.S.O., pp 412.
12. Chen H., Guo S, Xu C.Y., and Singh V.P. 2007. "Historical temporal trends of hydro-climatic variables and runoff response to climate variability and their relevance in water resource management in the Hanjiang basin", Journal of Hydrology, 344:171-184.
13. Gadgil A., and Dhorde A. 2005. "Temperature trends in twentieth century at Puna", India. Atmospheric Envi, 39:6550-6556.
14. Gellens D. 2000. "Trend and Correlation Analysis of k-Day Extreme Precipitation over Belgium". Theoretical and Applied Climatology, 66:117-129.
15. Hamed K.H., and Rao A.R. 1998. "A modified Mann–Kendall trend test for autocorrelated data", Journal of Hydrol, 204, 182-196.
16. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. In: Houghton, J.T. et al. (Eds.), The Third Assessment Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge Univ. Press, New York. 881 pp.
17. Kahya E., and Kalayci S. 2004. "Trend analysis of streamflow in Turkey", Journal of Hydrol, 289:128-144.
18. Keily, G., Albertson, J.D., Parlange, M.B. 1998. "Recent Trends in Diurnal Variation of Precipitation at Valentia on the West Coast of Irland". Journal of Hydrology. VOL. 207, NO. 3- 4: 270-279
19. Kendall M.G. 1975. "Rank Correlation Methods", Charles Griffin, London
20. Lettenmaier, D. P., E. F. Wood, and J. R. Wallis. 1994. "Hydro-climatological Trends in the Continental United States", 1948–88. J. Climate, 7: 586–607.
21. Li, Z.L, Xu, Z.X., Li, J.Y and Li, Z.J. 2008). "Shift trend and step changes for runoff time series in the Shiyang River basin", northwest China. Hydrological Processes 22: 4639-4646.
22. Liu Q., Yang Z., and Cui B. 2008. "Spatial and temporal variability of annual precipitation during 1961–2006 in Yellow River Basin China", Journal of Hydrol, 361:330-338.
23. Mann H.B. 1945. "Nonparametric Tests Against Trend", Econometrica 13, 245-259
24. Piccarreta, M.,Capolongo, D. and Boenzi, F. 2004. "Trend Analysis of Precipitation and Drought in Basilicata from 1923 to 2000 Within Southern Italy Context". International journal of climatology, 24, 907-922.
25. Serrano, A., Mateos, V.L., and Garcia, J.A. 1999. "Trend Analysis of Monthly Precipitation Over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995". phys. Chem. EARTH(B), VOL.24, NO. 1-2:85-90
26. Turgay, P. and Ercan K. 2005. "Trend Analysis in Turkish Precipitation data". Hydrological processes published online in wiley Interscience (www.Interscience.wiley.com).
27. Yaning C., Changchun X., Xingming H., Weihong L., Yapeng C., Chenggang Z., and Zhaoxia Y. 2009. "Fifty-year climate change and its effect on annual runoff in the Tarim River Basin", China. Quaternary Int.

28. Yue S., Pilon P., and Cavadias G. 2002. "Power of the Mann-Kendall and Spearman's tests for detecting monotonic trends in hydrological series", Journal of hydrol, 259:254-271.