

مقاله پژوهشی

آشکارسازی تغییرات زمانی-مکانی بارش‌های جنوب شرق ایران

احمد مزیدی^{۱*}، وحید سلامتی هرمزی^۲، کمال امیدوار^۳، غلامعلی مظفری^۴

۱- دانشیار گروه جغرافیا دانشگاه یزد

۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه یزد

۳- استاد اقلیم شناسی دانشگاه یزد

۴- دانشیار گروه جغرافیا دانشگاه یزد

(دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۰، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۲)

چکیده

در این پژوهش با بهره‌گیری از روش ناپارامتریک من کندال و آزمون شیب سن، روند تغییرات بارش، در مقیاس سالانه، فصلی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته در جنوب شرق ایران مورد بررسی قرار گرفته است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل داده‌های بارش روزانه ۱۷ ایستگاه سینوپتیک سه استان سیستان و بلوچستان، هرمزگان و کرمان طی دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۷ می‌باشد که خروجی آن به صورت جداول، نمودارها و نیز نقشه‌های روند در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید. نتایج حاصل از روش من-کندال پژوهش نشان داد که روند میانگین بارش سالانه و همچنین فصول بهار، تابستان و پاییز جنوب شرق ایران معنی‌دار نبوده و تنها بارش فصل زمستان دارای روند معنی‌دار و از نوع کاهشی می‌باشد. برآورد شیب سن حاکی از کاهش شیب بارش جنوب شرق ایران در فصل زمستان برابر با ۰/۳۵۰- میلی‌متر در سال است. روند بارش سالانه ایستگاه‌های بندرعباس، بندرلنگه، ابوموسی و کیش در سطح ۹۵٪ و ایستگاه‌های جاسک و ایرانشهر در سطح ۹۰٪ معنی‌دار و کاهشی می‌باشد. آماره‌های آزمون سن نشان دادند که بیشترین کاهش بارش سالانه، مربوط به ایستگاه بندرلنگه به میزان ۴/۱۶- میلی‌متر در سال است. در فصول بهار، تابستان و پاییز، روند بارش در هیچ یک از ایستگاه‌های جنوب شرق ایران معنی‌دار نبوده و بارش فصل زمستان در ایستگاه‌های بندرلنگه، جاسک و کیش در سطح معنی‌داری ۹۵٪ دارای روند کاهشی می‌باشد. بررسی تغییرات بارش بارش ۲۴ ساعته نشان داد که بارش مذکور در اکثر ایستگاه‌ها دارای روندی کاهشی بوده، که این روند در ایستگاه‌های بندرعباس در سطح ۹۹/۹ درصد و در ایستگاه‌های بندرلنگه، جاسک، ابوموسی و کیش در سطح ۹۵٪ معنی‌دار می‌باشد.

کلمات کلیدی: بارش، روند، من-کندال، شیب سن، جنوب شرق ایران

بارش به عنوان مهم‌ترین عنصر اقلیمی همواره از دو منظر زمان و مکان مورد بررسی قرار می‌گیرد. تأکید بر منظر زمان، تغییرات زمانی و تأکید بر منظر مکان، تغییرات مکانی بارش را مشخص می‌سازد. در مطالعات اقلیم شناسی این دو منظر همیشه لازم و ملزوم یکدیگر هستند؛ چرا که اقلیم مقوله‌ای است که هم مصداق مکانی دارد و هم مصداق زمانی (محمدی و جاوری، ۲۰۰۷). از آن جا که ایران در یک ناحیه خشک و نیمه خشک واقع گردیده‌است، فاقد منابع آبی بزرگ داخلی و مجاور برای تامین رطوبت بارش‌های خود بوده و در نتیجه بیشتر منابع رطوبتی بارش‌های آن باید از سطوح آبی اطراف تامین گردد. یکی از روش‌هایی که می‌توان به کمک آن سیر تحولات بارندگی را در گذشته و حال بررسی نمود، آنالیز روند سری‌های زمانی در مقیاس‌های مختلف زمانی است. تاکنون روش‌های آماری متعددی جهت تحلیل روند سری‌های زمانی ارائه گردیده‌است که می‌توان آن‌ها را در دو دسته کلی روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم بندی نمود. مبنای کلیه این روش‌های آماری مطرح نمودن دو فرض صفر (H_0) و فرض یک (H_1) و آزمون نمودن آن‌ها براساس روش‌ها و تکنیک‌های خاص آماری است که در نهایت منجر به رد فرض صفر می‌شود و یا اینکه دلایل و شواهد کافی برای رد آن مشاهده نمی‌شود. در روش‌های ناپارامتریک اساس کار بر تفاوت بین داده‌های مشاهداتی است به گونه‌ای که این روش‌ها مستقل از توزیع آماری بوده و برای سری‌هایی که چولگی یا کشیدگی زیادی دارند مناسب‌تر از روش‌های پارامتریک می‌باشند (حجام و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین به گزارش برخی از محققین روش‌های ناپارامتریک در مقام مقایسه با روش‌های پارامتریک از دقت و صحت بیشتری برخوردار هستند (یو و پیلون، ۲۰۰۴ و یو و همکاران، ۲۰۰۴) دو آزمون من-کندال و شیب تخمین سن جزو متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های زمانی هیدرومتئورولوژیکی به شمار می‌روند. مطالعات مختلف انجام شده با استفاده از این دو روش حاکی از اهمیت کاربرد فراوان آنها در تحلیل روند سری‌های زمانی می‌باشد.

مبانی نظری

در رابطه با تحلیل روند سری‌های زمانی بارندگی با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری، تحقیقات زیادی صورت گرفته که به برخی از مطالعات صورت گرفته در این خصوص اشاره می‌گردد. در پژوهشی تغییرات بارش روزانه در منطقه نیمه خشک مناطق شمالی چین در بازه زمانی ۲۰۰۰-۱۹۵۶ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مقایسه با دهه ۱۹۵۰ تعداد روزهای بارانی در دهه ۱۹۹۰ در حدود ۸ روز کاهش یافته و علاوه بر آن فراوانی روزهای بارشی کم مقدار نیز به سود روزهای بارشی شدیدتر، کاهش داشته است (گونگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۴: ۷۷۱). همچنین بررسی روند بارش سالانه سریلانکا با استفاده از آزمون‌های من کندال، اسپیرمن و رگرسیون

¹. Gong et al.

خطی، نشانگر روند افزایشی بارش در یکصد سال اخیر بوده است (جایاواردان^۱ و همکاران، ۲۰۰۵:۷). بررسی روند بارش در پرتغال به کمک روش‌های ناپارامتریک از جمله آزمون من کندال نشان از یک الگوی فضایی تغییر سیستماتیک بارش سالانه در بخش‌های جنوبی پرتغال دارد. به این ترتیب افزایش بارش فصل پاییز، کاهش بارش فصل زمستان و افزایش بارش آغاز فصل نسبت به پایان از پیامدهای تغییر اقلیم بوده است (ایزابیل^۲ و همکاران، ۲۰۰۵). بررسی تغییرات روند بلندمدت بارش در ژاپن نشان داده است که بارش‌های بیش از ۱۰۰ و ۲۰۰ میلیمتر رو به افزایش و بارش‌های ۱ تا ۱۰ میلیمتر روند کاهشی داشته‌اند. علاوه بر آن تمرکز بارش ژاپن در قرن اخیر نیز بیشتر گردیده است (فوجیبی^۳ و همکاران، ۲۰۰۸:۵۱). در پژوهشی روندهای پایدار شاخص حوادث جوی در سه منطقه؛ ایالات متحده، اروپا و استرالیا در دوره آماری ۲۰۱۲-۱۹۵۰ نشان داد، که هم دمای حداقل و هم دمای حداکثر در مقیاس متوسط روزانه و متوسط سالانه به سمت رخدادهای حداکثر (اکستریم) تمایل پیدا کرده‌اند و بارش به سمت بارش‌های سنگین سوق پیدا نموده است (گالانت^۴ و همکاران، ۲۰۱۴:۱۳۹۲). بررسی ضرایب همبستگی پیرسون بین سری زمانی متوسط بارش سالانه و فصلی برای تشخیص تغییرپذیری اقلیمی در بالای نواحی شرقی ایالات متحده و داده‌های دمای سطح آب نواحی حاره‌ای نشان داد، همبستگی بسیار قوی و مثبتی بین دمای سطح آب نواحی حاره و افزایش بارش پاییز وجود دارد (ماگت و کوردرو، ۲۰۱۴:۹۰۲۷). آلجنדרو و هلیودورو (۲۰۱۹:۱۵) روند بارش در شهر ویلاهرموسا مکزیک را با استفاده از روش‌های من کندال و شیب سن مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد اگرچه در آزمون من کندال مقادیر نشان دهنده عدم روند در سری زمانی دوره مذکور بود، اما مقادیر شیب سن برای تمام ماه‌ها به جز ماه آوریل و اوت منفی را نشان داده است. روند دما و بارش در بنگلادش با استفاده از من کندال و شیب سن در دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۶۶ به منظور شناسایی روند ماهانه، فصلی و سالانه، حداکثر، حداقل و ماهانه دما و در مورد بارش، بارندگی ماهانه، حداکثر بارش ۱ روزه و حداکثر بارش ۳ روزه مورد بررسی قرار گرفته است، نتایج نشان داد برای حداکثر، حداقل و میانگین ماهانه درجه حرارت در اکثر ایستگاه‌ها روند افزایشی و روند صعودی را نشان داده و همچنین میانگین بارندگی در سه فصل به جز زمستان روندی رو به رشدی را نشان می‌دهد (مولیک^۵ و همکاران، ۲۰۱۹:۱۰۴). صیاد و همکاران^۱ (۲۰۱۹) در پژوهشی روند بارش باران پاریس و ماهارسترا با استفاده از آزمون من-کندال را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند، نتایج نشان داد که تجزیه و تحلیل روند بارش در ماهانه و فصلی ماهانه اساس پس از آزمون من-کندال و برآورد شیب سن فصول بارشی، به چهار فصل قبل از موسمی (مارس-مه)، موسمی (ژوئن-سپتامبر) و پس از موسمی (اکتبر

1. Jayawardene et al.

2. Isabel et al.

3. Fujibe et al.

4. Gallant et. al.

5. Mullick et. al

6. Sayyad et. al

دسامبر)، زمستان (ژانویه-فوریه) طبقه‌بندی گردید. همچنین نتایج نشان داد که میزان بارندگی ماهانه روندی افزایشی در سطح معنی داری ۵ درصد در ماه ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، جولای، سپتامبر، نوامبر و دسامبر در حالی که روند نزولی در ماه مه، ژوئن، اوت و اکتبر دارد. بررسی روند تغییر در عوامل و عناصر اقلیمی، متأثر از تغییر اقلیم در بسیاری از نقاط کشور نشان داد که تغییرات اقلیمی در ایران یکسان نبوده، به طوری که مقادیر حداقل دما در مناطق مناطق شمال و نواحی کوهستانی ایران دارای تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای بوده ولی در مناطق دیگر کشور تغییرات زیادی ندارد. از طرف دیگر مقادیر حداکثر دما در کلیه مناطق بجز نواحی جنوبی کشور دارای تغییرات زیادی بوده است (جهانبخش و ترابی، ۱۳۸۳: ۱۲۴). نتایج بررسی بر روی تغییر نوع و روند بارش در بازه زمانی ۱۹۵۶-۲۰۰۰ در زنجان با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال نشان داده، بطور کلی بارش در زنجان تغییری نداشته ولی تعداد روزهای همراه با بارش روند صعودی داشته است (ضیاییان و علیزاده، ۱۳۸۳: ۴۴). بررسی سری زمانی بارش اصفهان نشان داده است که بارندگی اصفهان طی ۱۰۳ سال گذشته حاوی رفتاری پایدار بوده و تنها چهار فاز در بارندگی را تجربه نموده است (کاوایی و عساکره، ۱۳۸۴). همچنین تغییرات زمانی و مکانی بارش ایران در دهه‌های اخیر شدید بوده و در حدود نیمی از مساحت ایران در معرض تغییرات قرار گرفته‌اند. این تغییرات عمدتاً نواحی کوهستانی و نیمه غربی رخداد بیشتری داشته‌اند و عموماً نواحی با بارندگی بیشتر، متحمل تغییرات بیشتری نیز بوده‌اند (عساکره، ۱۳۸۶: ۲۵). بررسی تغییرپذیری بارش ۳۴ ایستگاه همدید ایران حاکی از روندهای کاهشی و افزایشی در جمع بارش سالانه ایستگاه‌های ایران بوده است (عسگری و رحیم زاده، ۱۳۸۵: ۷۹). میرعباسی و دین پژوه (۱۳۹۱: ۶۱) روند تغییرات بارش‌های شمال غرب ایران در نیم قرن گذشته مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داد که در مقیاس سالانه بارش‌های شمال غرب ایران در اغلب ایستگاه‌ها (به جز آستارا، رشت و مهاباد) دارای روند نزولی می‌باشند. در مقیاس ماهانه تعداد ماه‌های با روند منفی بیشتر از تعداد ماه‌های با روند مثبت بود. در پژوهشی دیگر روند تغییرات برخی عناصر اقلیمی در استان چهارمحال و بختیاری در یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۵-۱۹۸۶) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد اگر چه سری زمانی بارش در استان در بیشتر ماه‌های سال از روند معنی داری پیروی نمی‌کند، لیکن مقدار بارش در ایستگاه‌های (کوه‌رنگ) به عنوان پرباران‌ترین ایستگاه در مرکز کشور، لردگان و یانچشمه در پرباران‌ترین ماه سال (مارس) در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای روند کاهشی است. همچنین تعداد روزهای برفی ایستگاه کوه‌رنگ در ماه مارس دارای یک روند معنی دار کاهشی در سطح اطمینان ۹۹٪ درصد است. متوسط دمای کمینه و پیشینه در بیشتر نواحی استان در تمام ماه‌ها و در مقیاس سالانه، بجز ماه‌های نوامبر و دسامبر دارای روند معنی دار افزایشی است (آروین و همکاران ۱۳۹۵: ۱۵۵). عباسی و همکاران (۱۳۹۸: ۳۶) در پژوهشی تحلیلی روند میانگین دما و بارش سالانه در ایران برای دوره ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۷ میلادی را با استفاده از روش آماری ناپارامتری من-کندال بررسی مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داد که در سری‌های زمانی میانگین ایستگاهی و تیسن بارش کشور، روند افزایش یا کاهش معنی داری در سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۵

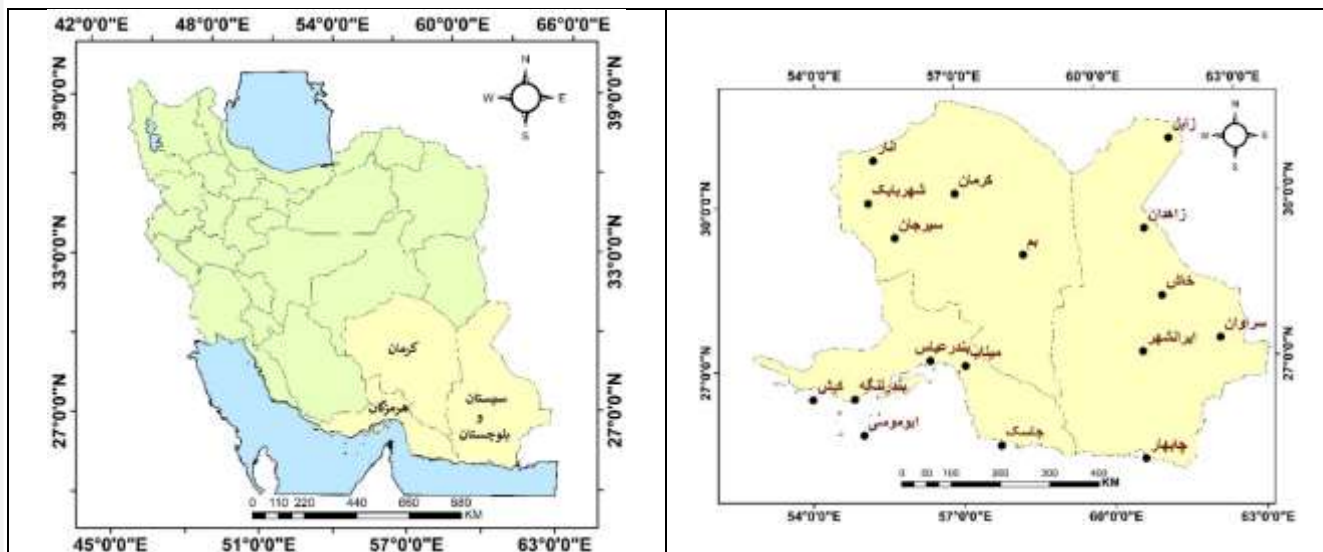
درصد وجود ندارد. ولی این روند در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار است. با این حال میانگین ایستگاهی بارش ایران به طور میانگین در هر سال در حدود ۲/۱- میلی‌متر و میانگین بارش تیسین نیز در حدود ۲/۲- میلی‌متر کاهش یافته است. همچنین نتایج نشان داد که در سری‌های زمانی میانگین دمای کشور، روند افزایشی دمای ایستگاهی ۰/۲۵ درجه سلسیوس در سال است که در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار است. میانگین دمای کشور به روش تیسین حدود ۰/۰۵ درجه سلسیوس در سال افزایش یافته است که این روند در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار است. روند تغییرات بیشینه سرعت بادهای ۱۲۰ روزه سیستان با آزمون‌های من-کندال و شیب تخمین سن مورد تحلیل قرار گرفته است. در بررسی نتایج فراوانی باد بیشینه روش شیب تخمین سن در سطوح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ هیچ‌گونه روندی را نشان نداد، ولی نتایج آماره من-کندال برای ماه اوت در سطح اطمینان ۹۵٪ وجود روند را در این ماه تأیید نمود (پودینه و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۱۴).

جنوب شرق ایران که استان سیستان و بلوچستان، کرمان، جنوب خراسان و بخش‌های شرقی استان هرمزگان را دربر می‌گیرد، از جمله مناطق خشک کشور است. محدودیت منابع آبی و بارش‌های سالیانه در این منطقه از کشور، فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی را بشدت محدود کرده است. حیات و مامت اکثریت مردم نیز به نزولات اندکی ارتباط دارد که در طول سال ریزش می‌کند. شرایط سینوپتیکی حاکم بر منطقه مطالعه شده در دوره‌های مختلف زمانی به گونه‌ای است که سبب می‌شود تا بارش‌های اندکی نیز به صورت پراکنده در تمام طول سال اتفاق بیفتد. لذا با توجه به اینکه مطالعه‌ی جامعی بر روی روند بارش در منطقه مذکور انجام نگردیده است، هدف از این پژوهش بررسی روند بارش سالانه و فصلی به تفکیک ایستگاه‌های جنوب شرق ایران می‌باشد. نتایج این پژوهش می‌تواند در شناخت روند بارشی منطقه جنوب شرق برای برنامه ریزی مربوط به مدیریت منابع آب، مدیریت حوادث غیرمترقبه‌ای مانند سیل و همچنین بهره‌برداری بهینه از آن بارش‌ها، نقش مهمی را ایفا نماید.

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در حد فاصل بین مختصات ۲۵ درجه و ۰۶ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینوچ واقع شده است. جنوب شرق ایران (شامل استان‌های هرمزگان، سیستان و بلوچستان و کرمان) از جهت شمال با کویر مرکزی و دشت لوت، از جهت جنوب با آبهای گرم خلیج فارس و دریای عمان، از جهت شرق با کشور پاکستان و افغانستان و از جهت غرب با رشته کوه‌های ایران مرکزی محصور شده است.

شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و پراکنش ایستگاه های سینوپتیک در محدوده جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)



جدول ۱. مشخصات ایستگاه های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه (منبع: سازمان هواشناسی کشور)

استان	نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)
هرمزگان	بندرعباس	۹/۸	۲۷/۲۱	۵۶/۳۷
	بندرلنگه	۲۲/۷	۲۶/۵۳	۵۴/۸۲
	کیش	۳۰	۲۶/۵۲	۵۳/۹۸
	ابوموسی	۶.۶	۲۵/۸۷	۵۵/۰۱
	میناب	۲۹/۶	۲۷/۱۰	۵۷/۰۸
	جاسک	۵/۲	۲۵/۶۳	۵۷/۷۶
کرمان	کرمان	۱۷۵۳/۸	۳۰/۲۵	۵۶/۹۶
	شهر بابک	۱۸۳۴/۱	۳۰/۱۰	۵۵/۱۳
	سیرجان	۱۷۳۹/۴	۲۹/۴۶	۵۵/۶۸
	انار	۱۴۰۸/۸	۳۰/۸۸	۵۵/۲۵
	بم	۱۰۶۶/۹	۲۹/۱۰	۵۸/۳۵
سیستان و بلوچستان	زاهدان	۱۳۷۰	۲۹/۴۷	۶۰/۹۰
	ایران شهر	۵۹۱/۱	۲۷/۲۲	۶۰/۷۱
	چابهار	۸	۲۵/۸	۶۰/۶۵
	خاش	۱۳۹۴	۲۸/۲۲	۶۱/۱۸
	سراوان	۱۱۹۵	۳۷/۳۹	۶۲/۳۱
	زابل	۴۸۹.۲	۳۱/۰۸	۶۱/۵۴

روش تحقیق

جهت انجام این تحقیق به منظور استخراج دوره‌های بارشی از داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک جنوب شرق کشور شامل ایستگاه‌های منتخب سه استان هرمزگان، سیستان و بلوچستان و کرمان طی دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۷-۲۰۱۶) از سازمان هواشناسی کشور^۱ اخذ شد.

اثبات وجود روند معنی‌دار در یک سری زمانی بارندگی به تنهایی نمی‌تواند دلیلی قاطع بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد بلکه فرض رخداد آن را تقویت می‌نماید. این ویژگی ناشی از متعدد بودن عوامل کنترل‌کننده سامانه اقلیم می‌باشد. روش‌های پارامتریک عمدتاً بر اساس رابطه رگرسیونی بین سری داده‌ها با زمان استوار می‌باشند. روش‌های ناپارامتریک از کاربرد نسبتاً وسیع‌تر و چشمگیرتری نسبت به روش‌های پارامتریک برخوردارند. برای سری‌هایی که توزیع آماری خاصی بر آنها قابل برآزش نیست و چولگی یا کشیدگی زیادی دارند استفاده از روش‌های ناپارامتریک مناسب‌تر است. آزمون من-کندال^۲ جزء متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی به شمار می‌روند. با استفاده از روش من-کندال تغییرات داده‌ها شناسایی، نوع و زمان آن مشخص می‌گردد. آزمون ناپارامتری من-کندال ابتدا توسط من^۳ (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال^۴ (۱۹۷۵) بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی بسط و توسعه یافت. این روش به طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌کار گرفته می‌شود. از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد.

این آزمون در سال ۱۹۸۸ به وسیله سازمان جهانی هواشناسی پیشنهاد شد و در بررسی معنی‌داری روند سری‌های اقلیمی به کرات و در موارد مختلف استفاده شده است. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

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

که با قبول فرض H_0 توزیع S در حد $n \rightarrow \infty$ نرمال است.

^۱ Data.irimo.ir

^۲ - Mann-Kendall

^۳ -Mann

^۴ - Kendall

n ، مدت سری زمانی داده‌ها؛ x_k و x_j نیز داده‌های متوالی k ام و j ام سری است. که در این رابطه $k, j \leq n$ و $k \neq j$ است

Sgn ، تابع علامت است؛ و تابع علامت نیز از روابط زیر مشخص می‌شود:

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

آزمون آماره‌های S میانگین صفر دارد و واریانس آن نیز از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2t+5) - \sum t(t-1)(2t+5)}{18} \quad \text{رابطه ۳}$$

در رابطه بالا t اندازه یک بازه زمانی در سری داده‌ها است و $\sum t$ نیز مجموع بازه‌ها (سری زمانی داده‌ها) است. برای مواردی که مدت سری زمانی داده‌های بیشتر از ۱۰ باشد ($n > 10$) آماره Z استاندارد شده را باید به کمک رابطه زیر محاسبه کرد.

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{Var(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s-1}{\sqrt{Var(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۴}$$

بنابراین، در آزمون دو طرفه روند، اگر رابطه $|Z| \leq Z_{\frac{\alpha}{n}}$ در سطح اطمینان ۰/۰۹۵ برقرار باشد، باید فرضیه H_0 (قبول تصادفی بودن سری داده‌ها) را پذیرفت و در غیر این صورت باید فرضیه H_1 (وجود روند) را قبول کرد. اگر معنی‌داری در سطح $\alpha = 0.01$ (سطح ۹۹٪ اطمینان) آزمون شد، فرضیه صفر H_0 در صورتی رد می‌شود که $|Z| > Z_{0.995} = 2.575$ برقرار باشد. مقادیر مثبت روند Z روند صعودی و مقادیر منفی Z روند نزولی سری داده‌ها را نشان می‌دهند (ویوکاناندان^۱، ۲۰۰۷: ۱۰۴).

اگر روند در سری داده‌ها مشاهده شد، شیب واقعی (میزان تغییر در واحد زمان) را می‌توان با استفاده از روش ناپارامتری ساده‌ای که توسط سن توسعه داده شده برآورد نمود. ابتدا باید شیب هر جفت داده‌ی متوالی سری را از رابطه زیر به دست آورد:

$$Q_1 = \frac{(x_i - x_k)}{j - k} \text{ for } i = 1, 2, \dots, n \quad \text{رابطه ۵}$$

¹ - Vivekanandan

که در این رابطه X_i و X_k به ترتیب مقادیر داده‌ها در زمان‌های j و k است که با هم یک واحد زمانی اختلاف دارند. Q_1 مقدار میانه‌ی n برآورد شده شیب نمودار سن است. اگر n فرد باشد، برآورد کننده شیب سن به این صورت محاسبه خواهد شد:

$$Q_{med} = Q_{(n+2)/2} \quad \text{رابطه ۶}$$

و اگر n زوج باشد، برآورد کننده شیب سن از این رابطه به دست می‌آید:

$$Q_{med} = (Q_{(n)/2} + Q_{(n+2)})/2 \quad \text{رابطه ۷}$$

اگر مقدار Q_{med} را با آزمون دو طرفه در سطح اطمینان $100(1-\alpha)\%$ بررسی شود شیب واقعی نمودار روند را می‌توان بدست آورد (ویوکاناندان، ۲۰۰۷: ۱۰۵). اگر عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده قرار بگیرد فرض صفر تاسسد شده و در نتیجه بر سری زمانی مورد آزمون نمی‌توان هیچ روندی را در سطح اطمینان مورد نظر نسبت داد. در غیر این صورت فرض صفر رد شده و می‌توان پذیرفت که سری زمانی دارای روند معنی‌داری در سطح اطمینان مورد آزمون است.

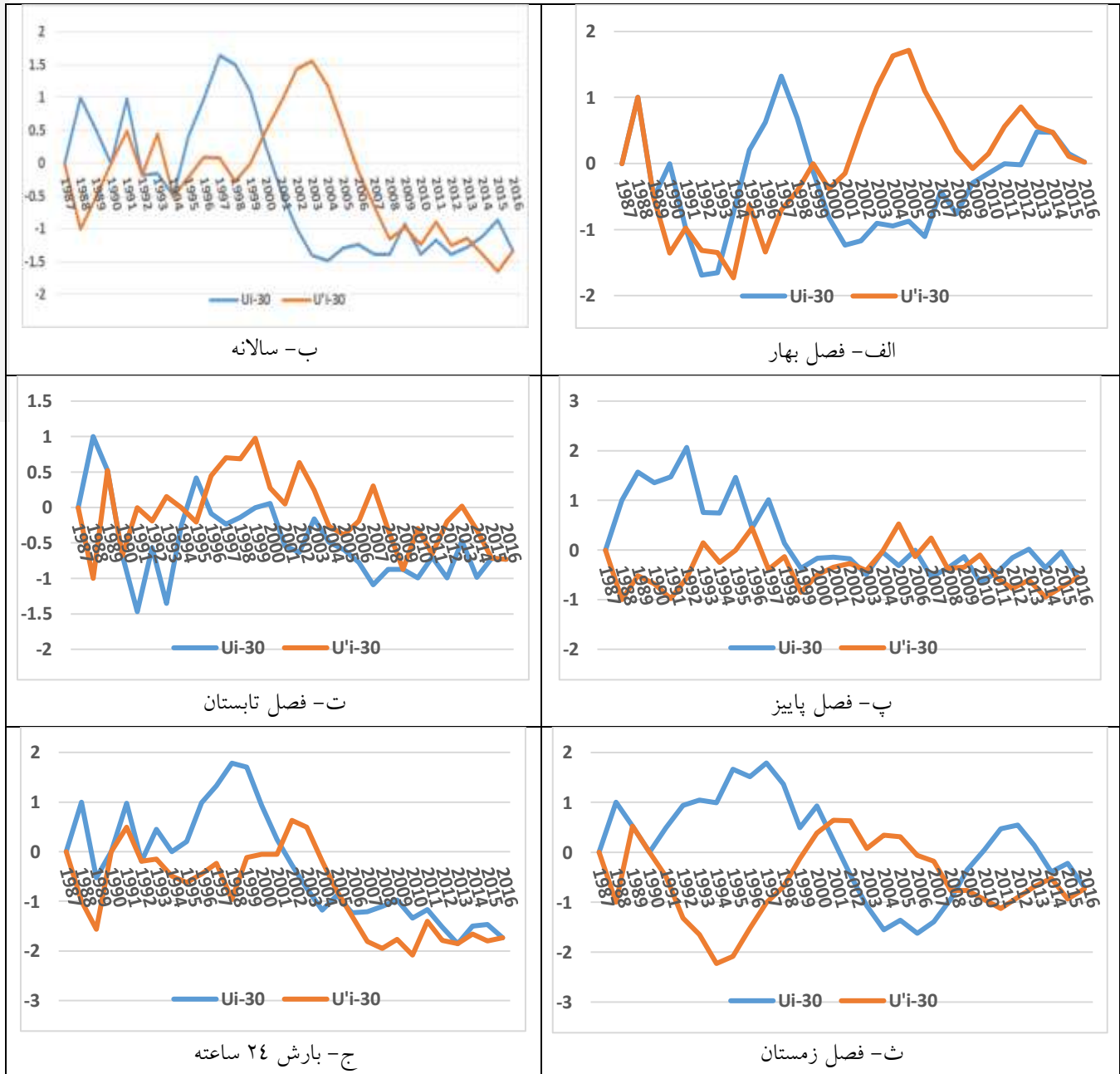
بحث و نتایج:

در این پژوهش سری زمانی بارش فصلی و سالانه به تفکیک ایستگاه‌های جنوب شرق با استفاده از آزمون‌های من-کندال و تخمین شیب سن محاسبه گردیده و معنی‌داری این آماره‌ها در سطح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ بررسی شد.

روند میانگین بارش سالانه، فصلی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته جنوب شرق ایران

روند میانگین بارش سالانه و فصلی جنوب شرق ایران (۲۰۱۶-۱۹۸۷) در شکل ۲ نشان داده شده است. نقطه تلاقی دو نمودار U و U' در دو مقطع زمانی در سال‌های ۱۹۹۴ و ۲۰۰۰ که دو حاکی از تغییرات در روند بارش سالانه جنوب شرق است. بطوری‌که این از سال ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۷ روند بارش افزایشی بوده و از سال ۲۰۰۰ روند کاهشی خود را آغاز نموده است (شکل الف). در نمودار مربوط به فصل بهار روند بارش از ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۳ و ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱ کاهشی و از سال ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۷ و ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ افزایشی می‌باشد (شکل ب). بارش در فصل تابستان از سال ۱۹۹۶ روند کاهشی داشته است (شکل پ). روند بارش در فصل پاییز دارای تغییرات نامنظمی بوده و به طور کلی از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ روند کاهشی داشته و از سال ۲۰۰۲ به بعد روند خاصی را دنبال نمی‌کند (شکل ت). تغییراتی در روند بارش فصل زمستانی در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۱ رخ داده است به طوری‌که از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ روند بارش‌ها افزایشی و از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ این روند کاهشی می‌باشد. میزان حداکثر بارش ۲۴ ساعته دارای تغییراتی در سه مقطع زمانی در سال‌های ۱۹۹۰ (روند افزایشی)، ۲۰۰۱ (روند کاهشی) و ۲۰۰۸ (روند افزایشی) می‌باشد.

با توجه به اینکه در نمودارهای روند بارش سالانه، فصلی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته، قطع دنباله‌های U و U' در بالاتر و پایین‌تر از خطوط معنی‌داری رخ نداده است به معنای قبول تصادفی بودن (قبول فرض H_0) و عدم وجود روند معنی‌دار (H_1) متغیر بارش در جنوب شرق ایران بوده و در واقع شرط $U(t_i) > -1/96$ یا $U(t_i) < 1/96$ برقرار است و سری حالت ایستا دارد.



شکل ۲: نمودار بررسی روند و نقاط جهش از میانگین سری زمانی بارش جنوب شرق ایران به روش من کندال دوره

۱۹۸۷-۲۰۱۶

در میان سری‌های زمانی ماهانه آماره آزمون، بارش فصل زمستان در سطح معنی‌داری ۹۰ درصد به مقدار ۱/۷۱- میلی متر کاهش داشته و در سایر موارد روند معنی‌داری را براساس آزمون من کندال به خود اختصاص نداده‌اند. برآورد شیب سن، برای تعیین تغییر در واحد زمان روند مشاهده شده در سری‌های زمانی به کار گرفته شده است. در آزمون تخمین شیب سن، مجموع کاهش شیب بارش فصل زمستان برابر با ۰/۳۵۰- میلی‌متر بوده که در حالت ۹۵ درصد اطمینان کرانه‌های بالا و پایین این شیب به ترتیب برابر با ۰/۱۲۳ و ۰/۸۳۵- و در حالت ۹۹ درصد کرانه‌های بالا و پایین به ترتیب ۱/۶۰۴ و ۲/۳۱۸- در سال است (جدول ۲). آزمون تخمین شیب سن برای بارش سالانه، فصول تابستان، پاییز، زمستان و حداکثر بارش ۲۴ ساعته شیب منفی بارش را برآورد کرده است. برآورد آزمون من کندال کاهش بارش را در فصل زمستان به میزان ۱/۷۱- در سال را نشان داده است (جدول ۲).

جدول ۲: آماره من-کندال و شیب خط سن روند بارش جنوب شرق ایران دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۷

تخمین شیب سن					روند من کندال		سری زمانی
Qmax95	Qmin95	Qmax99	Qmin99	Q	Signific.	Test Z	
۰.۴۵	-۲.۶۳	۰.۸۲	-۳.۳۳	-۰.۸۵		-۱.۳۲	سالانه
۰/۱۰۳	-۰/۱۰۵	۰/۱۵۳	-۰/۱۵۳	۰.۰۰		۰.۰	فصل بهار
۰/۰۱۵	-۰/۰۵۲	۰/۰۲۳	-۰/۰۶۹	-۰/۰۱۰		-۰/۷۱	فصل تابستان
۰/۳۲۵	-۰/۳۶۹	۰/۴۷۹	-۰/۵۳۳	-۰/۰۵۸		-۰/۵۴	فصل پاییز
۰/۱۲۳	-۰/۸۳۵	۰/۲۲۴	-۱/۰۶۸	-۰/۳۵۰	+	-۱/۷۱	فصل زمستان
۱/۱۳۷	-۱/۸۴۴	۱/۶۰۴	-۲/۳۱۸	-۰/۲۷۵		-۰/۷۰	حداکثر بارش ۲۴ ساعته

روند بارش سالانه، فصلی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته به تفکیک ایستگاه‌های جنوب شرق ایران

نتایج حاصل از انجام آزمون من کندال و شیب سن در جدول ۳ آورده شده است. در بررسی تغییرات بارش سالانه با استفاده از آزمون من-کندال مشاهده می‌گردد که روند بارش سالانه در اکثر ایستگاه‌های جنوب شرق (به جز بم و چابهار) روند کاهشی داشته، که این روند در ایستگاه‌های بندرعباس، بندرلنگه، ابوموسی و کیش در سطح ۹۵٪ و در ایستگاه‌های جاسک و ایرانشهر در سطح ۹۰٪ معنی‌دار است. آماره‌های آزمون سن در سطوح اطمینان مورد بررسی نشان دادند که در ایستگاه‌های مذکور بارش در هر سال کاهش داشته به طوری که بیشترین کاهش بارش مربوط به ایستگاه بندرلنگه به میزان ۴/۱۶- میلی‌متر در سال است.

سری زمانی آزمون من-کندال در فصول سال حاکی از آن است که در فصول بهار، تابستان و پاییز، روند بارش در اکثر ایستگاه روند کاهشی دارد، اما این روند در هیچ یک از ایستگاه‌های جنوب شرق ایران معنی‌دار نبوده و تنها در فصل زمستان بارش در ایستگاه‌های بندرلنگه، جاسک و کیش در سطح معنی‌داری ۹۵٪ دارای روند کاهشی بوده و آماره‌های آزمون تخمین شیب سن در سطوح اطمینان مورد بررسی نشان دادند که در ایستگاه‌های مذکور

میزان بارش شیب کاهشی دارد، به طوری که در ایستگاه‌های بندرلنگه، جاسک و کیش به طور متوسط بارش در هر سال به ترتیب چیزی در حدود ۲/۶۷-، ۲/۱۴- و ۳/۲۱- میلی متر کاهش را در سال نشان می‌دهند (جدول ۳). بررسی تغییرات بارش بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های جنوب شرق را با استفاده از آزمون من-کندال نشان می‌دهد که بارش ۲۴ ساعته در اکثر ایستگاه‌های جنوب شرق (به جز ایستگاه‌های بم، سراوان و چابهار که روند افزایشی دارند) روندی کاهشی داشته، که این روند در ایستگاه‌های بندرعباس در سطح ۹۹/۹ درصد و در ایستگاه‌های بندرلنگه، جاسک، ابوموسی و کیش در سطح ۹۵٪ معنی دار است. آماره‌های آزمون تخمین شیب سن در سطوح اطمینان مورد بررسی نشان دادند که در ایستگاه‌های مذکور میزان بارش ۲۴ ساعته کاهش داشته و بیشترین کاهش مربوط به ایستگاه بندرعباس به میزان ۱/۶۷۳- میلی متر در سال است (جدول ۳).

جدول ۳: آماره من-کندال و شیب خط سن روند بارش جنوب شرق ایران دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۷

ایستگاه	نوع آزمون	سالانه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	حداکثر بارش ۲۴ ساعته
بندرعباس	MK(Test Z)	* ۲/۴۱-	۰/۷۹-	۰/۷۸-	۰/۷۳-	۱/۳۲-	*** ۲/۴۸-
	Sen's Slope (Q)	-۴/۱۶	۰	۰	۰/۲۵-	۲/۴۶-	-۱/۶۷۳
میناب	MK(Test Z)	۰/۸۹-	۰/۰۷	۱/۰۲-	۰/۰۵۴-	۰/۷۱-	-۱
	Slope (Q) Sen's	-۱/۹۴	۰	۰	۰/۰۶-	۱/۴۰-	۰/۸۰۴
بندرلنگه	MK(Test Z)	* ۲/۳۶-	۰/۳۶	۰	۰/۹۳-	* ۲/۱۸-	* ۲/۴۴-
	Slope (Q) Sen's	-۳/۴۶	۰	۰	۰/۲۵-	۲/۶۷-	-۱/۰۲۲
جاسک	MK(Test Z)	+ ۱/۸۶-	۰/۰۲	۰/۵۴-	۰/۷۷-	* ۱/۹۶-	* ۱/۹۶-
	Slope (Q) Sen's	-۲/۶۷	۰	۰	۰/۱۶-	۲/۱۴-	-۰/۶۷۸
ابوموسی	MK(Test Z)	* ۲/۰۷-	۰/۷۰-	۱/۱۱-	۰/۱۶-	۱/۶۱-	* ۲/۰۲-
	Slope (Q) Sen's	-۲/۶۴	-۰/۰۱	۰	۰/۰۲-	۱/۷۷-	-۰/۸۷۳
کیش	MK(Test Z)	* ۲/۰۳-	۰/۴۳-	۰/۰۷	۰/۰۷-	* ۲/۵۰-	* ۲/۵۳-
	Slope (Q) Sen's	-۳/۵۹	۰	۰	۰	۳/۲۱-	-۱/۲۸۹
بم	MK(Test Z)	۰/۴۶	۰/۲۵	۱/۰۵-	۱/۰۲-	۰/۱۴	۰/۱۶
	Slope (Q) Sen's	۰/۳۸	۰/۰۴	۰	۰/۰۸	۰/۰۴	-۰/۰۳۶
کرمان	MK(Test Z)	-۰/۰۵	۰/۴۵-	۰/۵۴	۰/۰۵	۰/۵۴-	-۱/۵۵
	Slope (Q) Sen's	-۰/۱۹	-۰/۱۸	۰	۰/۰۲	۰/۴۳-	-۰/۳۰۷
شهرابک	MK(Test Z)	-۰/۹۳	-۰/۱۲	۱/۶۲	۰/۵۹-	۱/۳۶-	-۰/۳۶
	Slope (Q) Sen's	-۱/۶۱	-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۲۵-	۱/۸۲-	-۰/۱۶۰
سیرجان	MK(Test Z)	-۰/۰۶	۱	۱/۲۵	۰/۴۸	۰/۴۳-	-۰/۰۲
	Slope (Q) Sen's	-۰/۴۴	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۵۷-	۰
انار	MK(Test Z)	-۱/۳۴	-۰/۰۹	۱/۰۵-	۰/۰۶۲	۱/۲۷-	-۰/۸۴
	Slope (Q) Sen's	-۰/۹۶	-۰/۰۱	۰	۰/۱	۰/۸۸	-۰/۱۳۷
چابهار	MK(Test Z)	۰/۰۴	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۰۵	۰/۳۲-	۱/۱۲
	Slope (Q) Sen's	۰/۱۲	۰	۰	۰	۰/۴۳-	-۱/۰۸
ایرانشهر	MK(Test Z)	* ۱/۸۹-	۱/۲۵-	۰/۸۲-	۰/۷۳-	۰/۴۳-	-۱/۷۷+
	Slope (Q) Sen's	-۲/۰۳	-۰/۲۴	-۰/۱۰	-۰/۰۹	-۰/۳۳	-۰/۴۴۰

-۰/۷۰	-۰/۳۶	-۰/۵۰	-۰/۷۳	-۰/۲۷	-۰/۷۵	MK(Test Z)	خاش
-۰/۳۴۷	-۰/۷۰	-۱/۱۰	-۰/۰۲	-۰/۰۷	-۱/۲۵	Slope (Q) Sen's	
۰/۳۶	۰/۱۱	-۰/۸۴	-۰/۷۹	۱	-۰/۵۰	MK(Test Z)	سراوان
۰/۰۹۳	۰/۰۶	-۰/۰۶	-۰/۰۱	۰/۷۱	-۰/۳۹	Slope (Q) Sen's	
-۱/۲۸	-۰/۹۶	۰/۱۱	۰	۱/۲۸	-۱/۲۸	MK(Test Z)	زابل
-۱/۲۴۰	-۰/۶۹	۰	۰	۰/۰۵	-۱/۰۲	Slope (Q) Sen's	
-۰/۸۷	۰/۲۵	-۰/۲۳	۰/۵۹	-۰/۰۵	-۰/۱۸	MK(Test Z)	زاهدان
-۰/۱۸۲	۰/۰۶	-۰/۰۳	۰	-۰/۰۱	-۰/۱۷	Slope (Q) Sen's	

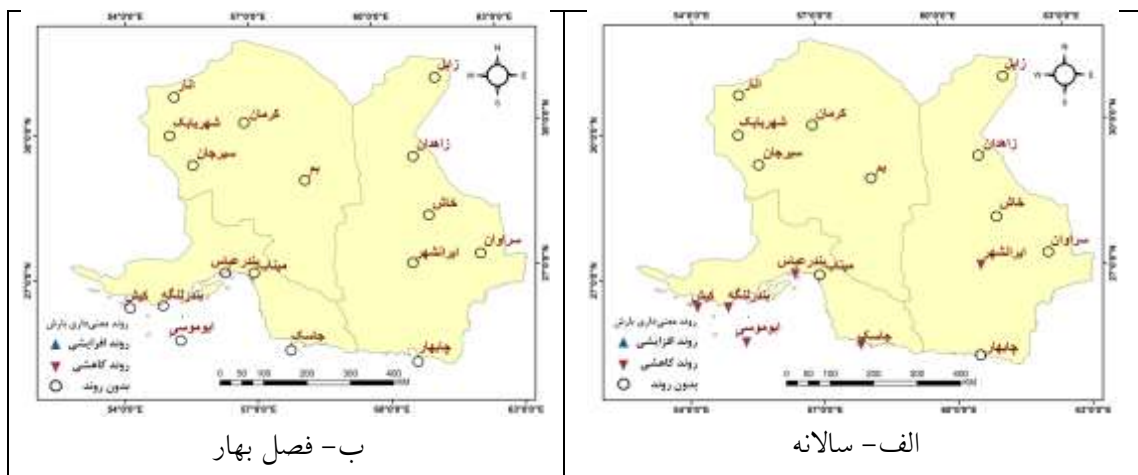
*** اگر روند در سطح معنی داری $\alpha=0.001$ باشد

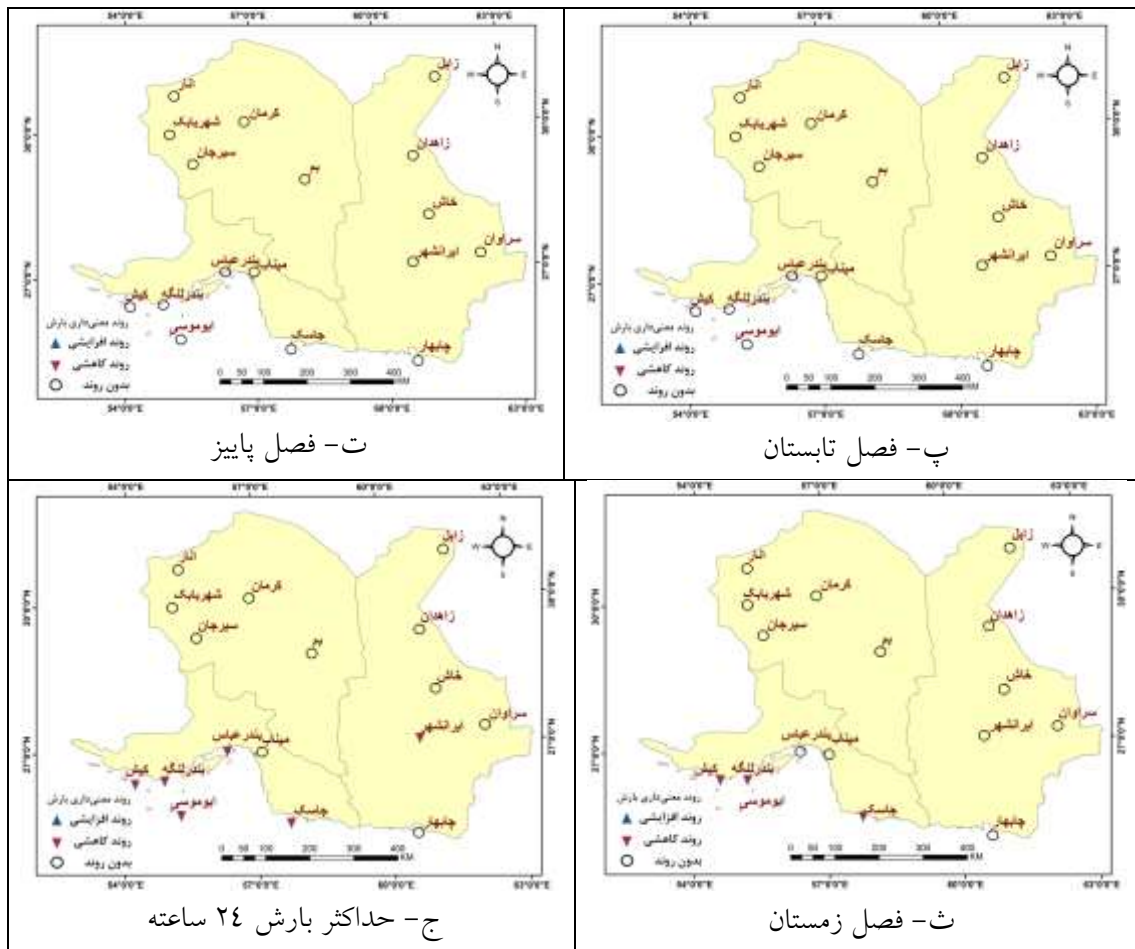
** اگر روند در سطح معنی داری $\alpha=0.01$ باشد

* اگر روند در سطح معنی داری $\alpha=0.05$ باشد

+ اگر روند در سطح معنی داری $\alpha=0.1$ باشد

شکل ۲ نقشه معنی داری روند بارش جنوب شرق ایران را در دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۷ بر اساس شاخص من-کندال نشان می‌دهد. بر این اساس بارش سالانه در ۴ ایستگاه جاسک، بندرعباس، کیش و جاسک روند کاهشی داشته و در دیگر ایستگاه‌ها روند معنی داری مشاهده نگردید. نقشه روند معنی داری بارش در فصول مختلف نشان داد که در فصل بهار، تابستان و پاییز روند معنی داری در بارش جنوب شرق ایران دیده نشده و در فصل زمستان بخش‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه شامل ایستگاه‌های جاسک، بندرلنگه و کیش روند کاهشی دارند. روند حداکثر بارش ۲۴ ساعته در ۶ ایستگاه شامل ایستگاه‌های ایرانشهر، بندرعباس، بندرلنگه، کیش، ابوموسی و جاسک کاهشی می‌باشد. با توجه به داده‌های جدول ۳ آنچه مسلم است هیچ روند مثبت معنی داری در بارش سالانه، فصلی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه مشاهده نگردیده و بارش‌های منطقه مورد مطالعه کاهشی و یا بدون روند می‌باشند.





شکل ۲: نقشه‌های معنی‌داری روند بارش جنوب شرق ایران دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۷ بر اساس شاخص من-کندال

نتیجه‌گیری

در این پژوهش سری زمانی بارش سالانه، فصلی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های جنوب شرق ایران در طول دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۷ با استفاده از آزمون‌های من-کندال و شیب سن محاسبه گردید. روند میانگین بارش سالانه حاکی عدم وجود روند معنی‌دار در بارش سالانه جنوب شرق است. همچنین روند بارش فصلی جنوب شرق ایران نشان داد علی‌رغم وجود روند کاهش، این روندها معنی‌دار نمی‌باشد. که این نتایج با پژوهش عباسی و همکاران (۱۳۹۸: ۳۶) که بیان داشته‌اند که در سری‌های زمانی میانگین ایستگاهی بارش کشور، روند افزایش یا کاهش معنی‌داری در سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد وجود ندارد همخوانی دارد. برآورد شیب سن نشان داد که مجموع کاهش شیب بارش فصل زمستان برابر با ۰.۳۵۰- میلی‌متر در سال است. در مورد روند حداکثر بارش ۲۴ ساعته هرچند میزان بارش دستخوش تغییراتی گردیده است، اما این تغییرات بارش در سطوح ۹۹٪ و ۹۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد.

تغییرات بارش به تفکیک ایستگاه‌های جنوب‌شرق ایران حاکی از آن است که روند بارش سالانه در ایستگاه‌های بندرعباس، بندرلنگه، ابوموسی و کیش در سطح ۹۵٪ و در ایستگاه‌های جاسک و ایرانشهر در سطح ۹۰٪ معنی‌دار است. آماره‌های آزمون سن در سطوح اطمینان مورد بررسی نشان داد که در ایستگاه‌های مذکور بارش در هر سال کاهش داشته به طوری که بیشترین کاهش بارش مربوط به ایستگاه بندرلنگه به میزان ۱/۱۶- میلی‌متر در دوره آماری مورد مطالعه (۲۰۱۶-۱۹۸۷) است. روند فصلی بارش ایستگاه‌ها مبین این واقعیت است در فصول بهار، تابستان و پاییز، روند بارش در اکثر ایستگاه روند کاهشی داشته، اما این روند در هیچ یک از ایستگاه‌های جنوب شرق ایران معنی‌دار نیست. در فصل زمستان بارش در ایستگاه‌های بندرلنگه، جاسک و کیش در سطح معنی‌داری ۹۵٪ دارای روند کاهشی بوده و آماره‌های آزمون تخمین شیب سن در سطوح اطمینان مورد بررسی نشان داد که در ایستگاه‌های مذکور میزان بارش شیب کاهشی دارد. نتایج بررسی تغییرات بارش بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های جنوب حاکمی از آن است که بارش ۲۴ ساعته در اکثر ایستگاه‌های جنوب شرق روندی کاهشی داشته، که این روند در ایستگاه‌های بندرعباس در سطح ۹۹/۹ درصد و در ایستگاه‌های بندرلنگه، جاسک، ابوموسی و کیش در سطح ۹۵٪ معنی‌دار می‌باشد.

با توجه به آزمون و تحلیل‌های انجام شده در این پژوهش، آنچه مسلم است، در کلیه ایستگاه‌های جنوب شرق ایران روند مثبت معنی‌داری در بارش سالانه، فصلی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته در سطح معنی‌داری ۹۹٪ و ۹۵٪ مشاهده نگردیده و بیشتر روندهای بارش از نوع کاهشی است و واقعیت کاهش نزولات آسمانی اقلیم جنوب شرق ایران در طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶ را آشکار نموده، که این کاهش در بارندگی سالانه، بیشتر مربوط به فصل زمستان به میزان ۱/۷۱- در سال می‌باشد.

References:

- Abbasi, F., Kohi, M., Flamarzi, Y., Javanshri, Z., Malbousi, S., & Babaeian, I. (2019). Investigation and analysis of Iran's annual temperature and precipitation trend (2017-1988). *Nivar*, 43(106-107), 36-49, (in Farsi).
- Arvin, A., Qangarmeh, A., Hajipour, D., & Heidari, M. (2016). Investigating the Trend of Changes in some Climatic Elements in Chaharmahal and Bakhtiari Province. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 16(41), 153-176, (in Farsi).
- Asakereh, H. (2008). Application of linear regression in analysis of Tabriz annual temperature trend, *Geographical Research*, 22, 3-26, (in Farsi).
- Asgari, A., Rahimzadeh, F. (2006). Study of precipitation variability in recent decades in Iran, *Geographical Research*, 58, 67-80, (in Farsi).
- Fujibe, F. (2008). Long-Term Changes in Precipitation in Japan, *Journal of Disaster Research*, 3(1), 51-55.
- Gallant, A.J.E., Karoly, D. J., Gleason, K. L. (2014). Consistent Trends in a Modified Climate Extremes Index in the United States, Europe, and Australia, *American Meteorological Society*, 27, 1379-1394.

- Gómez Alejandro, A.V., and Heliodoro D.C.S. (2019). Rainfall Trend Analysis in the City of Villahermosa, México. *Journal of Geological Resource and Engineering*. 9-16.
- Gong, D. Y., Shi, P. J., & Wang, J. A. (2004). Daily precipitation changes in the semi-arid region over northern China. *Journal of Arid Environments*, 59(4), 771-784.
- Hajjam, S., Y. Khoush Khou, & Shams Aldin Vandí., R. (2008). Annual and seasonal precipitation trend analysis of some selective meteorological stations in central region of Iran using non-parametric methods. *Geographical Research Quarterly*, 40(64): 157-168.
- Isabel, M., Delima, P., Marques, C.P., Joao, L.M.P., Delima, M., Fatima, E., & Coelho, S. (2005). Precipitation trends in Mainland Portugal in period 1941-2000, the fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources, Guimaraes, Portugal, 11-14.
- Jahanbakhsh, S., Rahimi Bandarabadi, S., Hosseini, A., Rezaei, S., & Khoshzaman, T. (2019). A Study of precipitation and Temperature Changes in Karkheh Basin, *Proceedings of the Fourth International Congress of Geographers of the Islamic World*, 1-9, (in Farsi).
- Jayawardene, H.K.W.I., Sonnadara, D.U.J., Jayewardene, D.R. (2005). Trends of Rainfall in Sri Lanka over the Last Century, *Sri Lankan Journal of Physics*, 6, 7-17.
- Kaviani, M. Reza., Asakereh, H. (2005). Long-term statistical study of Isfahan annual precipitation, *Research Journal of the University of Isfahan*, 1, 143-162, (in Farsi).
- Mauget, S. A., Cordero, E.C. (2014). Optimal Ranking Regime Analysis of Intra- to Multi-decadal U.S. Climate Variability. Part II: Precipitation and Stream flow, *Journal of climate*, 27, 9027-9049.
- Mir Abbasi Najafabadi, R., Dinpajoh, Y. (2012). An Analysis of Their Rational Routines in the Past, *Journal of Irrigation Engineering*, 61-73, (in Farsi).
- Mohammadi, H., M. Javari (2007). Precipitation changes of Iran. *Journal of Environmental Studies*, 32(40): 87-100.
- Mullick R. A, Nur R.M., Jahangir Alam, K.M. Ashraful Islam. (2019). Observed trends in temperature and rainfall in Bangladesh using pre-whitening approach. *Global and Planetary Change*, 104-113.
- R.S. Sayyad, K.K. Dakhore and S.V. Phad. (2019). Analysis of rainfall trend of Parbhani, Maharashtra using Mann– Kendall test, *Journal of Agrometeorology*, 21 (2), 239-240.
- Vivekanandan, N., 2007, Analysis of Trend in Rainfall Using NonParametric Statistical Methods, international symposium on rainfall rate and radio wave propagation, American institute of physics, pp. 101-113.
- Yue, S., and P. Pilon., 2004. A comparison of the power of the t-test, mann-kendall and bootstrap tests for trend detection. *Journal Hydrological Sciences*, Volume 49, Issue 1, pp 21-37.
- Yue, S., P. Pilon, and G. Cavadias., 2004. Power of the mann-kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*, Volume 259, Issues 1-4, March, pp 254-271.

Original Research Article

Detection of the spatial-temporal variations of the precipitation trend in the southeast of Iran

Ahmad mazidi^{1*}, Vahid Salamati Hormozi², Kamal Omidvar³, Gholamali Mozafari⁴

1- Associate Professor of geography department of Yazd University, Yazd, Iran

2- PhD student Climatology, University of Yazd, Yazd, Iran

3- Professor of geography department of Yazd University, Yazd, Iran

4- Associate Professor of geography department of Yazd University, Yazd, Iran

Received: 2019 November 1

Accepted: 2021 July 17

Introduction

Precipitation, as the most important climatic element, has always been studied from two perspectives of time and place. The emphasis on the time perspective determines the temporal changes, and the emphasis on the location perspective determines the spatial variation of precipitation. Since Iran is located in an arid and semi-arid region, it lacks large internal and adjacent water resources to supply moisture for its precipitation. As a result, most of its precipitation moisture must be supplied from the surrounding water levels. One of the methods that can be used to study the course of rainfall in the past and present is to analyze the trend of time series on different scales. So far, some statistical methods have been presented for the analysis of time series routines, which can be divided into two general categories including parametric and non-parametric methods. Southeastern Iran, which includes Sistan-Baluchestan, Kerman and South Khorasan provinces as well as the eastern parts of Hormozgan Province, is one of the arid regions of Iran. Restriction on water resources and annual precipitation in this part of the country has severely limited agricultural and industrial activities. The lives and deaths of the majority of people are also related to the low precipitation that falls throughout the year. Therefore, considering the lack of a comprehensive study on precipitation trends in the region, the purpose of this study is to investigate the annual and seasonal precipitation trends at stations in southeastern Iran. The results of this study can play an important role in understanding the precipitation trend in the southeast for planning of water resources management, management of unexpected events such as floods, and the optimal utilization of precipitation.

Methodology

In order to conduct this study, daily precipitation data were obtained from the synoptic stations in the southeast of the country, including the stations selected in the provinces of Hormozgan, Sistan and Baluchestan and Kerman during a 30-year period (1987-2016). Two Mann-Kendall tests and Sen's Slope Estimate are among the most common non-parametric methods of trend analysis when considering hydrometeorology. Various studies conducted with these two methods indicate the importance of their widespread use in the rapid evolution of time. Data changes are identified using the Man-Kendall method, and their type and time are specified too. The non-parametric Kendall test was proposed by Mann and then developed by Kendall (1975) based on ranking data in a time series. This method is widely used for the analysis of hydrological and meteorological series.

Results and discussion

Considering the annual, seasonal and maximum 24-hour precipitation trend diagrams, there was no intersection of the U and U' sequences above and below the significant lines, which means that the acceptance of H0 hypothesis is random. There was no significant trend (H1) variable either. Precipitation is in the southeast of Iran and, in fact, the condition is $-1.96 (t_i) < U$ or $1.96 (t_i) > U$ and has a static series.

In Sen's Slope Estimate test, the total reduction of winter precipitation slope was equal to -0.350 mm, which, based on the 95% confidence of the upper and lower slopes was -0.123 and -0.835, respectively. This was the case for 99% of the slopes. The high and low values per year were 1.604 and -2.318, respectively. For annual rainfall, summer, autumn, winter and maximum 24-hour precipitation, the test estimated a negative precipitation slope. Mann Kendall test estimate showed an annual decrease of -1.71 in precipitation in winter.

In the study of changes in the annual precipitation using Mann-Kendall test, it was observed that the annual precipitation trend in most stations in the southeast (except Bam and Chabahar) had a decreasing trend. Sen's Slope Estimate showed the highest precipitation at any given time at Bandar-Lengeh station at -4.16 mm per year. As the time series of Man-Kendall test in the seasons of the year indicated, in spring, summer and autumn, the precipitation trend in most stations decreased, but this trend was not significant in any of the stations in southeastern Iran. Only in winter, the precipitation at Bandar-Lengeh, Jask and Kish stations had decreasing trends at a 95% significance level. Sen's Slope Estimate data showed that the amount of precipitation decreased in the mentioned stations.

Conclusion

The results of using the Mann-Kendall test showed that the mean annual precipitation trends in spring, summer and autumn seasons in southeast Iran were not significantly different, and only winter precipitation had a decreasing trend. Sen's estimates of the slope indicated that the precipitation in southeastern Iran in winter was -0.350 mm per year. The annual precipitation trends at BandarAbbas, BandarLengeh, Abumousa and Kish stations at the 95%

significance level and Jask and Iranshahr stations at 90% were significant. The statistics also showed that the highest annual precipitation reduction was at the Bandar-e-Lange station at -4.16 mm per year. In spring, summer and fall, precipitation was not significant in any of the stations in the southeast of Iran, and winter precipitation in Bandar-e-Lengeh, Jask, and Kish stations had a 95% significant decrease. Based on the assessment of 24-hour rainfall variations, the above mentioned precipitation had a decreasing trend at 99.9% at BandarAbbas stations and 95% at BandarLange, Jask, Abumousa and Kish stations. According to the tests and the analyses performed in this study, what is certain is that, in all the stations in southeastern Iran, no significant positive trend was observed in annual, seasonal and maximum 24-hour rainfall at the levels of 99% and 95%; most precipitation trends were decreasing. This revealed the fact of decrease in rainfall in the southeastern climate of Iran during the years 1987 to 2016. The decrease in the annual rainfall is mostly related to -1.71 per year.

Keywords: Precipitation, Trend, Man-Kendall, Sen's Slope, Southeast of Iran