

بررسی تغییرپذیری فضایی - زمانی بارش سالانه و بیشینه بارش روزانه در غرب ایران

عاطفه میرمیردی - دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان
داریوش یاراحمدی* - دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان
حمید میرهاشمی - استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان

دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۳ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۱

چکیده

مطالعه حاضر با توجه به نقش و اهمیت بارش‌های سنگین در غرب ایران، با هدف بررسی تغییرپذیری فضایی - زمانی بارش سالانه و بیشینه بارش روزانه در منطقه غرب ایران انجام شد. بدین منظور، از داده‌های بارش شش ایستگاه سینوپتیک واقع در منطقه یادشده که از آمار بلندمدت برخوردار بودند استفاده شد. در این راستا، نخست با استفاده از تابع توزیع گامبل^۱، آستانه بارش سنگین برای هر ایستگاه تعریف، آنگاه با کاربرد آزمون گرافیکی ITA^۲ و من-کندال^۳ روند تغییرات بیشینه بارش‌های روزانه و مجموع سالانه هر ایستگاه محاسبه شد. نتایج حاصل از روش ITA نشان داد روند نایک‌نواختی در سری زمانی بارش‌های سالانه ایستگاه‌های خرم‌آباد و همدان وجود دارد. اما در ایستگاه‌های کرمانشاه، دزفول، اهواز، و آبادان روند مشخص شده در همه طبقات کاهشی و یکنواخت بود. همچنین، بیشینه بارش روزانه ایستگاه دزفول و اهواز یکنواخت و کاهشی بوده است؛ در صورتی که بارش‌های طبقه ۱۰-۵۰ میلی‌متر ایستگاه خرم‌آباد بدون روند اما بارش‌های روزانه طبقه ۵۰-۷۰ میلی‌متر روند افزایشی را نشان می‌دهند. در ایستگاه آبادان بارش‌های طبقه ۵-۴۵ بدون روند و بارش‌هایی با دوره برگشت پنجاه‌ساله روند کاهشی را نشان دادند.

واژگان کلیدی: بارش حدی، غرب ایران، گامبل، ITA

مقدمه

غلظت‌های جهانی دی‌اکسید کربن جو، متان، و نیتروژن از سال ۱۷۵۰ به بعد در نتیجه فعالیت‌های بشر روند فزاینده‌ای نسبت به مقادیر پیش‌صنعتی داشته‌اند. افزایش جهانی غلظت دی‌اکسید کربن عمدتاً به دلیل استفاده از سوخت‌های فسیلی و تغییر کاربری زمین بوده؛ در حالی که تولیدات متان و نیتروژن عمدتاً به دلیل کشاورزی است. تغییر در فراوانی گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق در هوا، تابش خورشید، و ویژگی‌های سطح زمین تعادل انرژی دستگاه اقلیم را تغییر می‌دهد (IPCC, 2007). یکی از پیامدهای مهم تغییر اقلیم تغییر در فراوانی و شدت بارش‌های حدی است. به‌واقع، می‌توان گفت در نتیجه تغییر اقلیم شدت و فراوانی بیشینه بارش‌ها در بسیاری از نقاط جهان افزایش یافته است. با این حال، نوع و شدت این تغییرات در مناطق مختلف متفاوت است (IPCC, 2012). در چند دهه اخیر تغییرات بارش توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است؛ به‌طوری‌که در چارچوب تغییرات اقلیمی، مطالعات متعددی در رابطه با روند بارندگی

Email: yarahmadi.d@lu.ac.ir

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۶۱۶۵۲۸۱

1. Gumbel Distribution
2. Innovaitive Trend Analysis
3. Man-Kendall
4. Intergovernmental Panel On Climate Change

در بیشتر نقاط دنیا انجام شده است. بخش زیادی از این پژوهش‌ها، مبتنی بر آزمون‌های پارامتری یا ناپارامتری، نظیر تحلیل رگرسیون خطی، آزمون اسپیرمن رو، آزمون شیب سن، و آزمون من- کندال بوده‌اند. به هر صورت، استفاده از این روش‌ها مستلزم برخی از پیش‌فرض‌های محدودکننده، مثل ساختار مستقل سری زمانی و نرمال بودن توزیع و طول داده‌هاست. افزون بر این، این آزمون‌ها فقط روند تغییرات میانگین سری زمانی را ارائه می‌دهند؛ در صورتی که هیچ‌گونه اطلاعاتی درباره روند تغییرات طبقه‌های مختلف سری زمانی فراهم نمی‌کنند. به هر حال، تاکنون مطالعه‌های بی‌شماری در خصوص ارزیابی روند تغییرات بارش در ایران انجام شده؛ از جمله خورشیددوست و همکاران (۱۳۹۴) با مطالعه روند تغییرات بارش- دبی زیرحوضه‌های رودخانه کرخه دریافتند که روند بارش سالانه در ایستگاه‌های شمالی و ایستگاه‌های جنوبی این حوضه به ترتیب افزایشی و کاهشی بوده است. در مقیاس فصلی نیز سری زمانی بارش در فصل‌های بهار و پاییز روند افزایشی و در زمستان روند کاهشی را نشان می‌دهند؛ در حالی که روند دبی در مقیاس سالانه و فصلی کاهش یافته است. شاکریان و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی روند تغییرات سری زمانی بارش و دبی ۷۴ ایستگاه هواشناسی و ۴۶ ایستگاه هیدرومتری واقع در حوضه کارون بزرگ با استفاده از روش TFPW-MK^۱ دریافتند که در مقیاس سالانه، ۸۲ درصد ایستگاه‌ها از روند کاهش بر خوردار بوده‌اند. در مقیاس ماهانه نیز بارش و دبی در پربارش‌ترین ماه‌های سال (دی، بهمن، و اسفند) روند کاهش را نشان می‌دهند. میرزایی حسلو و همکاران (۱۳۹۹) روند تغییر و شاخص تمرکز بارش در ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه دریاچه ارومیه را با استفاده از آزمون من- کندال، شیب سن، و آزمون من- کندال دنباله‌ای مطالعه کردند. نتایج نشان داد در میان ایستگاه‌های سینوپتیک، هفت ایستگاه بر اساس آماره آزمون من- کندال روند کاهش غیرمعنی‌دار و دو ایستگاه دارای روند افزایشی غیرمعنی‌دار بوده‌اند. بیشتر در ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه دریاچه ارومیه روند کاهش بارندگی ماهانه در ماه‌های ژانویه، نوامبر، و دسامبر و همچنین در ماه‌های مه، اوت، و سپتامبر در بیشتر ایستگاه‌ها روند افزایشی مشاهده شده است. تحلیل روند بارش فصلی نیز نشان داد که در فصل زمستان بیشتر ایستگاه‌های سینوپتیک دارای روند کاهش غیرمعنی‌دارند. رحیمی و همکاران (۱۳۹۹) به تحلیل روند سیلاب‌های حداکثر در حوضه کرخه با استفاده از روش‌های پارامتری (خط رگرسیون) و ناپارامتری (من- کندال) پرداختند. نتیجه کار آن‌ها نشان داد این حوضه دارای خشک‌سالی‌ای شدید با دوره تداوم ده‌ساله است. بارش‌های سالانه روند کاهش اما بارش‌های حداکثر روزانه در بیشتر سطح حوضه روند افزایشی را نشان دادند. تحلیل روند سیلاب‌ها نیز نشان داد که فراوانی رخداد سیلاب‌ها دارای دو دوره متفاوت بوده که بیشترین رخداد سیل در دوره ۱۳۴۵-۱۳۷۰ و کمترین رخداد سیلاب مربوط به دوره ۱۳۷۱-۱۳۹۸ است. سلیمانی (۱۴۰۰) نیز روند تغییرات برخی پارامترهای سینوپتیک را با استفاده از روش رگرسیون چندک در بابلسر برای دوره آماری ۶۲ساله به صورت فصلی و سالانه تحلیل کرد. نتایج کار او به این صورت بود که کمینه و بیشینه دما و سرعت باد در همه فصل‌های سال به صورت معنی‌دار افزایش یافته است. متغیر بارش تغییرات محسوسی در دوره ۶۲ساله نداشته است. در مقیاس سالانه بیشترین افزایش برای کمینه و بیشینه دما در چندک‌های پایینی حدی به ترتیب ۲۸/۴ و ۸۵/۲ درجه سانتی‌گراد و برای سرعت باد در چندک‌های بالایی حدی به اندازه ۲۴/۸ متر بر ثانیه بوده است. از سویی، سن در سال ۲۰۱۲ روش ITA را برای ارزیابی روند تغییرات سری‌های زمانی پیشنهاد کرد که افزون بر اینکه از قابلیت شناسایی روندهای نایک‌نواخت و حلقه‌های تغییر بر خوردار است، مقید به پیش‌فرض‌های محدودکننده آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری نیز نیست. پس از ارائه روش ITA، تاکنون مطالعات زیادی در خصوص بررسی روند سری‌های زمانی هیدرواقليمی با استفاده از این روش انجام شده است.

مرآت و کیشی (۲۰۱۵)، با مطالعه روند تغییر مجموع بارش ماهانه استان‌های ساسون، ترابزون، آنکارا، یوزگات، آدانا، و آنتالیا در ترکیه با استفاده از روش من- کندال و ITA نشان دادند که طبق آزمون روند من- کندال، ساسون، و

ترازون از روند افزایشی معناداری برخوردارند. در صورتی که استان‌های آنکارا، یوزگات، و آدانا هیچ روند آماری معناداری (سری‌های بدون روند) نشان ندادند. در حالی که ماه‌های فوریه و آوریل آنتالیا به‌ترتیب روند کاهشی و افزایش قابل‌توجهی را نشان می‌دهند. همچنین، نتایج حاصل از روش ITA در رابطه با مقادیر کم و زیاد بارش ماهانه در شش استان روند متفاوتی (افزایش، کاهش، و بدون روند) از روند من- کندال نشان داد. کالوترو و همکاران (۲۰۱۸) روند ناهنجاری‌های باران در جنوب ایتالیا را با استفاده از یک مجموعه داده بارشی ماهانه یکسان از ۵۵۹ ایستگاه باران‌سنج با بیش از پنجاه سال مشاهده با بهره‌گیری از روش ITA مطالعه کردند. نتایج مقادیر و گرایش‌های مختلف بالاترین و کمترین داده بارندگی در بین پنج منطقه مورد بررسی در تحلیل را نشان داد. در مقیاس فصلی، روند منفی به‌خصوص در پاییز در کل منطقه بررسی شده است؛ در حالی که در تابستان و بهار سیگنال‌های روند به‌خوبی تعریف نشده‌اند. از این روش به‌طور گسترده‌ای در تجزیه و تحلیل روند متغیرهای هیدرولیکی استفاده شده است. به‌عنوان مثال، کالوترو (۲۰۱۸) از این روش برای بررسی روند خشک‌سالی در نیوزلند استفاده کرد که مشخص شد مناطق کشاورزی در ضلع شرقی جزیره جنوبی و همچنین مناطق شمال شرقی جزیره شمالی آسیب‌پذیرترین مناطق‌اند. در واقع، در این مناطق، کاهش کلی در همه مقادیر SPI وجود دارد. گدفاو و همکاران (۲۰۱۸) تحلیل روند تغییرات سالانه و فصلی باران ایالت آمه‌ارا در ایتوپپی را با استفاده از روش ITA، MK، و آزمون برآورد شیب سن ارزیابی کردند. نتیجه نشان داد که روند بارندگی سالانه در ایستگاه‌های گوندرا ($Z=1.69$)، موتا ($Z=0.93$)، و باهیردار ($Z=0.07$) افزایش می‌یابد. اما در ایستگاه‌های دانگلا ($Z=-0.37$) و آدت ($Z=-0.32$) روند کاهشی را نشان داد. روند بارندگی در ماه‌های مه، ژوئن، ژوئیه، اوت، و سپتامبر در حال افزایش بود. اما در ماه‌های دیگر روند کاهشی را نشان داد. مالک و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی با عنوان «تحلیل روند مکانی- زمانی بارندگی‌های فصلی و سالانه (۱۹۶۶-۲۰۱۵)» با کاربرد روش جدید در ایستگاه‌های واقع در منطقه هیمالیای مرکزی ایالت اوتاراکنند هند پرداختند. کاربرد روش ITA روند قابل‌توجهی در چندضلعی‌های (۳۷)، (۵)، (۹)، (۴)، و (۶) در منطقه مورد مطالعه شناسایی کرد. کالوترو و همکاران (۲۰۲۰) روند بارندگی‌های فصلی و سالانه در کالابریا (جنوب ایتالیا) را با استفاده از دو روش MK و ITA بررسی کردند. در نتیجه هر دو روش روند منفی بارندگی سالانه در کل منطقه مورد مطالعه را نشان داد. در مقیاس فصلی نیز این گرایش منفی در پاییز و زمستان تأیید شده است. کالوترو (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به ارزیابی روند بارندگی در جزیره جنوبی نیوزلند با استفاده از روش ITA پرداخت. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، در مناطق جنوب غربی افزایش روند و در مناطق شمال شرقی کاهش روند وجود دارد. وانگ و همکاران (۲۰۲۰)، با استفاده از روش یادشده، بارندگی سالانه و فصلی در دلتای رودخانه یانگ تسه شرق چین را ارزیابی کردند. نتایج حاصل از کاربرد روش جدید نشان داد روند افزایشی قابل‌توجهی در سطح اطمینان ۹۹ درصد در رابطه با بارندگی سالانه در همه ایستگاه‌ها وجود دارد. در تابستان و زمستان روند افزایشی و در بهار و پاییز روند کاهشی حاکم است. روندهای متفاوتی برای بارندگی‌های شدید با روند افزایشی شدید بارندگی زیاد در تابستان و زمستان و روند کاهشی بارندگی کم در بهار و پاییز مشاهده می‌شود. مالیک و همکاران (۲۰۲۱) روند بارندگی در منطقه عسیر عربستان را با استفاده از خانواده آزمون‌های من- کندال، ITA، و تحلیل نوسانات متغیر در سی ایستگاه هواشناسی از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۷ تجزیه و تحلیل کردند. از میان این تکنیک‌ها، ITA به‌عنوان بهترین تکنیک ظاهر شد، زیرا با شناسایی روند منفی برای ۲۵ ایستگاه که از این تعداد ۱۸ ایستگاه دارای روند منفی قابل‌توجهی در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ بودند از سایر تکنیک‌ها بهتر عمل کرد.

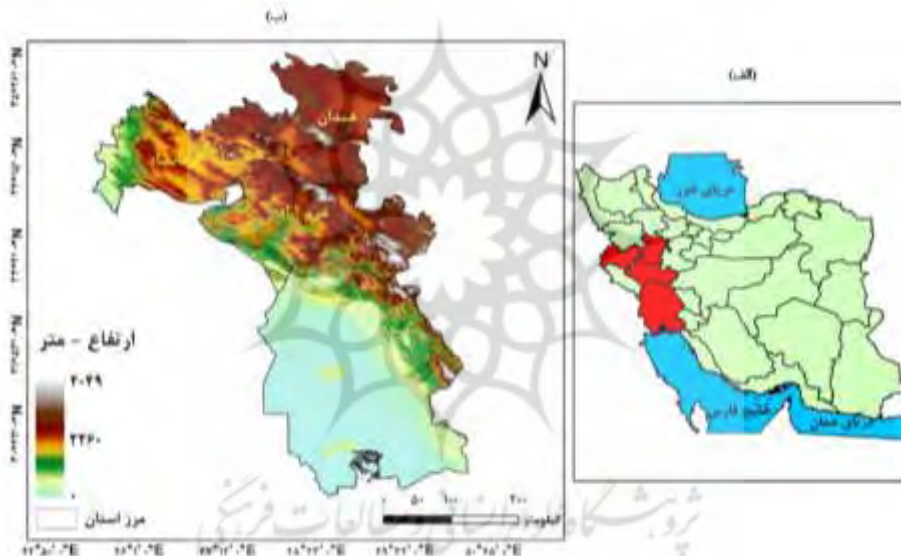
با بررسی و مطالعه بسیاری از منابع داخلی و خارجی- که برخی از آن‌ها در بالا نیز شرح داده شد- مشاهده می‌شود که در همه مطالعات داخلی انجام‌گرفته در زمینه تعیین روند پارامترهای اقلیمی از جمله بارش از روش‌های آماری

پارامتریک و ناپارامتریک مختلفی استفاده شده که این روش‌ها قادرند صرفاً روندهای یکنواخت سری زمانی را مشخص کنند. اما روش ITA افزون بر شناسایی روندهای یکنواخت این امکان را فراهم می‌کند که روندهای پنهان و نایکنواخت سری زمانی را نیز مشخص کند. بنابراین، هدف از این مطالعه شناسایی تغییرپذیری فضایی- زمانی مجموع بارش سالانه و بیشینه بارش روزانه در غرب ایران با استفاده از تابع توزیع احتمالاتی حد نهایی تیپ ۱ (گامبل)، ITA، و من- کندال است.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش بخش‌های وسیعی از نوار غربی ایران را پوشش می‌دهد. بنابراین، از یک سو برای پوشش کل منطقه و از سوی دیگر به منظور برخورداری از آمار بلندمدت بارش شش ایستگاه سینوتیک شامل ایستگاه‌های خرم‌آباد، کرمانشاه، همدان، دزفول، اهواز، و آبادان- که از آمار بلندمدت با پوشش زمانی ۱۹۶۱-۲۰۱۹ برخوردارند- به عنوان نماینده این منطقه انتخاب شدند. این منطقه از شمال به استان‌های کردستان و زنجان، از جنوب به خلیج فارس، از شرق به استان‌های مرکزی و اصفهان، و از غرب به استان ایلام و کشور عراق محدود می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱. الف) موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران، ب) پراکنندگی ارتفاعی ایستگاه‌ها

روش پژوهش

در بیشتر مطالعات انجام گرفته برای تعیین آستانه بارش‌های حدی از یک آستانه کلی همچون بارش ۳۰ میلی‌متر برای استخراج روزهای بارش سنگین استفاده شده که چندان سختی با خصوصیات آب و هواشناختی غرب ایران ندارد. زیرا چنین آستانه‌ای کلی بوده و ارتباطی با خصوصیات سری زمانی بارش ایستگاه‌های مورد نظر ندارد. حال اگر بارش حدی بارشی تلقی شود که موجب رخداد سیل می‌شود و این بارش برخاسته از خصوصیات آب و هواشناختی منطقه مورد بررسی باشد، بهتر است با اجتناب از آستانه‌های کلی، از معیارهایی برای تعیین آستانه بارش سنگین استفاده شود که از سری زمانی بارش استخراج شده‌اند. زیرا چنین آستانه‌ای با احتساب به خصوصیات بارشی منطقه مورد نظر- که مبتنی بر آب و هوای آن است- تعریف خواهند شد. روش پایه صدک و روش‌های مبتنی بر توزیع‌های احتمالاتی از جمله روش‌هایی هستند که با اتکا بر سری زمانی بارش هر ایستگاه، آستانه‌های مورد نظر را معین می‌کنند. در این مطالعه در راستای نیل به هدف تعریف شده، نخست از روش پایه صدک‌ها استفاده شد. از آنجا که انتخاب مقدار آستانه پایه صدک (۹۰م، ۹۵م،

و ۱۹۹م و ... سلیقه‌ای بوده و چندان بازتاب‌کننده شدت- فراوانی رخداد بارش سنگین نیست، برای ارائه معیاری که به‌طور هم‌زمان از یک سو برآیند شدت- فراوانی رخداد باشد و از سوی دیگر مبتنی بر توزیع سری زمانی داده‌های بارش باشد، از تابع توزیع احتمالاتی حد نهایی تیپ ۱ (گامبل) به شرح ذیل برای تعیین آستانه بارش سنگین ایستگاه‌های منتخب غرب ایران استفاده شد. به این منظور، داده‌های روزهای بارشی مربوط به شش ایستگاه سینوپتیک غرب کشور که از آمار بلندمدت (۱۹۶۱-۲۰۱۹) برخوردار بودند از سازمان هواشناسی اخذ شد. آنگاه به‌منظور آگاهی از احتمال رخداد بیشینه بارش روزانه طی دوره‌های برگشت دو تا صدساله از تابع توزیع حد نهایی تیپ ۱، که تابع توزیع گامبل نیز نامیده می‌شود، استفاده شد و بر اساس آن آستانه بارش سنگین طبق رابطه ۱ برای منطقه تعریف شد.

$$Rain_T = a + b * u \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه u متغیر کوچک‌شده، a پارامتر مکان، و b پارامتر زمان گامبل است. با کاربرد پارامترهای مکان، مقیاس، و متغیر کوچک‌شده، معادله خطی توزیع گامبل بیشینه بارش روزانه برای همه ایستگاه‌های مورد نظر در رابطه ۱ تدوین یافت. با استفاده از این معادله، مقادیر بیشینه بارش روزانه طی دوره‌های برگشت ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال محاسبه شد.

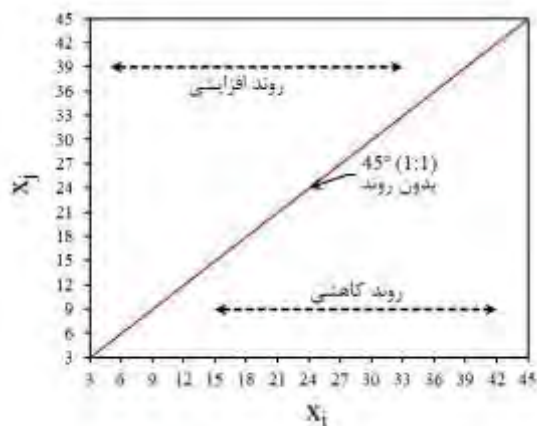
آزمون گرافیکی ITA

در خصوص تحلیل روند، روش‌های پارامتریک شامل تحلیل رگرسیون خطی و روش‌های ناپارامتریک همچون آزمون من- کندال، تخمینگر شیب سین، و آزمون رو اسپیرمن وجود دارد که از آن‌ها در پژوهش‌های متعددی برای پیگیری روند تغییرات سری‌های زمانی استفاده شده است. با وجود این، استفاده از روش‌های یادشده همراه با محدودیت است. چنان‌که کاربرد روش‌های پارامتریک مستلزم این است که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار بوده و فاقد همبستگی سریالی باشند. همچنین، روش‌های ناپارامتریک همچون من- کندال، علاوه بر محدودیت نسبت به تصادفی‌بودن سری زمانی، فقط قادر به شناسایی روندهای یکنواخت در سری‌های زمانی‌اند. در صورتی که برای درک بهتر روند تغییرات سری‌های زمانی و مدیریت بهینه مبتنی بر آن ضرورت دارد افزون بر شناسایی روندهای یکنواخت، روندهای جداگانه مقادیر کم، متوسط، و بیشینه داده‌ها- که به‌صورت روندهای نایکنواخت در سری‌های زمانی تجلی پیدا می‌کنند- نیز شناسایی شوند. در این خصوص، اخیراً روش ITA توسط سن ارائه شده که برای سری‌های زمانی گوناگون به‌طور موفقیت‌آمیزی به‌کار رفته است. این روش، به‌رغم سادگی، نیاز به هیچ‌گونه پیش‌فرضی نداشته و از قابلیت بیشتری نسبت به روش‌های یادشده برخوردار است. چنان‌که این روش قادر است، علاوه بر روندهای یکنواخت، روندهای پنهان و روندهای داخلی را در سری‌های زمانی شناسایی کند. بنابراین، در این مطالعه برای شناسایی روندهای یکنواخت و نایکنواخت موجود در بیشینه بارش‌های روزانه و مجموع سالانه غرب کشور از روش ITA استفاده شد. اجرای این روش به‌ترتیب ذیل انجام شد.

نخست سری زمانی داده‌های سالانه و ماهانه (n) به دو زیرسری برابر شامل (x_i) و (x_j) تقسیم شد (رابطه ۱). آنگاه این دو سری زمانی به‌صورت صعودی مرتب شد.

$$x_i: i = \left(1, 2, \dots, \frac{n}{2}\right) \quad x_j: j = \left(\frac{n}{2} + 1, \frac{n}{2} + 2, \dots, n\right) \quad \text{رابطه ۲}$$

در گام بعدی، این دو زیرسری زمانی در یک دستگاه مختصات کارتزین به‌صورت x_i بر محور x و x_j بر محور y نگاشته شدند (شکل ۲). اگر این دو زیرسری برابر باشند، پراکندگی نقاط در امتداد یک خط 45° تجمع پیدا می‌کنند که این عدم روند را در سری زمانی نشان می‌دهد. اگر نقاط در بالای (زیر) خط 45° متمرکز شوند، نشان از روند افزایشی (کاهشی) سری زمانی دارد.



شکل ۲. تشریح گرافیکی روش ITA

در صورتی که نقاط هم در بالا هم در زیر خط 45° واقع شوند، مشخص می‌شود که روند تغییر سری زمانی یکنواخت نیست و ترکیبی از روندهای مختلف در سری زمانی وجود دارد (سین، ۲۰۱۲: ۱۰۴۲ و ۲۰۱۴: ۲۰۳۵).

یافته‌ها و بحث

پس از مشخص کردن آستانه‌های بارش سنگین، برای سنجش اعتبار این محاسبات و دستیابی به معیار بهینه‌ای از تناسب بیشینه بارش روزانه با توزیع گامبل، مقادیر بیشینه بارش روزانه در مقابل متغیر کوچک‌شده تابع توزیع گامبل ترسیم شدند. ارزیابی این نمودار خطی بودن نتایج این فرایند را نشان می‌دهد (شکل ۳). روشن است که با افزایش دوره برگشت، مقدار بیشینه بارش روزانه نیز افزایش پیدا می‌کند، اما شدت افزایش متغیر کوچک‌شده که تأثیر زیادی در افزایش بارش دارد با افزایش دوره برگشت کاهش می‌یابد. بنابراین، می‌توان گفت شدت افزایش بارش در دوره‌های برگشت زیاد کمتر از دوره‌های برگشت کم است (جدول ۱). در این مطالعه، همچنین، با کاربرد روش صدک‌ها (جدول ۲) بر روی روزهای بارشی با آستانه کمینه ۱ میلی‌متر، آستانه بارش سنگین برای همه ایستگاه‌ها محاسبه شد. به‌طور نمونه، آستانه بارشی به‌دست‌آمده از سری زمانی بارش ایستگاه خرم‌آباد بر اساس صدک ۹۵ و ۹۹ به ترتیب به مقدار ۲۹ و ۴۴ میلی‌متر و بر اساس روش انحراف معیار به مقدار ۱۹ میلی‌متر به‌دست آمد که بسیار متفاوت از آستانه ۳۰ میلی‌متر است.

جدول ۱. شاخص بیشینه بارش روزانه برای دوره‌های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال

بارش روزانه (میلی‌متر)						متغیر کوچک‌شده (U)	فراوانی تابع تجربی F(x)	دوره برگشت (T)
آبادان	اهواز	دزفول	کرمانشاه	همدان	خرم‌آباد			
۲۵,۰۸	۳۱,۶۳	۴۵,۳۱	۳۶,۱۸	۲۶,۵۴	۴۲,۸۰	۰,۳۶۷	۰,۵	۲ سال
۳۷,۰۱	۴۳,۶۲	۶۴,۱۴	۴۹,۰۲	۴۱,۰۷	۵۷,۵۵	۱,۵	۰,۸	۵ سال
۴۴,۹۱	۵۱,۵۵	۷۶,۶۰	۵۷,۵۳	۵۰,۶۹	۶۷,۳۲	۲,۲۵	۰,۹	۱۰ سال
۴۹,۳۷	۵۶,۰۳	۸۳,۶۳	۶۲,۳۳	۵۶,۱۱	۷۲,۸۳	۲,۶۷	۰,۹۳	۱۵ سال
۵۲,۴۹	۵۹,۱۷	۸۸,۵۵	۶۵,۶۹	۵۹,۹۱	۷۶,۶۹	۲,۹۷	۰,۹۵	۲۰ سال
۵۴,۸۹	۶۱,۵۸	۹۲,۳۵	۶۸,۲۷	۶۲,۸۴	۷۹,۶۶	۳,۲	۰,۹۶	۲۵ سال
۶۲,۲۹	۶۹,۰۲	۱۰۴,۰۳	۷۶,۲۵	۷۱,۸۵	۸۸,۸۲	۳,۹	۰,۹۸	۵۰ سال
۶۹,۶۴	۷۶,۴۰	۱۱۵,۶۲	۸۴,۱۶	۸۰,۸۰	۹۷,۹۱	۴,۶	۰,۹۹	۱۰۰ سال

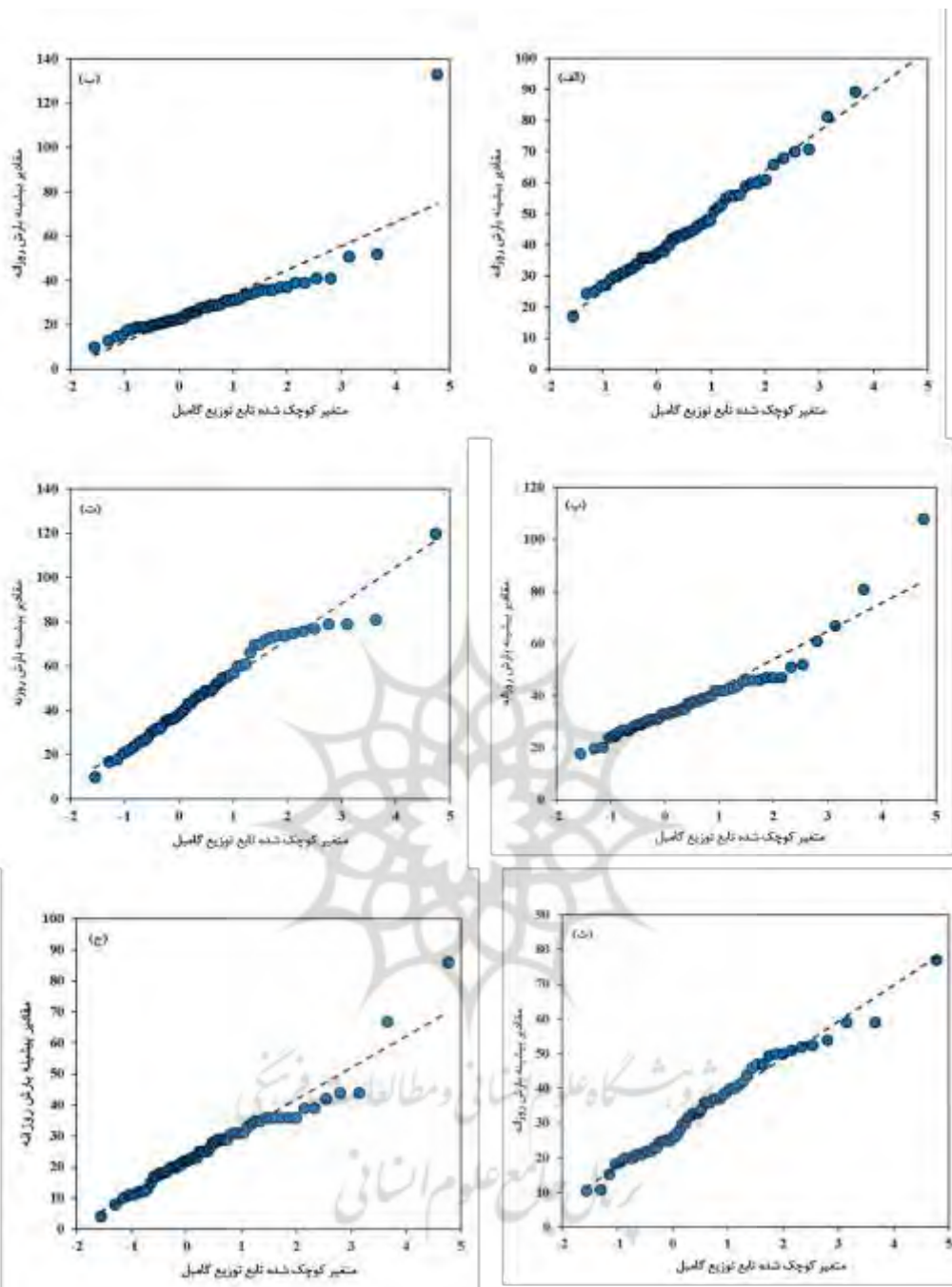
جدول ۲. فراوانی و رخداد بارش‌های غرب ایران بر اساس آستانه صدکی

ایستگاه	صدک ۹۵	تعداد روزهای بالای صدک	صدک ۹۹	تعداد روزهای بالای صدک	تعداد روزهای میانگین + انحراف معیار	تعداد روزهای بالاتر از میانگین و انحراف معیار
خرم‌آباد	۲۹	۱۶۱	۴۶	۳۲	۱۴۹	۴۳۲
همدان	۱۸	۱۶۳	۳۰	۳۲	۳۲	۳۳۵
کرمانشاه	۲۴	۱۷۶	۳۹	۳۲	۹۷	۳۸۵
دزفول	۳۲	۹۷	۶۰	۲۰	۱۲۶	۲۴۳
اهواز	۲۷	۷۳	۴۶	۱۵	۶۱	۲۰۰
آبادان	۲۱	۷۰	۳۶	۱۷	۲۹	۱۵۰

ویژگی‌های بارش سنگین هر ایستگاه در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که واضح است، به‌طور متوسط بارش‌های بیش از ۳۷ میلی‌متر در منطقه غرب کشور بارش سنگین محسوب می‌شود. میزان شاخص بارش سنگین در بین ایستگاه‌های منطقه تا حدودی با هم متفاوت است و نوسان آن می‌تواند شدت بارش‌های رخ داده در سطح ایستگاه‌ها را در طول دوره مطالعاتی نشان دهد. شاخص بارش سنگین ایستگاه دزفول از سایر ایستگاه‌ها بیشتر است. این موضوع بیان‌کننده شدت بالای بارش‌های روزانه در این ایستگاه است. به‌واقع، ایستگاه دزفول از پتانسیل بیشتری برای بارش‌های سنگین‌تر برخوردار است.

جدول ۳. شاخص‌های بارش سنگین و تعداد رخداد آن‌ها در ایستگاه‌های منتخب غرب ایران

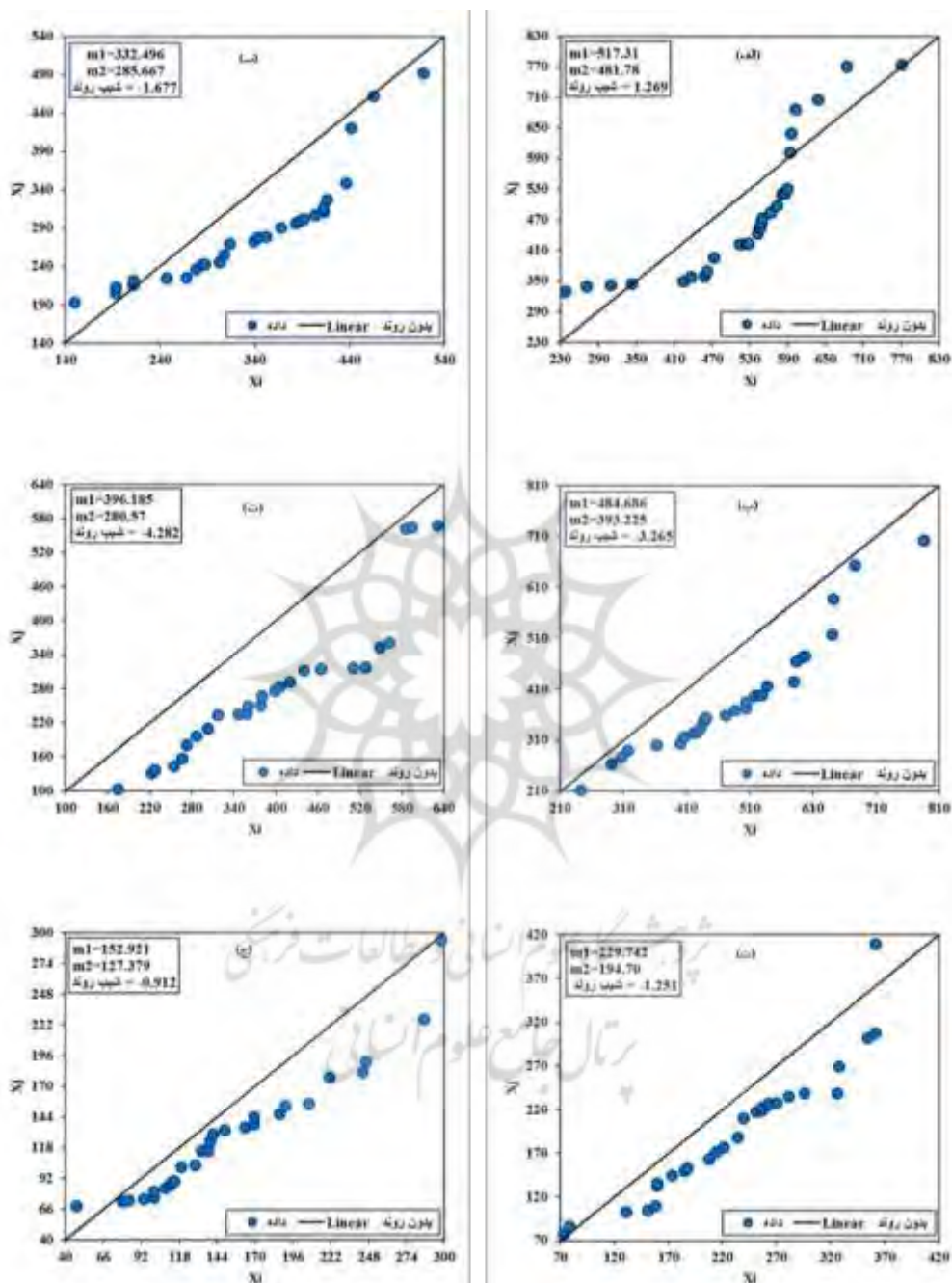
ایستگاه	شاخص بارش سنگین	تعداد روزهای بارش سنگین	تعداد سال آماری
خرم‌آباد	۴۵	۳۷	۵۹
همدان	۲۹	۳۷	۵۹
کرمانشاه	۳۸	۳۷	۵۹
دزفول	۴۹	۳۹	۵۹
اهواز	۳۴	۳۷	۵۹
آبادان	۲۷	۴۰	۵۹
میانگین ایستگاه‌ها	۳۷	۲۲۷	۵۹



شکل ۳. نمودار پراکندگی بیشینه سالانه بارش در مقابل متغیر کوچک شده توزیع گامبل: الف) ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد، ب) همدان، پ) کرمانشاه، ت) دزفول، ث) اهواز، ج) آبادان

به منظور تحلیل روند و تعیین رفتار مجموع بارش‌های سالانه و بیشینه بارش روزانه در غرب کشور از روش ITA استفاده شد. در این راستا سری زمانی به دو زیرسری تقسیم شد. به این ترتیب، برای نیل به هدف مورد نظر نمودار زاویه ۴۵ درجه برای همه ایستگاه‌ها ترسیم شد. با توجه به مجموع بارش سالانه، به جز در ایستگاه خرم‌آباد که روند مثبتی در طبقه پایینی و بالایی مشاهده شد. در سایر ایستگاه‌ها (همدان، دزفول، کرمانشاه، اهواز، و آبادان) روند منفی دیده شد. در واقع، بارش‌های ایستگاه خرم‌آباد روند نایکنواختی را نشان می‌دهند؛ به طوری که از منظر روند تغییرات در سه طبقه بارشی قرار گرفته‌اند. طبقه ۴۳۰ تا ۶۵۰ و طبقه بیش از ۶۵۰ و طبقه کمتر از ۴۳۰، بارش‌های طبقه میانی که فراوانی

بیشتری از سال‌های بارش را به خود اختصاص داده‌اند، از روند کاهشی برخوردارند؛ در صورتی که طبقه پایینی و بالایی بارش‌ها روند افزایشی را تجربه کرده‌اند. مقدار بارش‌های ۲۳۰-۳۵۰ میلی‌متر و بیش از ۶۳۰ میلی‌متر روند افزایشی دارند و در بارش‌های ۴۳۰-۶۳۰ میلی‌متر روند کاهشی وجود دارد (شکل ۴-الف).



شکل ۴. نمودار ITA بارش سالانه: (الف) ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد، (ب) همدان، (پ) کرمانشاه، (ت) دزفول، (ث) اهواز، (ج) آبادان

در رابطه با ایستگاه همدان بارش‌های بین ۲۴۰ تا ۴۴۰ میلی‌متر از روند معناداری برخوردارند. روند این طبقه بارشی کاهشی است. بارش‌هایی که در کران بالایی و پایینی این طبقه بارشی قرار دارند روند معناداری را نشان نمی‌دهند (شکل ۴-ب). در ایستگاه‌های کرمانشاه، دزفول، اهواز، و آبادان روند مشخص شده در همه مقادیر حاکی از روند کاهشی

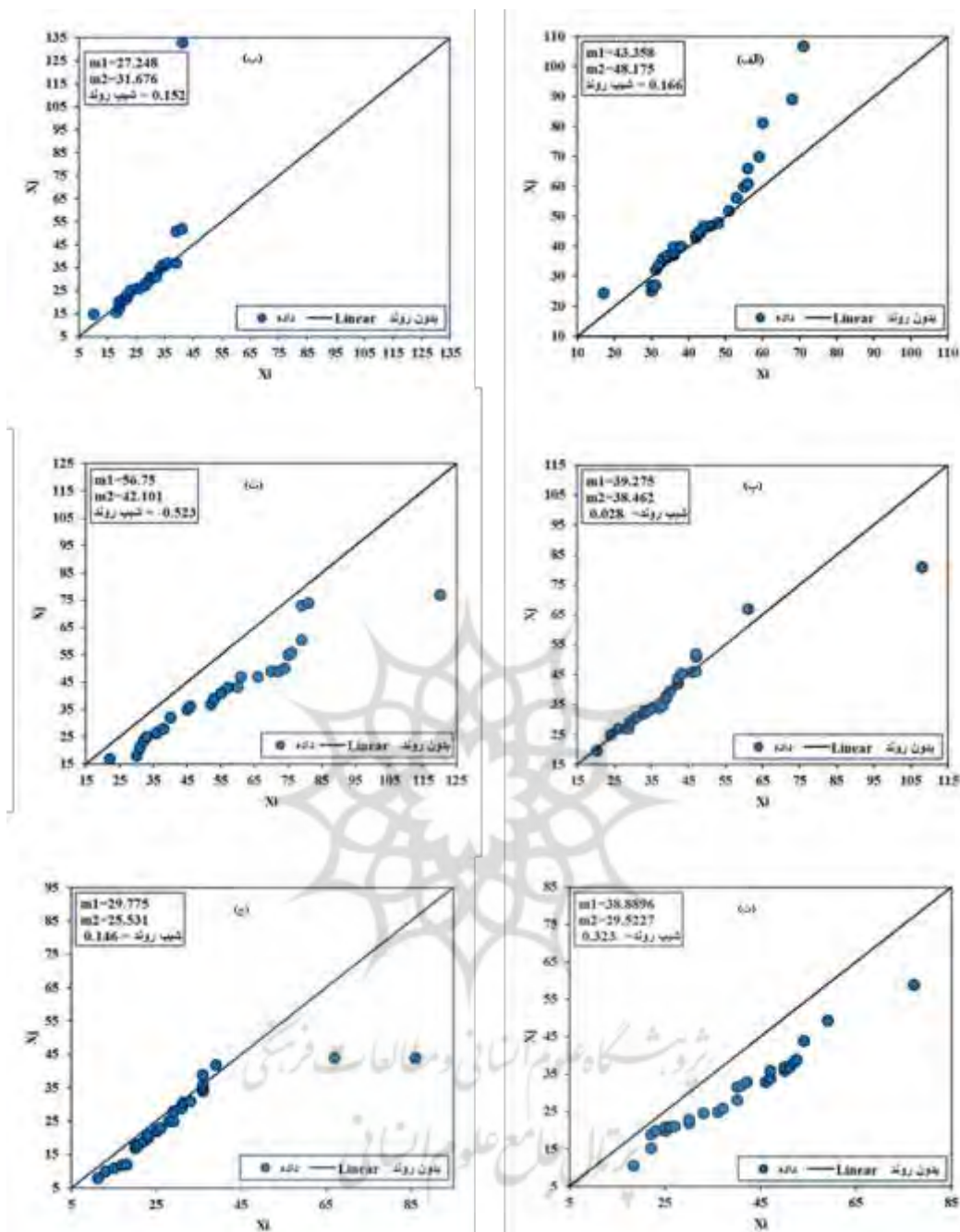
یکنواخت و معنادار (شکل ۱- پ تا ج) بود، ولی در خرم‌آباد روند نایکنواخت بود. همچنین، مقدار شیب برای ایستگاه خرم‌آباد ۱/۲۶۲-، ایستگاه همدان ۱/۶۷۷-، کرمانشاه ۳/۲۶۵-، دزفول ۴/۲۸۲-، اهواز ۱/۲۵۱- و آبادان ۰/۹۱۲- درصد محاسبه شد.

نتایج به‌دست‌آمده از روش ITA با روش MK مقایسه شده است (جدول ۴). کاربرد روش من- کندال بر روی مجموع بارش سالانه منطقه مورد بررسی نشان داد روند این بارش‌ها در همه ایستگاه‌ها کاهش یافته و در خرم‌آباد، همدان، کرمانشاه، و دزفول در سطح ۹۵ درصد معنادار است.

جدول ۴. روند بارش‌های سالانه ایستگاه‌های منتخب غرب کشور بر اساس آزمون روند MK

ایستگاه	خرم‌آباد	همدان	کرمانشاه	دزفول	اهواز	آبادان
	-۲,۰۲۸	-۲,۱۱۳	-۲,۹۷۵	-۳,۵۶۶	-۱,۶۷۵	-۱,۷۵۹

در خصوص کاربرد این روش برای بیشینه بارش‌های روزانه گامبل نتایج نشان داد، در ایستگاه خرم‌آباد، طبقه بارش‌های ۱۰-۵۰ میلی‌متر بدون روند و طبقه ۵۰-۷۰ میلی‌متر با شیب ۰/۱۶۶ درصد روند افزایشی را طی می‌کنند. بنابراین، اگرچه روند کلی بارش‌های بیشینه روزانه در ایستگاه خرم‌آباد چندان معنادار نیستند، طبقه فوقانی بارش‌های سنگین در خرم‌آباد روند افزایشی پیدا کرده‌اند. این دستاورد از دو منظر حائز اهمیت است: ۱. بارش‌هایی با دوره برگشت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، و ۲۵ ساله افزایش یافته‌اند و بارش‌هایی با دوره برگشت دوساله بدون روند بوده‌اند؛ ۲. آستانه بارش سنگین خرم‌آباد نیز بدون روند بوده و تغییری پیدا نکرده است (شکل ۵- الف). در رابطه با ایستگاه‌های همدان و کرمانشاه آنچه از تفسیر گرافیک‌ها حاصل شد نشان داد که بارش‌های این ایستگاه‌ها به‌طور کلی بدون روند بودند، اما می‌توان گفت اگرچه بارش‌های طبقه پایین و میانی این ایستگاه‌ها بدون روندند، بارش‌های طبقه فوقانی در ایستگاه همدان افزایشی است و در ایستگاه کرمانشاه روند کاهش را نشان داد. همچنین، مشخص شد که در آستانه بارش سنگین این دو ایستگاه تغییری ایجاد نشده است (شکل ۵- ب و پ). نتایج بر روی ایستگاه دزفول و اهواز از روند کاهش بارش‌ها در این مناطق حکایت داشت (شکل ۵- ت و ث). در ایستگاه آبادان هم بارش‌های ۵-۴۵ میلی‌متر بدون روند و ۶۵-۹۵ میلی‌متر با شیب ۰/۱۴۶۳- روند کاهش دارند. به این معنی که در آبادان بارش‌هایی با دوره برگشت پنجاه‌ساله روند کاهش را طی می‌کنند، اما آستانه بارش سنگین آن بدون روند است (شکل ۵- ج). به‌صورت کلی، آنچه از مقایسه گرافیک‌ها حاصل شد، نشان داد که بیشینه بارش‌های روزانه منطقه غرب ایران به‌جز خرم‌آباد روند کاهش را طی می‌کنند و در آستانه بارش‌های سنگین این منطقه به‌جز دزفول و اهواز، که روند کاهش داشتند، در سایر ایستگاه‌ها تغییری ایجاد نشده است.



شکل ۵. نمودار ITA بیشینه بارش روزانه: الف) ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد، ب) همدان، پ) کرمانشاه، ت) دزفول، ث) اهواز، ج) آبادان

در رابطه با بیشینه بارش‌های روزانه گامبل هم نتایج MK روند منفی (کاهش) را در ایستگاه‌های همدان، کرمانشاه، اهواز، و آبادان و روند مثبت (افزایشی) در خرم‌آباد و همدان را نشان داد، اما روند صرفاً در ایستگاه اهواز در سطح ۹۵ درصد معنادار بود و من - کندال روند معناداری برای مابقی ایستگاه‌ها نشان نمی‌دهد (جدول ۵).

جدول ۵. روند بیشینه بارش‌های گامبل غرب کشور بر اساس آزمون روند MK

ایستگاه	خرم‌آباد	همدان	کرمانشاه	دزفول	اهواز	آبادان
	۰٫۶۹۳	۰٫۸۵۱	-۰٫۰۶۷	-۲٫۰۳۵	-۱٫۹۶۵	-۱٫۰۷۳

مقایسه بین روش ITA و MK، که در این مطالعه انجام شده، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا در طی سال‌های اخیر- همان‌طور که در بخش مقدمه نیز اشاره شد- بنا به دلایلی که در رابطه با گرمایش جهانی و بحث تغییر اقلیم مطرح است، برنامه‌های گوناگونی برای تحلیل و ارزیابی روند انجام شد. در مطالعه حاضر، برخی از نتایج متضاد از مقایسه روش ITA و MK حاصل شده است. این مسئله نشان از مزیت روش یادشده نسبت به دیگر آزمون‌های بررسی روند دارد. به‌طور نمونه، در حالی که آزمون من- کندال بر روی ایستگاه خرم‌آباد روند کاهشی معناداری در مجموع بارش سالانه این ایستگاه نشان داد، روش سین روند متفاوت‌تری (همان‌طور که در بالا ذکر شد) نسبت به این روش نشان داد. در واقع، بر اساس ITA مشخص شد مجموع بارش‌های خرم‌آباد دارای روند نایک‌نواخت بوده که به سه طبقه تقسیم شد و طبقه بارشی ۴۳۰ تا ۶۵۰ روند کاهشی، طبقه کمتر از ۴۳۰، و بیشتر از ۶۵۰ روند افزایشی را در این ایستگاه نشان داد. همچنین، من- کندال نشان داد ایستگاه همدان دارای روند منفی در مجموع بارش سالانه بوده، اما ITA نشان داد فقط بارش‌های طبقه ۲۴۰ تا ۴۴۰ میلی‌متر روند کاهشی داشته‌اند و طبقه کمتر از ۲۴۰ و بیشتر از ۴۴۰ بدون روند بوده‌اند. همین‌طور در رابطه با روند بیشینه بارش روزانه من- کندال نشان داد ایستگاه آبادان دارای روند منفی بوده، اما طبق ITA بارش‌های طبقه ۵ تا ۴۵ بدون روند، طبقه ۶۵ تا ۹۵ روند کاهشی، و بارش‌هایی با دوره برگشت پنجاه‌ساله روند کاهشی را طی می‌کنند. در واقع، جزئیاتی که از طریق این روند در خصوص طبقه‌های بارش در مقیاس‌های مختلف ارائه می‌شود جنبه‌ای متفاوت نسبت به آزمون من- کندال دارد. در مجموع، آنچه از نتیجه پژوهش انجام‌شده استنباط می‌شود مبین آن است که در منطقه تحت بررسی به‌جز قسمت غرب آن (خرم‌آباد و همدان)- که روند افزایشی دارند- در سایر نقاط روند کاهشی و منفی مشاهده شد. می‌توان گفت که نتیجه این پژوهش با مطالعاتی که مظفری و شفیعی (۱۳۹۵: ۷۷) و جهان‌بخش اصل و همکاران (۱۳۹۹: ۸۹) در خصوص این منطقه انجام داده‌اند مطابقت دارد و همه این مطالعات نشان از وجود روند کاهشی در بیشتر نواحی منطقه غرب ایران به‌ویژه جنوب و شرق آن دارد.

در مجموع، هدف از این پژوهش بررسی تغییرپذیری فضایی- زمانی بارش سالانه و بیشینه بارش روزانه در منطقه غرب ایران بود. به این جهت، نخست از داده‌های روزانه بارش شش ایستگاه سینوپتیک غرب کشور شامل ایستگاه‌های خرم‌آباد، همدان، دزفول، کرمانشاه، اهواز، و آبادان طی بازه زمانی ۵۹ ساله (۱۹۶۱-۲۰۱۹) استفاده شد. سپس، در راستای تعیین آستانه بیشینه بارش‌های روزانه طی دوره‌های برگشت ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله از شاخص آماری گامبل استفاده شد. در نهایت، پس از بررسی منابع مختلف، که در بیشتر آن‌ها برای بررسی روند از روش‌های آماری پارامتریک و ناپارامتریک مختلفی استفاده شده است، از روش ITA که در سال ۲۰۱۲ توسط سن ارائه شده و MK استفاده شد. بارزترین خصوصیت روش ITA نسبت به دیگر آزمون‌های ناپارامتریک شناسایی روندهای داخلی و پنهان سری زمانی تحت عنوان روندهای نایک‌نواخت است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، آستانه بارشی غرب ایران بر مبنای آستانه گامبل ۴۹ میلی‌متر به‌دست آمد که بیشترین آن با آستانه ۴۹ میلی‌متر مربوط به ایستگاه دزفول و کمترین آن با مقدار ۲۹ میلی‌متر مربوط به ایستگاه آبادان بود. در نهایت، برای بررسی روند بارش‌های سالانه و روزانه از دو آزمون ITA و من- کندال استفاده شد. نتایج حاصل از روش ITA مبین آن بود که در مقیاس سالانه روند نایک‌نواختی در بارش‌های خرم‌آباد حاکم است؛ به‌گونه‌ای که از نظر روند تغییرات در سه طبقه بارشی قرار گرفتند. بارش‌های طبقه میانی این ایستگاه، که از فراوانی بیشتری نسبت به بقیه طبقات برخوردار بودند، روند کاهشی را نشان دادند؛ در صورتی که بارش‌های طبقه فوقانی و پایینی دارای روند کاهشی بودند. در ایستگاه همدان، بارش‌های طبقه میانی روند کاهشی معناداری را نشان دادند، اما در طبقه پایینی و بالایی روند معناداری مشاهده نشد. در ایستگاه‌های کرمانشاه، دزفول، اهواز، و آبادان روند مشخص‌شده در همه طبقات روند کاهشی و

یکنواخت بود. در مقیاس روزانه نیز نتایج نشان داد بارش‌های طبقه ۱۰-۵۰ میلی‌متر ایستگاه خرم‌آباد بدون روند و طبقه ۵۰-۷۰ میلی‌متر روند افزایشی را طی می‌کنند. همچنین، مشخص شد که بارش‌هایی با دوره برگشت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، و ۲۵ ساله این ایستگاه روند افزایشی و بارش‌هایی با دوره برگشت دوساله بدون روندند. در ایستگاه آبادان بارش‌های طبقه ۵-۴۵ بدون روند، طبقه ۶۵-۹۵، و همچنین بارش‌هایی با دوره برگشت ۵۰ ساله روند کاهشی را نشان دادند. در ایستگاه‌های دزفول و اهواز روند مشخص شده در کلیه طبقات روند کاهشی بود. در ایستگاه‌های همدان و کرمانشاه به‌طور کلی روند خاصی (بدون روند بودند) مشاهده نشد، اما به‌صورت جزئی‌تر می‌توان گفت روند بارش‌های طبقه فوقانی ایستگاه همدان افزایشی و در ایستگاه کرمانشاه کاهشی بود. در بررسی روند آستانه‌های بارش سنگین منطقه نیز بیشتر ایستگاه‌ها بدون روند و فقط دو ایستگاه اهواز و دزفول دارای روند منفی بودند. همچنین، در بررسی روند این بارش‌ها با استفاده از آزمون من-کندال نتایج نشان داد، در مقیاس سالانه، همه ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی بوده که این روند در ایستگاه‌های خرم‌آباد، همدان، کرمانشاه، و دزفول در سطح ۹۵ درصد معنادار است. در مقیاس روزانه، ایستگاه‌های همدان، کرمانشاه، اهواز، و آبادان روند منفی و ایستگاه‌های خرم‌آباد و همدان روند مثبت در میزان بارش نشان دادند. اما این روند فقط در ایستگاه اهواز در سطح ۹۵ درصد معنادار بود. در نهایت، نتایج به‌دست آمده از ITA با نتایج حاصل شده از MK مقایسه شد. نتایج حاصل از آزمون من-کندال نیز تا حدودی با نتایج ITA مطابقت داشت؛ به این صورت که روش ITA اطلاعات کامل‌تری در مقایسه با آزمون MK ارائه می‌دهد و دارای مزیت‌هایی است. همچنین، مقدار شیب روند برای همه ایستگاه‌ها نیز محاسبه شده که امکانی برای مقایسه ایجاد می‌کند. در واقع، وقتی روند نایکنواختی در سری زمانی وجود دارد آزمون MK روند را غیرمعنادار نشان می‌دهد. اما روش ITA چنین روندهای نایکنواختی را کشف و شناسایی می‌کند و اطلاعات پنهان سری زمانی را در دسترس قرار می‌دهد.

منابع

- جهان بخش اصل، س.؛ ساری صراف، ب.؛ عساکره، ح. و شیرمحمدی، س. (۱۳۹۹). واکاوی تغییرات زمانی- مکانی بارش‌های بحرانی (فرین بالا) در غرب ایران طی سال‌های ۱۹۶۵-۲۰۱۶، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۱۷(۱): ۸۹-۱۰۶.
- خورشیددوست، ع. م.؛ رضایی بنفشه، م.؛ میرهاشمی، ح. و کاکولوند، ی. (۱۳۹۴). بررسی روند تغییرات بارش- دبی زیرحوضه‌های رودخانه کرخه با استفاده از روش‌های ناپارامتریک مطالعه موردی: حوضه آبریز کشکان، علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی)، ۳۸(۴): ۱۷۷-۱۸۸.
- رحیمی، د.؛ خوشحال دستجردی، ج. و رحیمی، د. (۱۳۹۹). تحلیل روند سیلاب‌های حداکثر در حوضه کرخه، مجله علمی- پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، ۹(۲۶): ۴۳-۵۸.
- سلیمانی، ک. (۱۴۰۰). تحلیل روند تغییرات برخی پارامترهای سینوپتیک با استفاده از روش رگرسیون چندک در بابلسر، نشریه علمی- پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۱ (۳): ۲۳۶-۲۵۲.
- شاکریان، س.؛ ترابی پوده، ح.؛ شاهی نژاد، ب. و نقوی، ح. (۱۳۹۸). بررسی روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه‌های حوضه کارون بزرگ با استفاده از روش TFPW - MK، تحقیقات منابع آب ایران، ۱۵ (۳): ۲۷۲-۲۸۲.
- مظفری، غ. و شفیع، ش. (۱۳۹۵). واکاوی زمانی- مکانی بارش‌های حدی مناطق غرب ایران، فصل‌نامه جغرافیای سرزمین، ۱۳ (۵۲): ۷۷-۹۴.
- میرزایی حسنلو، ا.؛ عبقری، ه. و عرفانیان، م. (۱۳۹۹). تحلیل روند بارندگی و شاخص تمرکز بارش در ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه دریاچه ارومیه، فصل‌نامه جغرافیا و توسعه، ۱۸ (۵۹): ۲۱-۴۰.
- Ay, M. and Kisi, O. (2015). Investigation of trend analysis of monthly total precipitation by an innovative method. *Theoretical and Applied Climatology*, 120 (3-4): 617-629.
- Caloiero, T. (2018). SPI trend analysis of New Zealand applying the ITA technique. *Geosciences*, 8 (3): 101.
- Caloiero, T. (2020). Evaluation of rainfall trends in the South Island of New Zealand through the innovative trend analysis (ITA). *Theoretical and Applied Climatology*, 139 (1-2): 493-504.
- Caloiero, T.; Coscarelli, R. and Ferrari, E. (2020). Assessment of seasonal and annual rainfall trend in Calabria (southern Italy) with the ITA method. *Journal of Hydroinformatics*, 22 (4): 738-748.
- Caloiero, T.; Coscarelli, R. and Ferrari, E. (2018). Application of the innovative trend analysis method for the trend analysis of rainfall anomalies in southern Italy. *Water Resources Management*, 32(15): 4971-4983.
- Gedefaw, M.; Yan, D.; Wang, H.; Qin, T.; Girma, A.; Abiyu, A. and Batsuren, D. (2018). Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall variability in Amhara regional state, Ethiopia. *Atmosphere*, 9(9): 326.
- IPCC (2007). Climate Change 2007: Climate Change impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. *Summary for Policymakers*, 23: 2-18.

- IPCC (2012). Summary for Policymakers. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 1-19.
- Jahanbakhsh Asl, S.; Sari Sarraf, B.; Askareh, H. and Shirmohammadi, S. (2020). Analysis of temporal-spatial changes of critical rainfall (Farin Bala) in western Iran during 1965-2016, *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 7 (1): 89-106.
- Khorshid Doost, A. M.; Rezaei Banafsheh, M.; Mirhashemi, H. and Kakulund, Y. (2016). Investigation of precipitation-discharge changes under Karkheh river basins using non-parametric methods Case study: Kashkan catchment, *Irrigation Science and Engineering Scientific Journal of Agriculture*, 38 (4): 177-188.
- Malik, A.; Kumar, A.; Guhathakurta, P. and Kisi, O. (2019). Spatial-temporal trend analysis of seasonal and annual rainfall (1966–2015) using innovative trend analysis method with significance test. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(10): 328.
- Mallick, J.; Talukdar, S.; Alsubih, M.; Salam, R.; Ahmed, M.; Kahla, N. B. and Shamimuzzaman, M. (2021). Analysing the trend of rainfall in Asir region of Saudi Arabia using the family of Mann-Kendall tests, innovative trend analysis, and detrended fluctuation analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 143(1): 823-841.
- Mirzaei Hassanlou, A.; Aghbari, H. and Erfanian, M. (2020). Analysis of precipitation trend and precipitation concentration index in synoptic stations of Urmia Lake basin, *Quarterly Journal of Geography and Development*, 18 (59): 21-40.
- Mozafari, Gh. and Shafi'i, Sh. (2017). Temporal-Spatial Analysis of Limit Precipitation in Western Iran, *Quarterly Journal of Land Geography Scientific-Research*, 13 (52): 77-94.
- Rahimi, D.; Khoshhal Dastjerdi, J. and Rahimi, D. (1999). Analysis of Maximum Flood Trends in Karkheh Basin, *Journal of Natural Environmental Hazards*, 9 (26): 43-58.
- Sen, Z. (2012). An Innovative Trend Analysis Methodology. *J Hydro Eng*, 17(9): 1042-1046.
- Şen, Z. (2014). Trend identification simulation and application. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3): 635-642.
- Shakerian, S.; Torabi Poteh, H.; Shahi Nejad; B. and Nagavi, H. (2019). Investigating the trend of rainfall and discharge changes in the rivers of Karun Bozorg basin using TFPW - MK method, *Iran Water Resources Research*, 15 (3): 272-282.
- Soleimani, Karim (2021). Analysis of changes in some synoptic parameters using multiple regression in Babolsar. *Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering*, 11 (3): 236-252.
- Wang, Y.; Xu, Y.; Tabari, H.; Wang, J.; Wang, Q.; Song, S. and Hu, Z. (2020). Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall in the Yangtze River Delta, eastern China. *Atmospheric Research*, 231: 104673.