

تحلیل روند نقطه‌ای و منطقه‌ای بارش در استان فارس در دوره ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹

یاشار فلامرزی^{۱*}

استادیار، گروه پژوهشی پیش‌آگاهی و مدل‌سازی اقلیمی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی و تغییر اقلیم، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، مشهد، ایران

چکیده

مطالعه روند تغییرات بارش برای برنامه‌ریزی‌های کوتاه مدت و بلند مدت مدیریتی اهمیت فراوانی دارد. اهمیت این مطالعه زمانی بیشتر می‌شود که در منطقه‌ای خشک و نیمه خشک مانند ایران و به خصوص استان فارس که با محدودیت زمانی و مکانی بارش روبرو است. فلذا در مطالعه حاضر به بررسی روند سی ساله بارش از ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ در ۲۷ ایستگاه باران‌سنجی، سینوپتیک و تیخیرسنجی در سطح استان فارس پرداخته شد. مطالعه روند تغییرات بارش در مقیاس‌های زمانی سالانه و فصلی و مکانی نقطه‌ای و منطقه‌ای صورت پذیرفت. از روش‌های من-کندال، تخمین گر شیب سن و تحلیل رگرسیون خطی برای تحلیل نقطه‌ای و از روش من-کندال منطقه‌ای برای تحلیل منطقه‌ای روند استفاده گردید. بارش سالانه در تمام ایستگاه‌ها نشان داد که طی دوره زمانی مورد مطالعه شیب کاهشی است. ولی ارسنجان (۵.۹ میلیمتر در سال)، برغان (۱۱.۴ میلیمتر در سال)، تنگاب فیروزآباد (۷.۹ میلیمتر در سال) و فراشبند (۵.۱ میلیمتر در سال) تنها نقاط دارای روند معنادار کاهشی بارش در سطح اطمینان ۹۵٪ بودند. در مقیاس فصلی، تقریباً در اکثر فصول و اکثر ایستگاه‌ها شاهد کاهش بارش هستیم. به جز فصل تابستان که در اکثر ایستگاه‌ها یک افزایش بارش خفیف مشاهده می‌شود. از میان این ایستگاه‌ها، ارسنجان (۴.۷۳ میلیمتر کاهش در سال)، برغان (۱۴.۵ میلیمتر در سال)، شیراز (۴.۶ میلیمتر در سال)، فراشبند (۴.۳ میلیمتر در سال)، کازرون (۶.۷ میلیمتر در سال)، مادرسلیمان (۴.۱ میلیمتر در سال) و زرقان (۴.۴ میلیمتر در سال) شاهد روند کاهشی معنادار در سطح اطمینان ۹۵٪ در فصل زمستان بودند. در سطح منطقه‌ای و در مقیاس سالانه و فصلی کل استان شاهد کاهش بارش به خصوص در فصل زمستان و بارش سالانه بوده است. این میزان کاهش بارش در شمال غرب استان کمی ضعیف‌تر از سایر نقاط استان است. افزایش بارش معنادار در فصل تابستان در قسمت جنوبی قابل مشاهده است. این امر ممکن است به دلیل فعالیت مانسون هند باشد. در فصل پاییز شیب کاهشی بارش در کل استان تجربه شده است ولی کاهش معنادار نمی‌باشد. به طور مشابه فصل زمستان نیز شاهد کاهش بارش است با این تفاوت که این روند در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار است.

کلید واژه‌ها: روند یابی، بارش، من-کندال، تخمین گر شیب سن، رگرسیون خطی، فارس.

مقدمه

تغییرات در سری‌های هیدرولوژیکی و آب و هوایی به طرق مختلف می‌تواند رخ دهد. تغییر می‌تواند به صورت ناگهانی یا تدریجی (روند) یا در اشکال پیچیده‌تر رخ دهد. به طور کلی، بررسی روند برای بدست آوردن اطلاعات و مطالعه این امر انجام می‌گیرد که آیا می‌توان روند یا الگویی را از این اطلاعات استخراج نمود. اطلاعات درباره‌ی روند بارش به این دلیل مهم است که روند بارش با مشکلات مرتبط با آب در منطقه و اهداف مدیریت زیست محیطی و منابع آب، ارتباط تنگاتنگ دارد. این اطلاعات در زمان مطالعه تغییرات آب و هوایی و تاثیرات آن بر مدیریت منابع آب، بیشترین ارزش را خواهد داشت. تعیین روند بارش یکی از مهمترین فعالیت‌های هیدرولوژیست‌ها و هواشناسان در پیش‌برد مطالعات تغییر اقلیم بوده است. به علاوه مطالعه تغییرات آب و هوایی نیازمند اطلاعاتی از روند شاخص‌های مختلف (هیدرولوژیکی و آب و هوایی) است زیرا که تغییرات آب و هوایی یک تغییر مستمر است (رانا و همکاران، ۲۰۱۱).

در سال‌های اخیر نگرانی‌ها درباره تاثیر تغییر اقلیم افزایش یافته است. بنابراین، محققان شیوه‌ها و تکنیک‌های گوناگونی را برای تعیین روند در سری‌های هیدرولوژیکی در مقیاس و مناطق مختلف به کار گرفته‌اند (کالویرو و همکاران، ۲۰۱۱). روند در داده‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی می‌تواند به صورت نقطه‌ای یا منطقه‌ای مورد مطالعه قرار گیرد (صدری و همکاران، ۲۰۰۹). مطالعه منطقه‌ای روند نسبت به مطالعه نقطه‌ای فوایدی دارد. برای مثال براساس مطالعه یو و هاشینو (۲۰۰۲)، بررسی منطقه‌ای روند نمای بهتری از سری زمانی در منطقه را فراهم می‌آورد. همچنین بررسی منطقه‌ای روند برای تحلیل تغییر اقلیم مناسب‌تر است. شیوه‌های گوناگونی برای تعیین روند مانند روش‌های پارامتریک و غیرپارامتریک وجود دارد. برخی محققان آزمون‌های پارامتریک را مورد استفاده قرار داده‌اند. برای مثال لانگوباردی و ویلان (۲۰۰۹)، از روش آزمون (روش پارامتریک) برای تعیین روند بارش سالانه و فصلی در منطقه مدیترانه استفاده کردند. کالویرو و همکاران (۲۰۱۱)، از یک روش پارامتریک برای تعیین روند بارش سالانه و فصلی در کالاباریا (جنوب ایتالیا) استفاده کردند. اجزای هیدرولوژیکی مانند بارش ثابت نیستند و به

صورت زمانی و مکانی تغییر می‌کنند. بنابراین حتی در مناطق با مساحت کم، شیوه‌های پارامتریک همیشه برای تعیین روند بارش مناسب نیستند. به همین دلیل بسیاری از محققان به سمت شیوه‌های غیر پارامتریک مانند من-کندال (MK) (کندال، ۱۹۷۵؛ من، ۱۹۴۵)، اسپرمن، تخمین‌گر شیب سن (سن، ۱۹۶۸) و غیره سوق پیدا کرده‌اند.

آزمون من-کندال توسط محققان زیادی مورد استفاده قرار گرفته است زیرا که این روش مزیت‌های زیادی دارد؛ برای مثال زمانی که سری زمانی دارای چولگی است و نرمال نیست، روش من-کندال یک روش مناسب است (باسیستا و همکاران، ۲۰۰۹). مزیت دیگر روش من-کندال این است که این مدل به سری‌های زمانی ناهمگن حساس نمی‌باشد (آهنی و همکاران، ۲۰۱۲). روش ناپارامتریک دیگر روش تخمین‌گر شیب سن است که در صورت وجود یک روند خطی در سری زمانی شیب آن را تعیین می‌کند. آهنی و همکاران (۲۰۱۲)، برای تعیین روند حجم بارش در مناطق مختلف فارس از روش‌های من-کندال و تخمین‌گر شیب سن استفاده کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که تخمین‌گر شیب سن با روش من-کندال همخوانی مناسبی دارند. اگر چه روش من-کندال در بین محققین برای تعیین روند بسیار محبوب است، نسبت به خود همبستگی داده‌ها حساس است. آزمون خود همبستگی داده‌ها قبل از به کارگیری روش من-کندال به شدت پیشنهاد شده است (باسیستا و همکاران، ۲۰۰۹).

کالویرو و همکاران (۲۰۱۵) روند تغییرات بارش در طول بیش از ۵۰ سال (۱۹۱۶ تا ۲۰۰۰) را در ۲۹۴ ایستگاه باران سنجی در منطقه کالابریا، ایتالیا بررسی کردند. در مرحله اول آزمون من-کندال برای تعیین روند در مقیاس فصلی و ماهانه به کار گرفته شد. سپس بارش روزانه بر اساس وقایع به شش گروه مختلف تقسیم شد و روندهای معنادار با آزمون من-کندال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج، روند شاخصی را نشان نداد، ولی یک روند مثبت در زمستان و بهار و یک روند منفی به ترتیب در تابستان و پاییز قابل مشاهده بود. به علاوه بررسی روند گروه‌های مختلف بارشی، نشان دهنده یک روند کاهشی در گروه میانه و یک روند افزایشی در گروه ضعیف بود. گاجیبیه و همکاران (۲۰۱۶)، به بررسی روند بارش در دوره‌های ۱۹۰۱ تا ۲۰۰۲ و ۱۹۴۲ تا ۲۰۰۲ در حوضه رودخانه سند هند پرداختند. روش‌های آزمون من-

داد که به طور کلی هر دوی بیشینه و کمینه دما در استان دارای روند صعودی بوده‌اند.

انصاری و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی نوسانات بارش دبی و دما در یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۶۸ تا ۱۳۸۸) در حوزه آبخیز ماجو استان سیستان و بلوچستان پرداختند. نتایج حاصل از به کارگیری روش من-کندال نشان داد که بارش دارای روند کاهشی، دما دارای روند صعودی و دبی دارای روند کاهشی در دوره آماری مورد مطالعه بوده‌اند. ظهرابی و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی تغییرات زمانی و مکانی دما و بارش در حوضه آبریز کرخه پرداختند. جهت انجام این مطالعه آمار ۲۲ ایستگاه باران سنجی، تبخیر سنجی و سینوپتیک در دوره‌ی ۲۰۱۱-۱۹۷۰ مورد استفاده قرار گرفت. جهت نیل به اهداف از آزمون من-کندال، روش اسپیرمن و تخمین‌گر شیب سن بهره گرفته شد. نتایج نشان دهنده‌ی روند افزایشی برای دما و روند کاهشی برای بارش درمقیاس سالانه در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد برای اغلب ایستگاه‌ها بود. بیشترین تغییرات معنی‌دار کاهشی در بارش در بخش‌های غرب و جنوب حوضه قابل مشاهده بود.

ازیرانی و همکاران (۱۴۰۱)، روند دما و بارش در حوضه آبریز قره قوم را بررسی کردند. در این مطالعه از روش من-کندال برای بررسی تغییرات بارش و دما در سه دهه اخیر (۱۹۸۹ تا ۲۰۱۹) استفاده گردید. بررسی‌ها نشان از روند کاهشی بارش و افزایشی دما در مقیاس ماهانه و فصلی داشت. این روندها در اکثر ماه‌ها از لحاظ آماری معنادار نبودند. شیرغلامی و مسعودیان (۱۴۰۰)، به بررسی روند بارش در استان یزد در دوره ۱۳۹۴-۱۳۴۹ پرداختند. توزیع مکانی روند مجموع بارش سالانه و بارش‌های فرین مشابه و کاهشی بود. بر اساس نتایج در صورت ادامه این روند، دشت یزد و اردکان مستعد سیلاب‌های شدید خواهند بود.

استان فارس دارای آب و هوایی خشک و نیمه خشک است. به دلیل پراکندگی نامناسب بارش از نظر زمانی و مکانی، منابع آبی این استان به شدت نسبت به تغییرات بارش حساس است. کمبود و عدم پراکنش مناسب بارش در استان به خصوص در دو دهه اخیر منجر به وارد شدن صدمات جبران ناپذیری به منابع آبی و در نتیجه خشکسالی شدید شده است. از طرف دیگر، از آنجا که کشاورزی در اکثر مناطق استان به عنوان اصلی‌ترین فعالیت اقتصادی مطرح

کندال، آزمون اصلاح شده من-کندال و تخمین‌گر شیب سن برای تعیین روند استفاده شدند. روش کریجینگ برای تهیه پراکنش روندها در نرم افزار ArcGIS 9.3 مورد استفاده قرار گرفت. بررسی‌ها حاکی از وجود روند افزایش معنادار در بارش فصلی و سالانه درحوضه سند در طول دوره ۱۹۰۱ تا ۲۰۰۲ بود.

آگاروال و همکاران (۲۰۲۱)، روند تغییرات بارش روزانه و فصلی بارش در دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۱ را در مناطق مختلف آندهارا پردازش هند ارزیابی کردند. نتایج حاکی از وجود روند معنادار در سطح ۹۵ درصد در منطقه مورد مطالعه بود. گورارا و همکاران (۲۰۲۲)، به مطالعه روند تغییرات بارش در حوضه آبخیز وابه شبلیه در اتیوپی طی دوره ۲۰۱۹-۱۹۲۰ پرداختند. آن‌ها از یک شیوه ابتکاری روندیابی و روش‌های من-کندال و تخمین‌گر شیب سن برای اهداف خود استفاده نمودند. نتایج مطالعه نشان داد که در اکثر زیرحوضه‌ها روندهای مشاهده شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار نبودند.

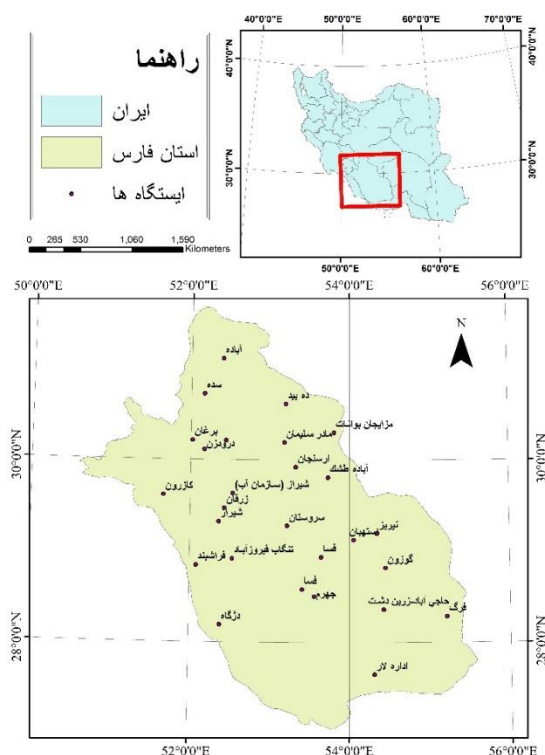
فیروزی و همکاران (۱۳۹۱)، با استفاده از روش‌های من-کندال و تخمین‌گر شیب سن، روند تغییرات بارش در مقیاس فصلی و ماهانه را در ایستگاه‌های شیراز، آباده، فسا و لار طی دوره ۱۳۵۶ تا ۱۳۸۹ بررسی کردند. نتایج حاکی از وجود روندهای بارش مثبت و منفی در ایستگاه‌های مختلف بود. از میان این روندها، روند کاهشی در بارش فصل زمستان، روند افزایش در بارش بهار و تابستان برای ایستگاه لامرد، روند کاهشی بارش در اردیبهشت برای شیراز و روند کاهشی بارش در زمستان برای ایستگاه آباده گزارش گردید. جهانانیده و شیروانی (۱۳۹۱)، تغییرات بارش در سه ایستگاه آباده، شیراز و فسا برای دوره‌های زمانی به ترتیب ۱۹۷۷ تا ۲۰۱۰، ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ و ۱۹۶۷ تا ۲۰۱۰ را بررسی کردند. تحلیل روند در مقیاس سالانه نشان داد که در ایستگاه آباده یک روند کاهشی بارش در سال‌های ۱۹۸۰ و ۲۰۰۵ شروع شده است. روند کاهشی بارش در ایستگاه شیراز در سال‌های ۱۹۵۵ و ۲۰۰۷ و در ایستگاه فسا در سال‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۹۷ آغاز شده است. طاوسی و همکاران (۱۳۹۳) روند تغییرات دمای بیشینه و کمینه را در ایستگاه‌های استان فارس در دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۰ بررسی کردند. نتایج تحلیل این محققین نشان

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان فارس در جنوب غرب ایران و در منطقه‌ای خشک و نیمه خشک واقع شده است. این استان دارای مساحتی برابر با ۱۲۲۶۰۷ کیلومتر مربع (تقریباً ۷/۵ درصد از مساحت ایران) می‌باشد. استان فارس در محدوده جغرافیایی $27^{\circ}03'$ تا $31^{\circ}42'$ عرض شمالی و $50^{\circ}30'$ تا $55^{\circ}36'$ طول شرقی قرار گرفته است. متوسط بارش سالانه استان بین ۱۰۰ میلی‌متر در مناطق جنوبی تا بیش از ۴۰۰ میلی‌متر در مناطق شمالی متغیر است (غلامحسینی و بهارلو، ۱۴۰۰). استان فارس یکی از مهم‌ترین استان‌های ایران در تولیدات کشاورزی می‌باشد. برای سال‌ها، فارس رکورددار تولید گندم در سطح کشور و کشاورزی ممر اصلی درآمد مردم و اساس اقتصاد استان بوده است. بنابراین با توجه به خشکسالی‌های اخیر، استان با تهدید جدی در زمینه اقتصادی و معیشت مردم مواجه است و خواهد بود. شکل ۱ نقشه استان فارس و ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

است، تغییرات زمانی و مکانی بارش به طور مستقیم تبعات اجتماعی و اقتصادی مشهودی به همراه داشته و خواهد داشت. بنابراین تحلیل روند تغییرات بارش در این استان از لزومات اولیه برای بهره‌مندی از یک مدیریت پایدار منابع آبی است. علی‌رغم این اهمیت، مطالعات صورت گرفته در این زمینه در سطح استان اغلب محدود به ایستگاه‌ها بوده و تعداد ایستگاه‌های مورد مطالعه نیز اندک بوده است. از طرف دیگر در هیچ مطالعه‌ای تا زمان نگارش این مقاله بررسی روند تغییرات بارش به صورت منطقه‌ای در استان صورت نگرفته است. لذا با توجه به اهمیت بارش و تغییرات زمانی و مکانی آن در استان فارس، در این مطالعه به بررسی روند تغییرات بارش به صورت نقطه‌ای و منطقه‌ای پرداخته شد. برای نیل به این هدف، پس از گردآوری اطلاعات و آمار مربوطه شامل آمار بارندگی برای ۲۷ ایستگاه بارش در سطح استان در یک دوره زمانی ۳۰ ساله (۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹)، روند تغییرات بارش توسط روش‌های پارامتریک و غیرپارامتریک مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌ها

به دو گروه کلی می‌توانند تقسیم شوند، روش‌های نموداری و روش‌های غیرنموداری. روش‌های نموداری به علت دقت کم آماری متداول نیستند. لذا در این مطالعه به منظور بررسی همگنی داده‌ها، از روش آماری ران استفاده شد (چن، ۲۰۱۰). روش‌های آماری پارامتریک فرض می‌کنند که داده‌ها دارای توزیع نرمال هستند. اگر آمار با این فرض صدق نداشته باشند، روش‌های ناپارامتریک ارجحیت می‌یابند. در این مطالعه روش شاپیرو-ویلک برای آزمون نرمال بودن مورد استفاده قرار گرفت (رازلی و وا، ۲۰۱۱).

آمار بارش ماهانه از ارگان‌ها دولتی شامل مدیریت منابع آب و سازمان هواشناسی برای ۳۰ ایستگاه تبخیر سنجی، باران سنجی و سینوپتیک گردآوری شد. پس از بررسی‌های اولیه شامل بررسی درصد داده‌های از دست رفته، حذف و یا اصلاح داده‌های پرت، تنها ۲۷ ایستگاه با طول دوره‌ی آماری ۳۰ ساله (۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹) جهت ادامه مطالعه انتخاب شدند. پس از بررسی اولیه داده‌ها، آمار ماهانه برای محاسبه سری‌های زمانی فصلی و سالانه استفاده شدند. پراکنش ایستگاه‌ها و مشخصات آن‌ها به ترتیب در شکل ۱ و جدول ۱ آورده شده است. روش‌های بررسی همگنی داده‌ها

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	کد	طول جغرافیایی (شرقی)	عرض جغرافیایی (شمالی)	ارتفاع (متر)	نوع ایستگاه
۱	آباده طشک	43-065	53.73	29.81	1604	باران سنج معمولی
۲	اداره لار	26-036	54.31	27.65	841	باران سنج معمولی
۳	ارسنجان	43-034	53.32	29.92	1648	باران سنج معمولی
۴	استهبان	43-109	54.05	29.12	1745	باران سنج معمولی
۵	برغان	22-040	52.02	30.21	2109	تبخیر سنجی
۶	تنگاب فیروزآباد	24-023	52.53	28.92	1376	تبخیر سنجی
۷	چهرم	24-032	53.56	28.50	1047	باران سنج معمولی
۸	حاجی آباد-زرین دشت	26-024	54.43	28.36	1047	تبخیر سنجی
۹	درودزن	43-080	52.44	30.21	1662	باران سنج معمولی
۱۰	دژگاه	24-065	52.38	28.19	223	تبخیر سنجی
۱۱	ده بید	43-095	53.19	30.62	2320	باران سنج معمولی
۱۲	سده	43-201	52.16	30.72	2198	تبخیر سنجی
۱۳	سروستان	43-120	53.22	29.28	1570	باران سنج معمولی
۱۴	شیراز (سازمان آب)	43-044	52.53	29.63	1522	باران سنج معمولی
۱۵	فراشبند	23-026	52.08	28.84	805	تبخیر سنجی
۱۶	فرگ	26-026	55.21	28.28	928	باران سنج معمولی
۱۷	فسا-باران سنجی	24-010	53.65	28.93	1370	باران سنج معمولی
۱۸	کازرون	23-006	51.66	29.61	841	تبخیر سنجی
۱۹	گوزون	26-005	54.45	28.82	1239	تبخیر سنجی
۲۰	مادر سلیمان	43-105	53.18	30.19	1868	تبخیر سنجی
۲۱	مزایجان بوانات	42-056	53.81	30.30	2128	تبخیر سنجی
۲۲	نیریز	43-114	54.35	29.19	1657	باران سنج معمولی
۲۳	آباده	40818	52.40	31.11	2030	سینوپتیک
۲۴	درودزن	40844	52.17	30.11	1650	سینوپتیک
۲۵	فسا-سینوپتیک	40859	53.41	28.58	1288	سینوپتیک
۲۶	شیراز	40848	52.36	29.32	1484	سینوپتیک
۲۷	زرقان	40847	52.43	29.47	1596	سینوپتیک

(۹)

$$Var(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=0}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)]}{18}$$

که در آن N طول آمار m تعداد گره‌ها (یک گره یک گروه از داده‌ها با مقدار برابر است) و t_i تعداد داده‌ها در گره i ام است. متغیر Z نرمال استاندارد با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{var(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{var(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (10)$$

بنابراین فرض H_0 زمانی که در یک آزمون دو طرفه در سطح معنادار α ، $|Z| \leq Z_{1-\alpha/2}$ است، می‌تواند پذیرفته شود. یک مقدار مثبت برای Z نشان دهنده روند افزایش و برعکس است. آزمون من-کندال در این مطالعه در محیط نرم افزار متلب صورت پذیرفت.

خود همبستگی تاخیر-۱

خود همبستگی تاخیر-۱ (r_1) شاخصی برای انجام پیش سفید سازی است. این امر به شکل زیر قابل محاسبه است.

$$r_1 = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{n-1} [X_t - E(X_t)][X_{t+1} - E(X_{t+1})]}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n [X_t - E(X_t)]^2} \quad (11)$$

که در آن $E(X_i)$ میانگین نمونه و n طول داده‌ها است. معناداری r_1 در سطح معنادار α (در این مطالعه ۹۵٪) در یک آزمون دو طرفه سنجیده می‌شود، تا بررسی شود که آیا نمونه خود همبسته است یا خیر. به منظور بررسی معناداری r_1 ابتدا مقدار Z برای r_1 به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$E(r_1) = \frac{-1}{n} \quad (12)$$

$$Var(r_1) = \frac{n^3 - 3n^2 + 4}{n^2(n^2 - 1)} \quad (13)$$

$$Z = |r_1 - E(r_1)| / \sqrt{Var(r_1)}^{0.5} \quad (14)$$

تحلیل رگرسیون خطی

یکی از روش‌های پارامتری برای تعیین روند تغییرات خطی در سری‌های زمانی روش رگرسیون خطی حداقل مربعات است. این روش به طور متداول برای تعیین شیب متغیرهای هیدرولوژیکی و اقلیمی در طول زمان به کار گرفته شده است. در این آزمون، مقادیر مثبت شیب نشانه روند افزایشی و بالعکس است. جهت مطالعه بیشتر به تباری و معروفی (۲۰۱۰) مراجعه شود.

آزمون من-کندال

آزمون من-کندال یک شیوه ناپارامتریک برپایه رتبه است. این آزمون به صورت گسترده برای آزمون ثبات در مقابل روند در هیدرولوژی و اقلیم شناسی استفاده شده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۰). آزمون من-کندال می‌تواند برای سری‌های زمانی غیرهمگن، غیرنرمال و سری‌های زمانی دارای داده‌های پرت و روند غیرخطی مورد استفاده قرار گیرد (بیرسان و همکاران، ۲۰۰۵؛ هلسل و هیرش، ۱۹۹۲).

بر طبق این آزمون، فرض صفر نشان می‌دهد که یک سری نوسان‌دار (x_1, \dots, x_n) یک نمونه با n تا متغیر تصادفی پراکنده شده‌ی مستقل می‌باشد (هیرش و همکاران، ۱۹۸۲). فرض متقابل H_1 از یک آزمون دو طرفه است که توزیع V_j و V_k برای تمام K ها و $J < X$ با $J \neq K$ مستقل از هم نیستند. به منظور انجام آزمون من-کندال، ابتدا سری‌های فصلی و سالانه بارش یک ایستگاه بر طبق زمان مرتب می‌شود. سپس علامت هر تفاوت N ممکن $x_j - x_k$ که در آن $j > k$ است محاسبه می‌شود.

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (15)$$

سپس شاخص آماری S به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (16)$$

اگر طول سری زمانی بیش از ۱۰ باشد، شاخص آماری S تقریباً نرمال فرض می‌شود با $E(S) = D$ و واریانس به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

N تعداد Q_i ها است و Q_{min} و Q_{max} به ترتیب حد پایین و حد بالای فاصله اطمینان هستند. آن‌ها M_1 امین و $(M_2 + 1)$ امین از N تخمین‌گر شیب مرتب شده Q_i ها هستند. اگر M_1 یک عدد صحیح نبود، حدپایین میان‌یابی می‌شود و اگر M_2 عدد صحیح نبود حد بالا میان‌یابی می‌شود (تباری و طلایی، ۲۰۱۱).

الگوریتم وزنی معکوس (IDW)

الگوریتم IDW به طور گسترده برای درون‌یابی مکانی و به منظور فراهم آوردن داده‌های منطقه‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. این شیوه هیچ فرضی درباره‌ی داده‌های ورودی ندارد و براساس این فرضیه است که فاصله‌ی کمتر شباهت بیشتر دارد. این شیوه از مقادیر ثبت شده در اطراف نقطه ثبت نشده برای محاسبه مقدار در این نقطه استفاده می‌کند. نزدیکترین نقطه به محل تخمین بیشترین وزن را می‌گیرد و وزن به عنوان تابعی از فاصله کاهش می‌یابد. شیوه IDW از یک توان ثابت یا پارامتر فاصله کاهش که عددی حقیقی از ۱ تا ۵ است (α) استفاده می‌کند (لو و وونگ، ۲۰۰۸).

ضریب سیلوئه

در برخی شیوه‌های دسته‌بندی مانند شیوه کی‌مین دانستن تعداد دسته‌ها قبل از دسته‌بندی الزامی است. شیوه‌های مختلفی برای یافتن تعداد دسته‌ها وجود دارد. محد و الراوی (۲۰۰۸)، یکی از محبوب‌ترین روش‌های یافتن تعداد دسته‌ها را، استفاده از ضریب سیلوئه بیان نموده‌اند. برای یک نقطه در یک گروه A ، ضریب سیلوئه، $S(i)$ ، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \quad (28)$$

که در آن $a(i)$ متوسط عدم شباهت بین نقطه i و تمام نقاط دیگر موجود در گروه A است (گروهی که i به آن تعلق دارد). $b(i)$ متوسط عدم شباهت بین نقطه i و نقاط نزدیکترین گروه به گروه A است (که در اینجا گروه B است).

متوسط عرض‌های سیلوئه، $S(K)$ ، برای تمام نقاط با متوسط گیری تمام S_i ها بدست می‌آید. تعداد صحیح گروه‌ها، k ، بر طبق حداکثر مقدار $S(K)$ انتخاب می‌شود.

SC به شکل زیر تعریف می‌شود:

اگر $-1.96 \leq z \leq 1.96$ باشد r_1 در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار نیست و برعکس. اگر r_1 معنادار بود پیش‌سفید سازی زیر صورت می‌گیرد.

$$Y_t = X_t - r_1 X_{t-1} \quad (15)$$

که در آن Y_t سری پیش سفید شده است. از کد متلب برای انجام این مراحل استفاده شد (کالیرو و همکاران، ۲۰۱۱).

تخمین‌گر شیب سن

در صورت وجود یک روند خطی در یک سری زمانی، یک شیوه ناپارامتری، تخمین‌گر شیب سن که توسط سن (۱۹۶۸) ارائه شده است، به منظور محاسبه شیب تغییر در سری زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. زمانی که N جفت از داده‌ها موجود باشد ابتدا شیب به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$Q_i = \frac{X_j - X_k}{j - k} \quad \text{for } i = 1 \dots N \quad (16)$$

که در آن X_i و X_k مقادیر داده در زمان‌های j و k ($j < k$) هستند. میانه این N مقدار از Q_i ها تخمین‌گر سن از شیب است.

اگر تعداد N فرد بود تخمین‌گر سن به شکل زیر محاسبه می‌شود.

$$Q_{med} = [Q_{(N+1)/2}] \quad (17)$$

اگر تعداد N زوج بود تخمین‌گر سن به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_{med} = \frac{1}{2} [Q_{N/2} + Q_{(N+2)/2}] \quad (21)$$

سپس فاصله اطمینان به صورت زیر است:

$$C_\alpha = Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\text{var}(S)} \quad (22)$$

که در آن

$$(23)$$

$$\text{var}(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)]}{18}$$

که در آن n تعداد داده‌های نمونه $Z_1 - \alpha/2$ از توزیع نرمال استاندارد بدست می‌آید. M_1 و M_2 از دو معادله زیر بدست می‌آید:

$$M_1 = (N - C_\alpha)/2 \quad (24)$$

$$M_2 = (N + C_\alpha)/2 \quad (25)$$

$$\text{Var}(\bar{S}_m) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(i-1)(2i+5)}{18m}$$

که در آن t_i تعداد گروه‌ها با طول i (برای مثال یک گروه دوتایی یک گروه با طول دو خواهد داشت یا $i=2$ و $t_2 = 1$)

$$\text{Var}(\bar{S}_m) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18m} \quad (۳۳)$$

سپس Z_m به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$Z_m = \frac{\bar{S}_m - E(\bar{S}_m)}{\sigma/\sqrt{m}} = \frac{\bar{S}_m}{\sigma/\sqrt{m}} \quad (۳۴)$$

که در آن Z_m مقدار نرمال استاندارد و معناداری آن می‌تواند با مقایسه Z_m با اندازه‌های جدول حدی تعیین شود (داگلاس و همکاران، ۲۰۰۰؛ یو و وانگ، ۲۰۰۲).

روش کار

در طی فرآیند روش کار، ابتدا داده‌های ماهانه به فصلی و سالانه تبدیل شدند. سپس این سری‌های زمانی از لحاظ همگنی و نرمال بودن به ترتیب با روش‌های ران و شاپیروویلیک بررسی شدند. تحلیل روند بارش نقطه‌ای به سه روش من-کندال، تخمین‌گر شیب سن و تحلیل رگرسیون خطی و در مقیاس‌های سالانه و فصلی در دوره ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ صورت گرفته است (شکل ۳). وجود خود همبستگی در سری‌های زمانی بر روی نتایج آزمون من-کندال تاثیرگذار است (باسیستا و همکاران، ۲۰۰۹؛ کوندلیک و برن، ۲۰۰۴؛ حامد و راثو، ۱۹۹۸؛ نووتی و استفان، ۲۰۰۷؛ سرانو و همکاران، ۱۹۹۹). اگر خود همبستگی موجود در سری‌های زمانی مثبت باشد، احتمال رد شدن عدم وجود روند افزایش می‌یابد و بالعکس (کالیرو و همکاران، ۲۰۱۱). لذا قبل از استفاده از روش من-کندال در صورتی که سری زمانی خودهمبسته باشد عمل پیش سفید سازی باید صورت پذیرد. جهت انجام روندیابی منطقه‌ای ابتدا داده‌های ایستگاهی با استفاده از روش IDW به داده‌های شبکه‌ای تبدیل شدند. سپس با استفاده از ضریب سیلوئه و روش کی‌مین مناطق همگن برای هر فصل و سال تعیین گردیدند. در هر منطقه همگن روند منطقه‌ای با استفاده از روش من-کندال منطقه‌ای ارزیابی شد (شکل ۴).

$$SC = \max\{S(k)\} \quad (۲۹)$$

که در آن حداکثر مقدار برای تمام k ها تا زمانی که سیلوئه قابل محاسبه باشد در نظر گرفته می‌شود؛ یعنی $k=2,3,\dots,n-1$ که در آن n تعداد داده‌ها است. نرم افزار SPSS برای انجام این بخش به کار گرفته شد.

روش گروه‌بندی کی‌مین

روش گروه‌بندی کی‌مین یک شیوه مرسوم برای دسته‌بندی داده‌ها است. در ابتدا تعداد گروه‌ها تعیین شده و یک هسته برای هر گروه تعیین می‌گردد. سپس الگوریتم کی‌مین در سه مرحله انجام می‌گیرد و این مراحل تا زمان رسیدن به ثبات تکرار می‌شود (به این معنا که هیچ عضوی از گروه خود جابجا نشود). این سه مرحله در شکل ۲ آمده است و به این ترتیب است: (۱) تعیین یک هسته برای هر گروه (۲) تعیین فاصله اقلیدسی بین هر شی و هسته (۳) گروه‌بندی اشیا براساس حداقل فاصله (کاردی، ۲۰۰۷). نرم افزار SPSS در این مطالعه جهت گروه‌بندی گریدها استفاده شد و محدوده گروه با استفاده از نرم افزار ArcGIS تعیین گردید.

آزمون من-کندال متوسط منطقه‌ای

آزمون متوسط منطقه‌ای به منظور تعیین روند در مناطق همگن در هر دو مقیاس فصلی و سالانه مورد استفاده قرار گرفت. S_m کندال متوسط منطقه‌ای می‌تواند به صورت زیر محاسبه شود (داگلاس و همکاران، ۲۰۰۰؛ یو و وانگ، ۲۰۰۲):

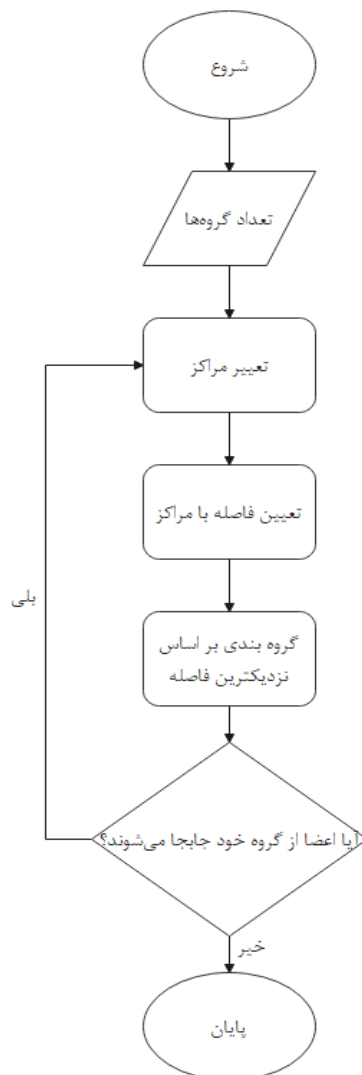
$$\bar{S}_m = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m S_k \quad (۳۰)$$

که در آن m تعداد ایستگاه‌ها در منطقه همگن و S_k شاخص آماری S برای k -مین ایستگاه در منطقه است. در شیوه منطقه‌ای برای سری‌های آماری تصادفی پراکنده شده مستقل ویگانه میانگین صفر است.

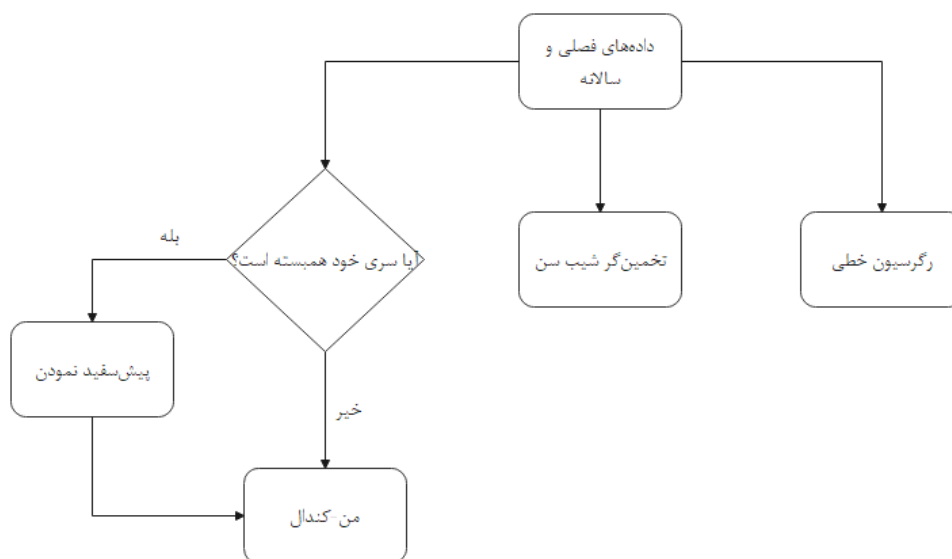
$$E(\bar{S}_m) = 0 \quad (۳۱)$$

به علاوه واریانس به شکل زیر می‌تواند محاسبه شود.

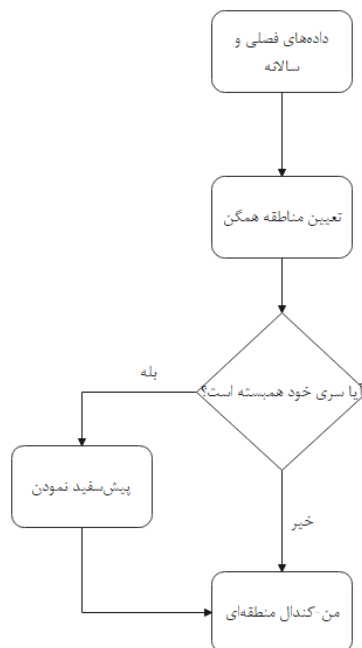
$$(۳۲)$$



شکل ۲- مراحل الگوریتم گروه‌بندی کی‌مین



شکل ۳- فلوچارت تحلیل روند نقطه‌ای



شکل ۴- فلوچارت مراحل تحلیل روند منطقه‌ای

نتایج

نرمالیته و همگنی داده‌ها

جدول ۲ نتایج آزمون نرمال بودن و همگنی داده‌ها برای ایستگاه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. آزمون نرمالیته و همگنی در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شده است. اگر مقدار خروجی آزمون‌های نرمالیته و همگنی برای یک سری زمانی بیش از ۰.۰۵ باشد. آن سری زمانی نرمال و همگن است. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود اکثر سری‌های زمانی مورد مطالعه غیرنرمال و همگن هستند.

تحلیل نقطه‌ای روند

روندهای سالانه و فصلی با استفاده از هر دو روش‌های پارامتری و ناپارامتری مشخص گردیدند. آزمون من‌کنندال اصلاح شده و تخمین‌گر شیب سن به عنوان روش‌های ناپارامتریک و روش رگرسیون خطی به عنوان روش پارامتریک مورد استفاده قرار گرفتند. سطح اطمینان ۹۵٪ برای بررسی معناداری روند انتخاب گردید. همانگونه که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد تنها تعداد اندکی از ایستگاه‌ها در مقیاس‌های زمانی مختلف دارای خودهمبستگی معنادار می‌باشند. در این ایستگاه‌ها قبل از استفاده از روش من-کنندال، پیش‌سفید نمودن داده‌ها انجام شد.

جدول ۲- مقادیر p-value برای آزمون‌های همگنی و نرمالیت (فونت توپر: معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

نرمالیت					همگنی					ایستگاه
بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه	
0.16	0.00	0.00	0.08	0.06	-0.56	0.48	0.81	-0.19	-0.47	آباد طشک
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	-0.98	1.29	-1.38	-1.61	اداره لار
0.13	0.00	0.00	0.06	0.10	-0.16	-0.35	0.23	-0.91	-0.47	ارسنجان
0.18	0.00	0.00	0.09	0.01	0.00	-0.35	-0.35	-0.91	-0.77	استهبان
0.00	0.00	0.13	0.03	0.36	-2.58	-3.16	0.29	-1.51	-0.56	برغان
0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	1.43	0.19	-0.91	-1.12	-2.43	تنگاب فیروزآباد
0.00	0.08	0.06	0.00	0.00	0.85	-0.57	-0.17	0.00	0.58	جهرم
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.85	1.20	0.07	0.00	حاجی آباد-زرین دشت
0.00	0.06	0.10	0.01	0.00	0.21	-1.84	0.23	-0.19	0.58	درودزن
0.00	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.57	1.33	-0.91	0.43	دژگاه
0.13	0.03	0.36	0.11	0.00	1.05	-1.24	0.04	0.21	0.21	ده بید
0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	-0.93	-1.84	1.20	-0.09	-0.91	سده
0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.21	-0.16	-0.47	سروستان
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.47	-0.65	0.81	-0.85	0.00	شیراز (سازمان آب)
0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.23	-0.57	1.20	-0.74	-0.17	فراشبند
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.43	0.91	-1.38	0.04	فرگ
0.36	0.11	0.00	0.00	0.00	-0.35	0.67	0.81	-0.85	-0.98	فسا- بارانسنجی
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.54	-1.18	0.67	-1.66	-1.22	کازرون
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	-1.61	0.43	-0.74	0.67	گوزون
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.54	-0.65	0.67	-0.93	-0.47	مادر سلیمان
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.23	0.00	-0.19	-1.67	مزایجان بوانات
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.65	0.00	0.40	-0.17	نیریز
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.59	0.58	0.43	-1.12	آباد
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	-1.18	0.23	-0.91	-0.56	درودزن
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.16	0.81	1.05	-0.74	-0.17	فسا - سینوپتیک
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.56	0.00	0.58	-0.09	-0.35	شیراز
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.12	1.20	-0.16	-0.17	زرقان

جدول ۳- مقادیر خود همبستگی با استفاده از روش خود همبستگی تاخیر- ۱ (فونت توپر: معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

ایستگاه	سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار
آباده طشک	-0.03	0.00	-0.10	-0.12	-0.01
اداره لار	0.10	0.12	-0.39	0.11	0.06
ارسنجان	0.03	0.06	-0.08	0.25	0.08
استهبان	0.04	0.12	-0.08	-0.13	-0.02
برغان	-0.04	0.34	0.01	0.42	0.62
تنگاب فیروزآباد	0.00	0.15	-0.20	-0.30	-0.02
چهرم	-0.11	-0.04	0.04	0.00	0.16
حاجی آباد- زرین دشت	-0.07	-0.05	-0.32	-0.17	-0.12
درودزن	-0.17	-0.02	-0.24	0.24	0.00
دژگاه	0.04	0.04	-0.26	0.11	-0.09
ده بید	-0.12	-0.25	-0.14	-0.02	-0.08
سده	-0.01	0.01	-0.16	0.12	0.04
سروستان	0.02	0.05	-0.21	-0.07	0.03
شیراز (سازمان آب)	-0.04	0.01	-0.18	0.14	0.15
فراشبند	0.04	0.09	-0.26	0.08	0.09
فرگ	0.00	0.08	-0.15	0.07	-0.16
فسا - باران سنجی	0.03	0.12	-0.18	-0.07	-0.07
کازرون	0.06	0.06	-0.31	0.16	0.41
گوزون	-0.04	0.10	-0.22	0.30	-0.05
مادر سلیمان	-0.01	0.14	-0.15	0.02	0.01
مزيجان بوانات	-0.03	-0.07	-0.10	0.32	-0.01
نیریز	0.08	-0.01	-0.04	-0.09	0.12
آباده	0.00	-0.23	-0.14	0.04	-0.05
درودزن	-0.13	-0.03	-0.23	0.18	0.01
فسا - سینوپتیک	0.02	0.15	-0.14	-0.19	-0.13
شیراز	-0.10	-0.01	-0.19	-0.07	0.12
زرقان	-0.02	-0.02	-0.19	-0.10	0.24

روند سالانه

جدول ۴ نتایج بررسی روند بارش سالانه و مقدار شیب تغییرات (میلیمتر در روز) را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود در تمامی ایستگاه‌ها در مقیاس سالانه کاهش بارش دیده می‌شود. با این وجود تنها در ایستگاه‌های ارسنجان، برغان، تنگاب فیروزآباد و فراشبند روند کاهشی بدست آمده توسط هر سه روش در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار است. نتایج بررسی روند بارش سالانه توسط

روش‌های رگرسیون خطی و تخمین‌گر شیب سن تقریباً در تمامی ایستگاه‌ها همسان است. ذکر این نکته مفید است که روش من-کنندال تنها جهت و معناداری روند را نشان می‌دهد، در صورتی که روش‌های رگرسیون خطی و تخمین گر شیب سن هر دو جهت و میزان روند را نشان می‌دهند. نتایج روش من-کنندال در مقیاس سالانه نشان می‌دهد که در تمامی ایستگاه‌ها مقدار بارش در حال کاهش است ولی تنها در هفت ایستگاه، روند کاهشی معنادار است. بیشترین

روش دیگر در تمامی ایستگاه‌ها شاهد کم شدن مقدار بارش هستیم. شیب کاهش بارش از ۰.۲۵ - میلیمتر در سال (ایستگاه آباد) تا ۱۱/۹۱ - میلیمتر در سال (ایستگاه برغان) متغیر است. طبق جدول ۴ کاملاً مشهود است که در مقیاس سالانه و در دوره‌ی مورد مطالعه تمامی استان شاهد کاهش بارش بوده است.

کاهش با مقدار شیب نزولی نزدیک ۱۱ میلیمتر در سال مربوط به ایستگاه برغان می‌باشد. با به کارگیری روش تخمین‌گر شیب سن نیز شیب منفی بارش در تمامی ایستگاه‌ها مشاهده می‌شود ولی تنها در پنج ایستگاه روندهای کاهش در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار است. با به کارگیری روش رگرسیون خطی تعداد ایستگاه‌های دارای روند کاهش معنادار به یازده ایستگاه افزایش می‌یابد و همانند دو

جدول ۴- مقادیر شیب تغییرات بارش با استفاده از روش‌های تخمین‌گر شیب سن و رگرسیون خطی و مقادیر Z روش من-کندال در مقیاس سالانه (فونت توپر: معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

ایستگاه	تخمین‌گر شیب سن	رگرسیون خطی	من-کندال
آباد طشک	-4.04	-4.95	-1.68
اداره لار	-4.44	-7.43	-2.00
ارسنجان	-5.86	-5.90	-2.11
استهبان	-4.67	-6.67	-1.78
برغان	-11.91	-10.83	-2.25
تنگاب فیروزآباد	-7.40	-8.33	-2.00
جهرم	-2.54	-3.44	-0.86
حاجی آباد- زرین دشت	-3.03	-3.83	-1.11
درودزن	-5.93	-5.20	-1.82
دژگاه	-2.14	-2.63	-0.96
ده بید	-1.45	-0.63	-0.59
سده	-5.69	-5.09	-1.21
سروستان	-3.68	-4.65	-1.77
شیراز (سازمان آب)	-5.70	-5.86	-1.93
فراشند	-4.50	-5.78	-2.02
فرگ	-2.78	-4.87	-1.21
فسا - باران سنجی	-5.46	-6.11	-1.93
کازرون	-10.25	-10.32	-2.50
گوزون	-3.76	-4.91	-1.18
مادر سلیمان	-4.44	-4.56	-1.96
مزیدان بوانات	-1.31	-1.82	-0.57
نیریز	-3.53	-4.67	-1.61
آباد	-0.25	-0.91	-0.18
درودزن	-7.13	-6.23	-1.78
فسا - سینوپتیک	-3.74	-4.68	-1.21
شیراز	-4.39	-4.88	-1.50
زرقان	-5.49	-5.37	-1.68

روند فصلی

جداول ۵ و ۶ نتایج بررسی روند بارش در مقیاس فصلی را نشان می‌دهند. به طور کلی در اکثر فصول و اکثر ایستگاه‌ها، کاهش بارش مشاهده شده است. به جز فصل تابستان که در اکثر ایستگاه‌ها شیب بسیار خفیفی از افزایش بارش وجود دارد. در بارش‌های فصل بهار علاوه بر اینکه ۶۷٪ ایستگاه‌ها کاهش بارش را تجربه کرده‌اند اما هیچ یک از این روندهای بارش در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار نیستند. در فصل تابستان تعداد ایستگاه‌ها با شیب نزولی بارش به ۴۸٪ از کل ایستگاه‌ها کاهش می‌یابد. در این فصل ایستگاه برغان افزایش معنادار بارش (در سطح ۹۵٪ اطمینان) را تجربه کرده است. در فصل پاییز ۷۴٪ از ایستگاه‌ها شاهد کاهش در میزان بارش بوده‌اند ولی هیچ یک از این کاهش‌ها از لحاظ آماری معنادار نبودند. بارش‌های زمستانی در مدت زمان مورد مطالعه در تمامی ایستگاه‌ها دارای شیب منفی بوده‌اند. از بین این شیب‌های نزولی بارش، ارسنجان، برغان، شیراز، فراشبند، کازرون، مادر سلیمان شیراز و زرقان در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار بودند. بیشترین روند کاهش در فصل زمستان و در ایستگاه برغان با شیب حدود ۱۵ میلی‌متر در سال تجربه شده است.

جداول ۵ و ۶ به وضوح بیانگر این امر هستند که تعداد ایستگاه‌های دارای شیب نزولی بارش (معنادار و غیرمعنادار) در فصل زمستان بیشتر از سایر فصول است. به علاوه از میان این ایستگاه‌ها تعداد هشت ایستگاه نیز دارای روند کاهش معنادار هستند. جهت روند بارش در فصل زمستان با جهت روند بارش در مقیاس سالانه نیز در تمامی ایستگاه‌ها با یکدیگر همخوانی دارند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که بارش زمستانه در استان فارس بیشترین نقش را در کل بارش سالانه بازی می‌کند. با این وجود مشاهده افزایش بارش در تابستان و بهار می‌تواند نشان از احتمال تغییر پراکنش زمانی بارش در سطح استان را داشته باشد.

مناطق همگن

منطقه همگن به گروهی از ایستگاه‌ها گفته می‌شود که مشخصه‌های نقطه‌ای مانند متوسط بارش سالانه، شرایط هیدرولوژیکی، فیزیوگرافیکی، متغیرهای آب و هوایی و

جهت روند همسان دارند (آدامسکی و بوگادیس، ۲۰۰۳). آدامسکی و بوگادیس (۲۰۰۳)، مناطق همگن را بر اساس منطقه جغرافیایی و متوسط کل بارش تعیین کرد. در این مطالعه، هدف، تقسیم حوضه مورد مطالعه به ریزحوضه‌هایی براساس متوسط بارش سالانه و فصلی است. ذکر این نکته ضروری است که مناطق همگن برای یک فصل ممکن است برای دیگر فصل‌ها صادق نباشد (آدامسکی و بوگادیس، ۲۰۰۳)، بنابراین گروه‌بندی برای هر فصل به صورت جداگانه صورت پذیرفت.

در این مطالعه تنها داده‌های ایستگاهی در دسترس بود. درحالی که برای انجام گروه بندی نیاز به داده‌های مکانی بارش می‌باشد. در علوم اطلاعات جغرافیایی وزن دهی معکوس فاصله یکی از روش‌های IDW درون‌یابی مکانی استاندارد می‌باشد (آهنی و همکاران، ۲۰۱۲). لذا در اینجا از روش IDW برای درون‌یابی داده‌های نقطه‌ای مجموع بارش سالانه و فصلی و شکل دادن یک نقشه شبکه‌ای استفاده شد. با استفاده از ابزار IDW در نرم‌افزار ArcGIS، متوسط مجموع بارش سالانه و فصلی در مقیاس نقطه‌ای به شبکه‌های ۵ کیلومتر در ۵ کیلومتر درون‌یابی شد. این شبکه‌ها براساس میزان بارش و با به کارگیری روش گروه‌بندی کی‌مین، گروه بندی شدند. تعداد بهینه گروه‌ها با استفاده از شاخص سیلوئه که محبوب‌ترین شیوه مورد استفاده است، تعیین گردید (محد و الراوی، ۲۰۰۸).

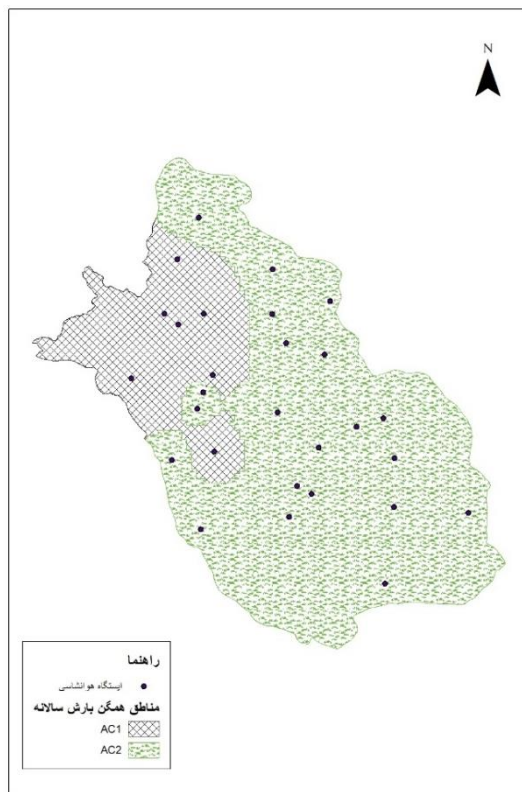
با انجام فرآیند تحلیل مناطق همگن بارش، نقشه‌های همگن بارش برای هر دو مقیاس سالانه و فصلی حاصل گردید. همانگونه که در شکل ۵ نشان داده شده است در مقیاس سالانه دو منطقه همگن وجود دارد، با نام‌های AC1 و AC2 که به ترتیب ۲۴٪ و ۷۶٪ از سطح استان را به خود اختصاص داده‌اند. از تعداد ۲۷ ایستگاه مورد مطالعه ۷ ایستگاه در منطقه AC1 و مابقی در منطقه AC2 واقع شده‌اند. شکل ۶- راست، مناطق همگن مربوط به فصل بهار را نشان می‌دهد. در این فصل نیز استان به دو منطقه SC1 (۵۳٪) و SC2 (۴۷٪) تقسیم شده است که در منطقه SC1، ۱۲ ایستگاه و در منطقه SC2، ۱۵ ایستگاه قرار گرفته‌اند.

جدول ۵- مقادیر شیب تغییرات بارش با استفاده از روش‌های تخمینگر شیب سن و رگرسیون خطی و مقادیر Z روش من-کندال در مقیاس فصلی (فونت توپر: معنادر در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

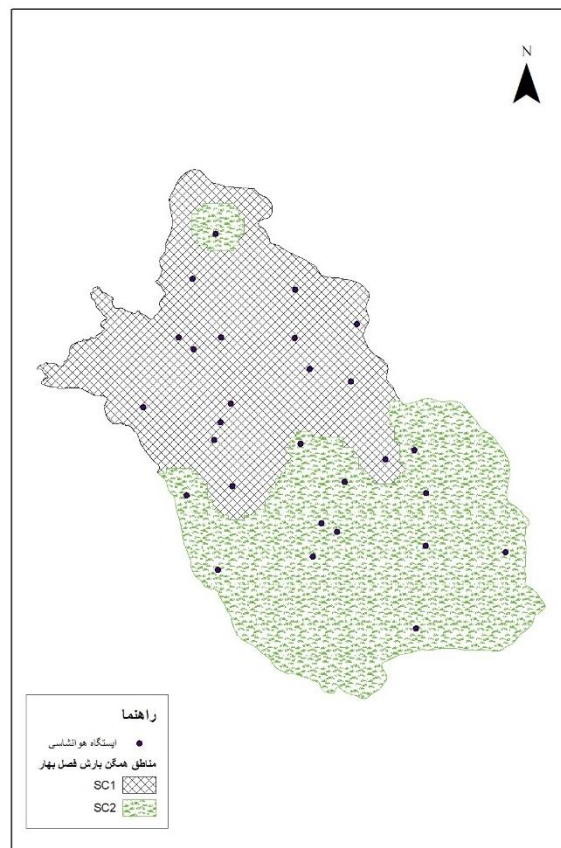
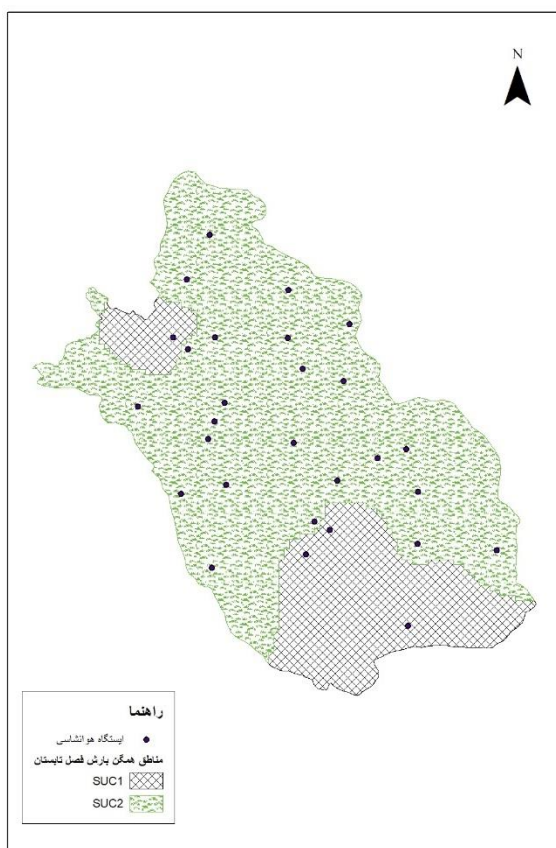
تابستان			بهار			ایستگاه
تخمینگر شیب سن	رگرسیون خطی	من-کندال	تخمینگر شیب سن	رگرسیون خطی	من-کندال	
0.00	0.06	0.91	-0.50	-0.35	-0.95	آباده طشک
-0.64	-1.17	-1.52	-0.12	-0.50	-0.25	اداره لار
0.00	-0.18	-0.91	-0.18	-0.08	-0.21	ارسنجان
0.06	0.04	0.43	-0.25	-0.20	-0.23	استهبان
2.55	4.23	3.28	-3.25	-4.85	-0.06	برغان
0.00	0.07	0.05	-0.61	-0.72	-0.50	تنگاب فیروزآباد
0.77	1.00	1.89	-0.25	-0.72	-1.91	چهرم
0.00	0.14	0.25	-0.21	-0.26	-0.37	حاجی آباد- زرین دشت
0.00	-0.11	-1.28	0.20	0.45	0.11	درودزن
0.00	0.08	1.64	0.00	0.14	0.05	دژگاه
0.00	0.18	0.66	0.52	0.80	0.82	ده بید
0.00	-0.02	-0.41	0.27	0.04	0.21	سده
0.00	0.09	0.75	-0.27	-0.26	-0.59	سروستان
0.00	-0.08	-1.02	-0.23	-0.05	-0.52	شیراز (سازمان آب)
0.00	-0.03	0.55	-0.17	-0.24	-0.20	فراشبند
0.04	0.16	1.28	0.00	-0.18	-0.25	فرگ
0.00	-0.02	0.46	0.00	0.11	0.00	فسا - باران سنجی
0.00	-0.17	-0.29	-1.38	-1.65	-0.69	کازرون
0.00	-0.16	-0.16	0.04	0.04	0.00	گوزون
0.00	-0.09	-0.34	0.39	0.41	0.39	مادر سلیمان
0.00	-0.09	0.15	-0.36	-0.31	-0.32	مزبجان بوانات
0.00	0.27	1.82	-0.09	-0.13	-0.18	نیریز
0.00	0.04	0.46	0.57	0.56	1.16	آباده
0.00	-0.15	-2.14	-0.52	-0.35	-0.50	درودزن
0.00	-0.08	-0.32	0.29	0.52	0.37	فسا - سینوپتیک
0.00	0.00	-0.16	-0.13	0.04	-0.18	شیراز
0.00	0.05	-0.64	-0.50	-0.36	-0.82	زرقان

جدول ۶- مقادیر شیب تغییرات بارش با استفاده از روش‌های تخمینگر شیب سن و رگرسیون خطی و مقادیر Z روش من-کندال در مقیاس فصلی (فونت توپر: معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

زمستان			پاییز			ایستگاه
تخمینگر شیب سن	رگرسیون خطی	من-کندال	تخمینگر شیب سن	رگرسیون خطی	من-کندال	
-3.15	-3.28	-1.75	-0.08	-1.38	-0.11	آباده طشک
-3.30	-5.29	-1.89	0.00	-0.47	0.30	اداره لار
-4.73	-4.58	-2.25	0.00	-1.07	-0.02	ارسنجان
-3.11	-3.34	-1.25	-0.21	-3.17	-0.27	استهبان
-14.44	-14.56	-2.46	4.77	4.35	1.53	برغان
-6.36	-5.73	-1.93	-0.58	-1.95	-0.34	تنگاب فیروزآباد
-1.97	-2.68	-1.32	-0.33	-1.04	-0.14	چهرم
-1.92	-2.91	-1.03	0.00	-0.79	0.16	حاجی آباد- زرین دشت
-4.13	-4.09	-1.18	-0.34	-1.45	-0.18	درودزن
-2.30	-2.50	-1.55	0.00	-0.35	0.00	دژگاه
-0.67	-1.26	-0.59	0.08	-0.34	0.20	ده بید
-4.14	-4.61	-1.78	1.15	-0.51	0.59	سده
-3.28	-3.57	-1.91	-0.35	-0.91	-0.52	سروستان
-4.87	-4.99	-2.46	-0.05	-0.75	-0.04	شیراز (سازمان آب)
-4.48	-4.03	-2.21	-0.30	-1.49	-0.21	فراشبند
-1.94	-3.70	-1.28	0.30	-1.14	0.77	فرگ
-3.79	-4.14	-1.96	-0.07	-2.05	-0.11	فسا - باران سنجی
-6.70	-6.63	-2.21	-1.55	-1.88	-0.68	کازرون
-1.97	-3.03	-0.96	0.01	-1.77	0.07	گوزون
-4.25	-3.94	-2.16	-0.41	-0.94	-0.25	مادر سلیمان
-0.69	-0.92	-0.54	0.20	-0.49	0.34	مزیدجان بوانات
-1.63	-2.36	-1.11	0.00	-2.46	-0.09	نیریز
-0.50	-0.71	-0.89	-0.08	-0.80	-0.07	آباده
-4.01	-4.20	-1.07	-0.32	-1.53	-0.11	درودزن
-2.77	-2.77	-1.28	0.00	-2.35	-0.09	فسا - سینوپتیک
-4.60	-4.05	-2.11	-0.33	-0.88	-0.18	شیراز
-4.58	-4.24	-2.11	0.26	-0.83	0.14	زرقان



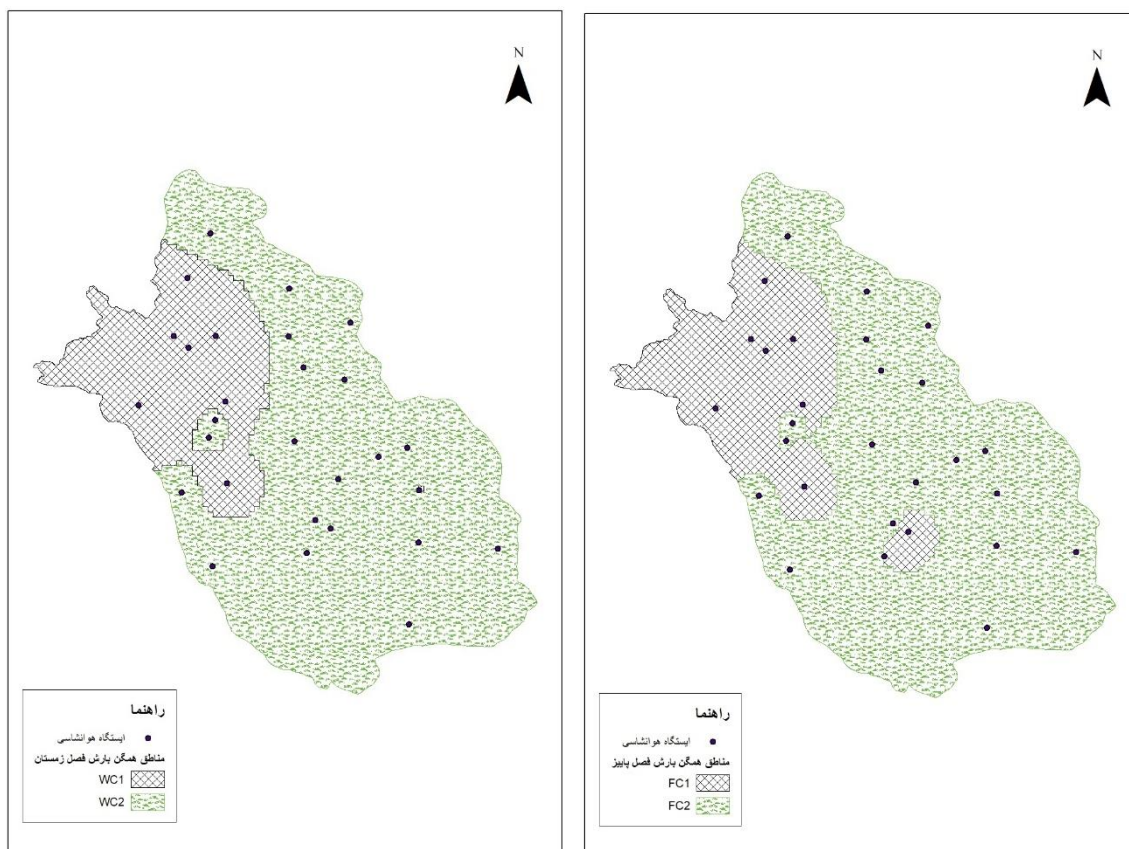
شکل ۵- نقشه مناطق همگن بارش در مقیاس سالانه



شکل ۶- نقشه مناطق همگن بارش در مقیاس فصلی (نقشه سمت راست، فصل بهار، نقشه سمت چپ: فصل تابستان)

علاوه رنج تغییرات در سطح استان در فصل زمستان نسبت به سایر فصول زیادتر است. این میزان بارش و تغییرات مکانی در فصل زمستان به وضوح تاثیر خود را بر روی بارش سالانه نشان داده است. این تحلیل با نتایج روند بارش در مقیاس نقطه‌ای نیز همخوانی دارد که بارش زمستانه بیشترین تاثیر را روی بارش سالانه در محدوده زمانی مورد مطالعه داشته است. بیشترین بارش‌ها در مناطق WC1، SC2، AC1، FC1 و WC1 مشاهده شده است. تمامی این مناطق در شمال غرب استان قرار دارند که هم مرتفع‌تر بوده و هم اینکه محل عبور جریان‌های بارش‌زایی است که از سمت غرب و جنوب غرب وارد کشور می‌شوند. تنها در فصل تابستان است که میزان بارش در جنوب استان بیشتر از شمال غرب می‌باشد که به نظر می‌رسد این امر به دلیل فعالیت بیشتر مانسون هند در این فصل است که از جنوب شرق ایران وارد کشور می‌شود.

شکل ۶-چپ مناطق همگن مربوط به فصل تابستان را نشان می‌دهد. در این فصل استان به دو منطقه SUC1 (۳ ایستگاه) با ۲۶ درصد و SUC2 (۲۴ ایستگاه) با ۷۴ درصد از سطح کل تقسیم شده است. این نقشه نشان می‌دهد که در فصل تابستان تقریباً تمام استان تجربه بارشی همسان را دارند. شکل ۷-راست حاکی از این امر است که در فصل پاییز نیز ما شاهد دو منطقه همگن FC1 و FC2 به ترتیب با اختصاص ۲۷ درصد از سطح استان (۱۹ ایستگاه) و ۷۳ درصد (۸ ایستگاه) هستیم. به صورت مشابه در فصل زمستان نیز استان به دو گروه همگن بارشی تقسیم بندی شده است منطقه همگن WC1 (۷ ایستگاه) ۲۵ درصد و منطقه همگن WC2 (۲۰ ایستگاه) ۷۵ درصد از سطح استان را به خود اختصاص داده‌اند. جدول ۷ مشخصه‌های آماری همه مناطق همگن را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود بالاترین میزان متوسط بارش در فصل زمستان و کمترین میزان در فصل تابستان مشاهده شده است. به



شکل ۷- نقشه مناطق همگن بارش در مقیاس فصلی (نقشه سمت راست، فصل پاییز، نقشه سمت چپ: فصل زمستان)

جدول ۷ - مشخصه‌های مناطق همگن

مقیاس	منطقه همگن	تعداد ایستگاه	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	متوسط مجموع بارش (میلیمتر)	رنج تغییرات (میلیمتر)
سالانه	AC1	۷	۲۹۴۴۴.۸۴	۲۴	۴۸۷	۲۲۷
	AC2	۲۰	۹۳۱۶۳.۱	۷۶	۲۶۰	
بهار	SC1	۱۲	۶۴۸۴۳.۶۸	۵۳	۳۴	۲۶
	SC2	۱۵	۵۷۷۶۴.۲۷	۴۷	۶۰	
تابستان	SUC1	۳	۳۱۲۷۱.۹۱	۲۶	۳۲	۲۸
	SUC2	۲۴	۹۱۳۳۶.۰۳	۷۴	۴	
پاییز	FC1	۸	۳۲۶۲۲.۵۹	۲۷	۱۴۴	۷۸
	FC2	۱۹	۸۹۹۸۵.۳۶	۷۳	۶۶	
زمستان	WC1	۷	۳۰۸۸۰.۴۷	۲۵	۲۶۸	۱۲۶
	WC2	۲۰	۹۱۷۰۲.۴۸	۷۵	۱۴۲	

تحلیل روند منطقه‌ای

پس از تهیه نقشه‌های مناطق همگن، روند منطقه‌ای در سطح اطمینان ۹۵٪ برای هر منطقه و در هر دو مقیاس فصلی و سالانه مورد بررسی قرار گرفت. آزمون من-کندال متوسط منطقه‌ای در نظر می‌گیرد که داده‌ها به صورت سریالی و مکانی مستقل هستند. بنابراین در این مطالعه ابتدا خود همبستگی داده‌ها با استفاده از روش تاخیر ۱- مورد بررسی قرار گرفته و سپس روش من-کندال متوسط منطقه‌ای روی داده‌های اصلی یا پیش سفید شده اجرا گردید.

مقیاس سالانه

جداول ۸ و ۹ به ترتیب نتایج بررسی روند در مقیاس منطقه‌ای و ایستگاهی برای هر منطقه همگن را نشان می‌دهد. نتایج بررسی روند منطقه‌ای در مقیاس سالانه حاکی از این امر است که تمام استان تحت تاثیر تغییرات کاهشی معنادار بارش می‌باشد. میزان Z من-کندال در منطقه جنوبی

و غربی استان بیشتر از منطقه شمال غرب می‌باشد. علی‌رغم اینکه روش من-کندال تنها جهت روند را نشان می‌دهد، نه مقدار آن را، ولی می‌توان از مقدار Z من-کندال تا حدودی این نتیجه را گرفت که در مناطق جنوبی استان کاهش بارش بیشتر بوده است. روند نقطه‌ای در منطقه همگن AC1 حاکی از این امر است که تمامی ایستگاه‌ها شاهد کاهش بارش بوده‌اند و در ایستگاه‌های برغان، تنگاب فیروزآباد و کازرون، این روند کاهشی بیشتر و در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار بوده است. به نظر می‌رسد این ایستگاه‌ها بیشترین تاثیر را در حاصل شدن نتیجه روند کاهشی در این منطقه داشته‌اند. در منطقه همگن AC2 به طور مشابه تمامی ایستگاه‌ها شاهد کاهش بارش بوده‌اند، این روند کاهشی در ایستگاه‌های اداره لار، ارسنجان، فراه‌بند و مادر سلیمان دارای مقدار معناداری بوده‌اند.

جدول ۸- نتایج تحلیل روند منطقه‌ای (فونت توپر: معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

مقیاس	منطقه همگن	S-Average	Z
سالانه	AC1	-109.0	-5.1
	AC2	-79.1	-6.3
بهار	SC1	-10.4	-0.6
	SC2	-12.4	-0.9
تابستان	SuC1	64.0	2.0
	SuC2	6.7	0.6
پاییز	FC1	4.0	0.2
	FC2	-0.2	0.0
زمستان	WC1	-105.1	-5.0
	WC2	-85.8	-6.8

جدول ۹- جدول نتایج تحلیل روند منطقه‌ای و نقطه‌ای به تفکیک مناطق همگن برای مقیاس سالانه، فصول بهار و تابستان (فونت توپر):
معنادر در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

تابستان			بهار				سالانه				
Z	S	ایستگاه	منطقه	Z	S	ایستگاه	منطقه	Z	S	ایستگاه	منطقه
-1.57	-89.00	اداره لار	SuC1	-0.3	-16.0	اداره لار	SC1	-2.2	-127.0	برغان	AC1
3.23	173.00	برغان		-1.9	-	جهرم		-2.0	-113.0	تنگاب فیروزآباد	
1.91	108.00	جهرم		-0.4	-24.0	حاجی آباد-زرین دشت		-1.8	-103.0	درودزن	
0.91	52.00	آباد طشک	SuC2	0.1	4.0	دژگاه	SC2	-1.2	-69.0	سده	AC2
-0.87	-50.00	ارسنجان		-0.6	-32.0	سروستان		-1.9	-109.0	شیراز (سازمان آب)	
0.46	27.00	استهبان		-0.2	-13.0	فراشبند		-2.5	-142.0	کازرون	
0.18	11.00	تنگاب فیروزآباد		-0.2	-12.0	فرگ		-1.8	-100.0	درودزن	
0.30	18.00	حاجی آباد- زرین دشت		0.0	1.0	فسا - باران سنجی		-1.7	-95.0	آباد طشک	
-1.34	-76.00	درودزن		0.0	3.0	گوزون		-2.0	-113.0	اداره لار	
0.71	41.00	دژگاه		-0.3	-18.0	نیریز		-2.1	-119.0	ارسنجان	
0.66	38.00	ده بید		1.2	68.0	آباد		-1.8	-101.0	استهبان	
-0.43	-25.00	سده		0.4	21.0	فسا - سینوپتیک		-0.9	-49.0	جهرم	
0.77	44.00	سروستان		-0.9	-54.0	آباد طشک		-1.1	-62.0	حاجی آباد- زرین دشت	
-1.16	-66.00	شیراز (سازمان آب)		-0.2	-13.0	ارسنجان		-1.0	-57.0	دژگاه	
0.54	31.00	فراشبند		-0.2	-15.0	استهبان		-0.6	-34.0	ده بید	
1.28	73.00	فرگ	0.0	2.0	برغان	-1.7	-99.0	سروستان			
0.32	19.00	فسا- باران سنجی	-0.5	-28.0	تنگاب فیروزآباد	-2.0	-115.0	فراشبند			
-0.46	-27.00	کازرون	0.1	8.0	درودزن	-1.2	-69.0	فرگ			
-0.51	-28.00	گوزون	0.8	47.0	ده بید	-1.9	-107.0	فسا- باران سنجی			
-0.32	-19.00	مادر سلیمان	0.2	12.0	سده	-1.2	-66.0	گوزون			
0.13	8.00	مزایجان بوانات	-0.5	-28.0	شیراز (سازمان آب)	-2.0	-112.0	مادر سلیمان			
1.82	103.00	نیریز	-0.7	-36.0	کازرون	-0.6	-33.0	مزایجان بوانات			
0.46	27.00	آباد	0.4	23.0	مادر سلیمان	-1.6	-89.0	نیریز			
-1.02	-58.00	درودزن	-0.3	-18.0	مزایجان بوانات	-0.2	-11.0	آباد			
-0.73	-42.00	فسا - سینوپتیک	-0.5	-30.0	درودزن	-1.2	-68.0	فسا - سینوپتیک			
1.03	59.00	شیراز	-0.2	-12.0	شیراز	-1.5	-85.0	شیراز			
0.00	0.00	زرقان	-0.8	-44.0	زرقان	-1.7	-97.0	زرقان			

مقیاس فصلی

در فصل بهار، استان تغییرات کاهشی را تجربه کرده است اما این کاهش در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار نبوده است (جدول ۹). در این فصل اغلب ایستگاه‌های واقع شده در منطقه همگن SC1 شاهد یک کاهش غیر معنادار بارش در دوره‌ی مورد مطالعه بوده‌اند. به نظر می‌رسد که تنها ایستگاه‌های آباده و دژگاه شاهد یک افزایش نسبی بارشی بوده‌اند که البته در نتیجه حاصله برای روند منطقه‌ای تأثیری نداشته است. در منطقه همگن SC2 نیز به صورت مشابه اغلب ایستگاه‌ها دارای شیب کاهشی بارشی بوده‌اند و تمام این تغییرات نیز از لحاظ آماری بی‌معنا بودند. تحلیل‌ها برای فصل تابستان حاکی از این امر است که محدوده‌هایی از شمال و جنوب استان شاهد یک روند افزایشی معنادار بوده‌اند. این امر برای جنوب استان ممکن است به دلیل افزایش فعالیت‌های مانسون هند و برای شمال استان افزایش فعالیت توده‌های وارده به کشور از شمال غرب و غرب و یا گسترش دامنه سامانه مانسون باشد. با نگاهی به نتایج ایستگاهی در منطقه همگن SUC1 مشاهده می‌شود که به جز ایستگاه اداره لار که شاهد کاهش بارش بوده است، دو ایستگاه برغان و جهرم شاهد افزایش بارش بوده‌اند و این میزان افزایش در ایستگاه برغان معنادار است. بقیه قسمت‌های استان (منطقه همگن SUC2) شاهد افزایش بارش به صورت غیر معنادار بوده‌اند و اغلب ایستگاه‌های واقع در این منطقه و هماهنگ با روند منطقه‌ای شاهد افزایش غیر معنادار بارش بوده‌اند.

طبق جداول ۱۰ و ۸ در فصل پاییز تغییر معناداری در بارش در طول مدت مورد مطالعه مشاهده نمی‌گردد. جهت تغییرات بارش در تمام استان در این فصل افزایشی ولی غیرمعنادار است. این نتایج در مقیاس منطقه‌ای تقریباً با مقیاس نقطه‌ای همخوانی دارد. در فصل زمستان همانند مقیاس سالانه شاهد کاهش بارش در هر دو منطقه WC1 و WC2 است. این شیب منفی بارش در قسمت شرق و جنوب استان بیشتر از شمال غرب است. در منطقه همگن WC1 تمامی ایستگاه‌ها دارای کاهش بارش هستند و از بین آن‌ها ایستگاه‌های برغان، شیراز و کازرون روند منفی معنادار دارند. در منطقه همگن WC2 نیز تمامی ایستگاه‌ها شاهد کاهش بارش بوده و ایستگاه‌های ارسنجان، فراشبند،

مادرسلیمان، شیراز و زرقان روند نزولی معنادار در سطح اطمینان ۹۵٪ دارند. نتایج نشان می‌دهد که روند کاهشی زمستان نسبت به سایر فصول بیشترین تأثیر را روی روند سالانه داشته است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف مطالعه حاضر بررسی روند بارش در استان فارس ایران می‌باشد. بارش ماهانه ۲۷ ایستگاه در طول دوره ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ برای مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. این ایستگاه‌ها با پراکندگی نسبتاً خوبی سطح استان را پوشش می‌دهند. داده‌های جمع‌آوری شده به صورت سالانه و فصلی تجمیع گردیدند. سپس روش‌های من-کندال، تخمین گر شیب سن و تحلیل رگرسیون خطی برای تحلیل روند مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که به صورت کلی نتایج روش‌های پارامتریک و غیرپارامتریک در مقیاس نقطه‌ای با یکدیگر همخوانی دارند. در بررسی روند نقطه‌ای در مقیاس سالانه و فصول پاییز و زمستان استان شاهد کاهش بارش می‌باشد. در حالی که در فصول بهار و تابستان تغییر آنچنانی مشاهده نگردید.

در مقیاس سالانه در تمام ایستگاه‌ها کاهش میزان بارش مشاهده گردید. این یافته با یافته‌های جهاندیده و شیروانی (۱۳۹۱) هم‌راستا است که روند کاهشی بارش سالانه در سه ایستگاه آباده، شیراز و فسا را گزارش نمودند. ولی ایستگاه‌های ارسنجان، برغان، تنگاب فیروزآباد و فراشبند تنها نقاطی هستند که روند بارشی آن‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار است. در مقیاس فصلی، تقریباً در اکثر فصول و اکثر ایستگاه‌ها، شیب کاهشی بارش مشاهده گردید، به جز فصل تابستان که در اکثر ایستگاه‌ها یک افزایش بسیار کم بارش مشاهده می‌گردد. در نتایجی مشابه، فیروزی و همکاران (۱۳۹۱)، روند افزایش بارش فصل بهار و تابستان در ایستگاه لامرد را گزارش دادند. در فصل بهار و تابستان به ترتیب ۴۸٪ و ۶۷٪ درصد از ایستگاه‌ها شاهد کاهش بارش هستند ولی این روندها معنادار نیستند. در فصل پاییز ۷۴٪ از ایستگاه‌ها شیب منفی بارش را تجربه کردند و از میان این ایستگاه‌ها، تنها ارسنجان، برغان، شیراز، فراشبند، کازرون، ما در سلیمان و زرقان شاهد روند کاهشی معنادار در سطح اطمینان ۹۵٪ بودند.

جدول ۱۰- جدول نتایج تحلیل روند منطقه‌ای و نقطه‌ای به تفکیک مناطق همگن برای مقیاس فصول پاییز و زمستان (فونت توپر: معنادر در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

زمستان				پاییز			
Z	S	ایستگاه	منطقه	Z	S	ایستگاه	منطقه
-2.5	-132.0	برغان	WC1	1.5	87.0	برغان	FC1
-1.9	-109.0	تنگاب فیروزآباد		-0.3	-20.0	تنگاب فیروزآباد	
-1.2	-67.0	درودزن		-0.2	-10.0	درودزن	
-1.8	-101.0	سده		0.6	34.0	سده	
-2.5	-139.0	شیراز (سازمان آب)		0.0	-2.0	شیراز (سازمان آب)	
-2.2	-126.0	کازرون		-0.7	-40.0	کازرون	
-1.1	-62.0	درودزن		-0.1	-7.0	درودزن	
-1.7	-99.0	آباده طشک	WC2	-0.2	-10.0	جهرم	FC2
-1.9	-106.0	اداره لار		-0.1	-6.0	آباده طشک	
-2.2	-127.0	ارسنجان		0.3	19.0	اداره لار	
-1.2	-71.0	استهبان		0.0	-1.0	ارسنجان	
-1.3	-75.0	جهرم		-0.3	-20.0	استهبان	
-1.1	-60.0	حاجی آباد-زرین دشت		0.2	10.0	حاجی آباد-زرین دشت	
-1.5	-86.0	دژگاه		0.0	2.0	دژگاه	
-0.6	-34.0	ده بید		0.2	13.0	ده بید	
-1.9	-108.0	سروستان		-0.5	-29.0	سروستان	
-2.2	-125.0	فراشیند		-0.2	-13.0	فراشیند	
-1.3	-73.0	فرگ		0.7	43.0	فرگ	
-1.9	-110.0	فسا - باران سنجی		-0.1	-8.0	فسا - باران سنجی	
-1.0	-55.0	گوزون		0.1	6.0	گوزون	
-2.2	-122.0	مادر سلیمان		-0.2	-14.0	مادر سلیمان	
-0.6	-34.0	مزایجان بوانات		0.3	19.0	مزایجان بوانات	
-1.1	-65.0	نیریز	-0.1	-7.0	نیریز		
-1.0	-55.0	آباده	-0.1	-8.0	آباده		
-1.3	-73.0	فسا - سینوپتیک	-0.1	-7.0	فسا - سینوپتیک		
-2.1	-119.0	شیراز	-0.2	-12.0	شیراز		
-2.1	-119.0	زرقان	0.2	10.0	زرقان		

حوضه آب و کشاورزی، توجه بیشتری به امر شود. به علاوه با توجه به نشانه‌هایی از افزایش بارش در فصول بهار و تابستان، باید توجه کافی به مساله سیلاب در این فصول و خسارات ناشی از آن وجود داشته باشد و به صورت کلی مدیریت جامع منابع آب در این شرایط متغیر باید به طور جد مدنظر قرارگیرد و تا حداقل خسارات و بیشترین منافع از این شرایط حاصل شود.

به صورت کلی تمامی تحلیل‌های نقطه‌ای و منطقه‌ای نشان دهنده کاهش بارش به خصوص در مقیاس سالانه و فصلی در زمستان می‌باشد. در طرف مقابل نشانه‌هایی از شروع افزایش بارش در فصل تابستان وجود دارد. با توجه به اینکه اکثر بارش سالانه استان در فصل زمستان رخ می‌دهد، کاهش بارش در این فصل می‌تواند تاثیرات منفی جبران ناپذیری بر استان بگذارد که البته تاکنون گذاشته است. بنابراین انتظار بر این است که در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی

7. Chen, Z. 2010. A note on the runs test. *Model Assisted Statistics and Applications*, 5(2), 73-77.
8. Cunderlik, J. M., & Burn, D. H. 2004. Linkages between regional trends in monthly maximum flows and selected climatic variables. *Journal of Hydrologic Engineering*, 9(4), 246-256.
9. Douglas, E., Vogel, R., Kroll, C., 2000. Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation. *Journal of Hydrology* 240: 90–105.
10. Firoozi, F., Negaresh, K., Khosravi, M., 2002. Modeling, forecasting and investigation of rainfall in selected stations of Fars province. *Regional Planning. Journal of regional planning*, 2(7): 77-91. (In Persian)
11. Gholamhosseini, A., Baharlu, F., 2021., Assessment of climate change impacts on geographic distribution of *Merops orientalis* in southern Iran: a case study in Fars province. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 34(2): 98-109. (In Persian)
12. Hamed, K. H., & Rao, A. R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of hydrology*, 204(1-4), 182-196.
13. Helsel, D.R. and Hirsch, R.M. 1992. *Statistical methods in water resources*. Elsevier, Amsterdam.
14. Hirsch, R. M., Slack, J. R., & Smith, R. A. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water resources research*, 18(1), 107-121.
15. Jahandideh, M., Shiravani, A., 2002, Trend analysis for the time series of precipitation in Fars province., *Water Resources Engineering Journal*., 5(12): 75-86. (In Persian)
16. Kardi, T. 2007. K-Means clustering tutorials. <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/kMean/>.
17. Kendall, M.G. 1975. *Rank correlation methods*: Charles Griffin. Oxford, London, UK.
18. Longobardi, A. and Villani, P. 2009. Trend analysis of annual and seasonal rainfall time
- با توجه به اینکه این مطالعه محدود به استفاده از سه روش تحلیل روند نقطه‌ای و یک روش تحلیل روند منطقه‌ای بود، پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی از روش‌های بیشتر به ویژه در تحلیل منطقه‌ای روند استفاده و نتایج مقایسه گردد. به علاوه استفاده از روش‌های دیگر برای منطقه‌بندی نیز می‌تواند در بهبود روش کار موثر باشد. همچنین جهت حذف مرحله میان‌یابی داده‌ها برای منطقه‌بندی محدوده مطالعاتی و افزایش دقت مطالعه، استفاده از داده‌های شبکه‌ای بارش -در صورت در دسترس بودن- پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. Adamowski, K. and Bougadis, J. 2003. Detection of trends in annual extreme rainfall. *Hydrological Processes* 17: 3547–3560.
2. Ahani, H., Kherad, M., Kousari, M.R., Rezaeian-Zadeh, M., Karampour, M.A., Ejraee, F. and Kamali, S. 2012. An investigation of trends in precipitation volume for the last three decades in different regions of Fars province, Iran. *Theoretical and Applied Climatology* 109: 361–382.
3. Azirani, T., A., Ghorbani, H., Gholipour, J., 2022 , Trend Analysis and Detection of Seasonal Changes in climatic variables Temperature and Precipitation in the Mountainous part of Gharaghom Basin., *Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas*., 9: 41-54. (In Persian)
4. Basistha, A., Arya, D. and Goel, N. 2009. Analysis of historical changes in rainfall in the Indian Himalayas. *International Journal of Climatology* 29: 555–572.
5. Birsan, M.V., Molnar, P., Burlando, P. and Pfaundler, M. 2005. Stream flow trends in Switzerland. *Journal of Hydrology* 314: 312–329.
6. Caloiero, T., Coscarelli, R., Ferrari, E. and Mancini, M. 2011. Trend detection of annual and seasonal rainfall in Calabria (Southern Italy). *International Journal of Climatology* 31: 44–56.

- Earth, Part B Hydrology, Oceans and Atmosphere 24: 85–90.
29. Shirgholami, M., Masoodian, S.A., 2023., Analysis of Spatiotemporal Variations and Trends of Precipitation in Yazd Province by Asfezari Database During 1349 to 1394., *Journal of Natural Environmental Hazards*, 12(35): 95-114. (In Persian)
 30. Tabari, H. and Talaei, P.H. 2011. Temporal variability of precipitation over Iran: 1966–2005. *Journal of Hydrology* 396: 313–320.
 31. Tabari, H., & Marofi, S. 2011. Changes of pan evaporation in the west of Iran. *Water Resources Management*, 25(1), 97-111.
 32. Tavose, T., Rakhshani, Z., Firouzi, F., 2014., Trend Analysis of the Changes in Seasonal and Annual Maximum and Minimum Temperatures in Fars province by the Use of Nonparametric Methods. *Nivar*, 38(87-86): 29-38. (In Persian)
 33. Yue, S. and Hashino, M. 2003. Long term trends of annual and monthly precipitation in Japan. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 39: 587–596.
 34. Yue, S. and Wang, C.Y. 2002. Regional streamflow trend detection with consideration of both temporal and spatial correlation. *International Journal of Climatology* 22: 933–946.
 35. Zhang, X., Vincent, L. a., Hogg, W.D. and Niitsoo, A. 2000. Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century. *Atmosphere-Ocean* 38: 395–429.
 36. Zohrabi, N., Massah, B.A., Goodarzi, E., Heidarnejad, M. 2016. Identify Trend in the Annual Temperature and Precipitation in Karkheh River Basin. *Wetland Ecobiology*, 8 (2) :5-22. (In Persian)
 19. Mann, H.B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society* 245–259.
 20. Moh'd B, A.Z. and al Rawi, M. 2008. An efficient approach for computing silhouette coefficients. *Journal of Computer Science* 4: 252.
 21. Novotny, E. V. and Stefan, H.G. 2007. Stream flow in Minnesota: Indicator of climate change. *Journal of Hydrology* 334: 319–333.
 22. Omidvar, K., Salari, H., 2003., Studying the trend of heat and precipitation changes in the west and northwest of Iran using parametric and non-parametric methods., *Geography*, 18: 271-288. (In Persian)
 23. Rana, A., Uvo, C.B., Bengtsson, L. and Parth Sarthi, P. 2011. Trend analysis for rainfall in Delhi and Mumbai, India. *Climate dynamics* 38: 45–56.
 24. Razali, N. M., & Wah, Y. B. 2011. Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, 2(1), 21-33.
 25. Renard, B., Lang, M., Bois, P., Dupeyrat, A., Mestre, O., Niel, H., Sauquet, E., Prudhomme, C., Parey, S., Paquet, E., Neppel, L. and Gailhard, J. 2008. Regional methods for trend detection: Assessing field significance and regional consistency. *Water Resources Research* 44: W08419.
 26. Sadri, S., Madsen, H., Mikkelsen, P.S. and Burn, D.H. 2009. Analysis of extreme rainfall trends in Denmark, in: proceedings of the 33rd iahr congress: water engineering for a sustainable environment. International association of hydraulic engineering & research (IAHR), Vancouver, Canada, 9-14 August .1731–1738.
 27. Sen, P.K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association* 63: 1379–1389.
 28. Serrano, A., Mateos, V.L. and Garcia, J.A. 1999. Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921–1995. *Physics and Chemistry of the*