نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی
سال چهاردهم | شماره پنجاه و پنجم | پاییز ۱۴۰۲
وصول: ۱۴۰۱/۰۴/۲۱ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۳
صص ۴۶-۲۹

تحلیل تغییر پذیری و نوسان بارش سالانه در مناطق پسته کاری استان کرمان براساس تحلیل سری‌های زمانی

احمد مزیدی*[۱]، علیرضا بنی اسدی [۲]، غلامعلی مظفری[۳]، کمال امیدوار[۴]
۳،۱ دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد
۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه یزد
و ٤- استاد گروه جغرافیا، دانشگاه یزد

چکیده

بررسی رفتار غیر خطی و تغییر پذیر بارش به‌عنوان مهم‌ترین عنصر در تأمین آب حائز اهمیت است. در این تحقیق برای تحلیل رفتار سری بارش از سه ایستگاه کرمان، سیرجان و رفسنجان در سه منطقه عمده پسته‌کاری در استان کرمان در طول دوره آماری (۱۳۹۹-۱۳۶۴) استفاده شد. ابتدا پارامترهای آماری داده بارش در سه ایستگاه بررسی و به‌دنبال آن شناسایی رفتار و هنجار بارش مورد توجه قرار گرفت. برای بررسی همگنی میانگین و واریانس از آزمون همگنی میانگین بر اساس آزمون الکساندر سون و همگنی واریانس بر اساس آزمون وان نیومن استفاده شد. برای آشکار سازی روند و یا عدم وجود روند از روش‌های پارامتری (آزمون خود همبستگی، ضریب همبستگی پیرسون و آزمون کمترین مربعات خطا) و از آزمون‌های ناپارامتری (آزمون آماری من کندال، آزمون نقاط عطف و ضریب همبستگی اسپیرمن و کندال تائو) استفاده گردید. نتایج نشان داد سری داده‌های بارش در هر سه ایستگاه از نظر میانگین و واریانس ناهمگن هستند. بر اساس آزمون‌های پارامتری ضریب همبستگی پیرسون و آزمون کمترین مربعات خطا در ایستگاه رفسنجان روند کاهشی بارش در دوره مطالعه وجود دارد. آزمون‌های ناپارامتری من کندال و نقاط عطف نیز مشخص نمود در داده‌های بارش سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه روند دیده نمی‌شود و آزمون فرض صفر باید مورد پذیرش قرار گیرد. با استفاده از نمودار خودهمبستگی نگار، نمایان شد که مشاهدات دارای ارتباط معنی داری با هم نبوده و مستقل از هم می‌باشند. روش ناپارامتری چندک‌ها نشان داد که بارش سالانه ایستگاه‌های رفسنجان، کرمان و سیرجان دارای مشاهدات پرت نمی‌باشند. در ایستگاه کرمان دوره ۱۳۹۶-۱۳۶۶ دارای کمترین (۱۱۰ میلی‌متر) و دوره ۱۳۹۹-۱۳۶۹(۱۱۵ میلی‌متر) دارای بیشترین میانگین بوده است. دوره زمانی ۱۳۹۷- ۱۳۶۷ دارای کمترین میانگین و واریانس نسبت به سایر دوره‌ها بوده است، و به‌عنوان با ثبات‌ترین دوره بارش ایستگاه کرمان انتخاب شد. در ایستگاه رفسنجان دوره ۱۳۹۹-۱۳۷۱ دارای کمترین (۷۰ میلی‌متر) و دوره ۱۳۹۵-۱۳۶۷(۸۱ میلی‌متر) بیشترین میانگین را به خود اختصاص داده است در ایستگاه رفسنجان دوره زمانی ۱۳۹۹- ۱۳۷۱ دارای کمترین میانگین و واریانس نسبت به سایر دوره‌ها بوده است. و به‌عنوان با ثبات‌ترین دوره بارش ایستگاه فسنجان انتخاب گردید در ایستگاه سیرجان دوره ۱۳۹۵-۱۳۶۴ دارای کمترین میانگین (۱۰۴ میلی‌متر) و دوره ۱۳۹۹-۱۳۶۹۹(۱۰۸/۹ میلی‌متر) دارای بیشترین میانگین بوده‌اند. در این ایستگاه دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۶۴ دارای کمترین میانگین و واریانس نسبت به سایر دوره‌ها بوده است. و به‌عنوان با ثبات‌ترین دوره بارش ایستگاه سیرجان انتخاب شد.

کلید واژه‌ها: بارش، سری زمانی، همگنی مشاهدات، روند، کرمان.

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۳۵۳۱۱۳۵
Email: mazidi@yazd.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر محدودیت منابع آبی برای تأمین آب مورد نیاز کشاورزی و غیر کشاورزی موجب بروز مشکلات زیادی شده‌است. بارش به‌عنوان مهم‌ترین مشخصه اقلیمی هر منطقه از عوامل اساسی برای تصمیم‌گیری، مدیریت و برنامه ریزی مدیریت منابع آب است. بارش به‌عنوان اولین عنصر آغاز چرخه کم آبی برای مناطق خشک مانند استان کرمان از اهمیت اساسی برخوردار می‌باشد مناطق پسته کاری استان کرمان با توجه شرایط جغرافیایی و اقلیمی از نظر وضعیت منابع آبی در شرایط شکننده‌ای قرار دارد. شکنندگی منابع آبی و تنش کم آبی به‌دلیل کاهش نزولات جوی از یک طرف و افزایش جمعیت و افزایش سطح زیر کشت باغ‌ها پسته از طرفی دیگر، اهمیت ارزیابی و شناسایی رفتار بارش سالانه در این منطقه حساس از ایران مرکزی را ضروری می‌سازد. با توجه به اینکه تاکنون تحلیل سری زمانی بارش سالانه در مناطق عمده پسته کاری استان کرمان که عمدتاً نواحی شمالی استان و شهرستانهای کرمان، رفسنجان و سیرجان را شامل می‌شود صورت نگرفته‌است؛ لذا این تحقیق با هدف شناسایی رفتار بارش و تحلیل سری زمانی آن در سه ایستگاه اصلی استان برای دوره آماری بلند مدت انجام شده‌است. نتایج این پژوهش می‌تواند با ارائه درک بیشتر از رفتار بارش سالانه، نقش مؤثری در برنامه‌های مدیریت منابع آب ایفا نماید.

مدل سازی و تحلیل رفتار بارش براساس سری‌های زمانی مورد توجه محققان مختلف بوده است. محققان به‌منظور تحلیل نوسانات و چرخه‌های عناصر اقلیمی به‌خصوص بارش، تلاش کرده‌اند این پارامتر را مطالعه و مدل‌سازی کنند. مدرسی و سرحدی(۲۰۰۹) در پژوهش خود با عنوان تحلیل روند بارندگی ایران در نیمه پایانی قرن بیستم، به تحلیل روند مکانی و زمانی حداکثر بارندگی سالانه و ۲٤ ساعته با استفاده از داده‌های بارشی ۱٤٥ ایستگاه بارش سنجی ایران پرداخته‌اند. مطالعه نشان‌می‌دهد که میزان بارندگی سالانه در ٦۷ درصد ایستگاهها باران سنجی کشور کاهش داشته است. در حالی که حداکثر بارندگی ۲٤ ساعته در ۵۰ درصد ایستگاهها افزایش را نشان‌می‌دهد. نتایج هم چنین نشان داد روند منفی بارندگی سالانه بیشتر در نواحی شمالی و شمال غربی مشاهده می‌شود، در حالی که روند مثبت حداکثر بارندگی ۲٤ ساعته بیشتر در مناطق خشک و نیمه خشک ایران وجود دارد.

لطیف و همکاران (۲۰۱٦) تحلیل بارش سالانه براساس سری‌های زمانی بر روی حوضه بالایی ایندوس پرداختند. نتایج نشان داد که در سری سالانه بارش روند افزایشی، اما در بارش فصلی در بعضی مناطق روند کاهشی رخ‌داده است. چاندنیها و همکاران، (۲۰۱۷)، در تحقیق خود تغییرپذیری مکانی و زمانی بارش در ایالت Jharkhand هند را با استفاده از یک سری زمانی ماهانه بارش ۱۱۱ ساله (۲۰۱۱-۱۹۰۱) از ۱۸ ایستگاه هواشناسی مورد بررسی قرار دادند. تست‌های خود همبستگی و من کندال/ مان کندال اصلاح شده برای تشخیص روندهای ممکن مورد استفاده قرار گرفتند، و آزمون تخمین گر شیب سن برای تعیین اندازه تغییر در کل سری زمانی استفاده شد. برای دوره‌های بارندگی سالانه، موسمی و زمستانی، آزمون شیب نشان‌دهنده روند کاهشی برای همه ایستگاه‌ها در طول سال ۱۹۰۱ تا ۲۰۱۱ بود. بیش‌ترین تغییرپذیری در بارش‌های پس از مانسون (۷۷.۸۷ درصد) و کم‌ترین تغییرپذیری در سری سالانه (۱۵/۷۸ درصد) در طول ۱۱۱ سال مشاهده شد.

عزیزی و همکاران (۲۰۱٤) در مطالعه خود رفتار اقلیمی دو متغیر قابل مشاهده اصلی، یعنی دمای ماهانه (حداکثر و حداقل) و میانگین بارندگی به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در ٦۰ ایستگاه هواشناسی ایران به‌مدت ٤۰ سال از سال ۱۳٤۸ تا ۱۳۸۷ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در تابستان و پاییز، بارندگی در نواحی جنوب شرقی ایران روند منفی (در سطح ۵ درصد) داشت و این روند در فصل بهار کمتر است، اما در زمستان روند خاصی مشاهده نشد. حداقل و حداکثر دما در فصل زمستان روند خاصی نداشته‌است. بهار با افزایش روند مثبت در بیشینه دما در جنوب غرب و شمال شرق همراه بود.

مینایی و ایران (۲۰۱۸) به تحلیل روند مکانی – زمانی بارش، دما و دبی رودخانه در شمال شرق ایران در دهه‌های اخیر پرداخته‌اند. تحلیل روند آشکار نمود، سری‌های زمانی بارش روزانه، ماهانه و سالانه به‌ترتیب در ۱۲/۵، ۱۹ و ۱۲/۵ درصد از ایستگاه‌ها روند افزایشی معنی‌داری وجود دارد. برای میانگین دما، روند گرمایش به نوبه خود در ۳۸، ۲۳ و ۳۱

درصد ایستگاه‌ها در مقیاس‌های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه مشاهده شد. دبی روزانه و ماهانه رودخانه در ۸۰ و ٤٠ درصد ایستگاه‌ها کاهش یافت. به‌طور کلی، این نتایج نشان‌دهنده افزایش قابل‌توجه در بارش و دما، اما کاهش دبی رودخانه در دهه‌های اخیر است. از این رو، می‌توان نتیجه گرفت که روند کاهشی در سری‌های زمانی دبی رودخانه در شمال شرق ایران طی سال‌های ۱۹۵۳ تا ۲۰۱۳ در واکنش به گرم شدن دما است که باعث افزایش میزان تبخیر و تعرق می‌شود. تفاوت بین نتایج مطالعه گسترده حاضر در مقیاس بزرگ و نتایج تحقیقات قبلی، ضرورت انجام مطالعات محلی مبتنی بر مدل بیشتر در مورد تغییرات اقلیمی و محیطی در سراسر شمال شرق ایران را تایید می‌کند.

تهرانی و همکاران(۲۰۱۹) برای تحلیل روند متغیرهای آبی هیدرو کلیمای شمال ایران، از آزمون ناپارامتریک من-کندال برای ارزیابی روند سالانه، فصلی و ماهانه بارش و جریان رودخانه حوضه نکا در شمال ایران در یک دوره ٤٤ ساله (۱۳۵۱ تا ۱۳۹٤) استفاده نمودند. نتایج یک‌روند نزولی در بارش سالانه و زمستانه ($Z<-1.96$) و یک‌روند صعودی در حداکثر بارش روزانه سالانه را نشان داد. میانگین جریان سالانه و ماهانه در اکثر ماه‌ها در حوضه نکا به میزان ١٤ درصد کاهش نشان داد اما حداکثر جریان روزانه سالانه ۱۱۸ درصد افزایش یافت. به‌طور کلی، از دیدگاه آبی-اقلیمی، نتایج نشان داد که منطقه مورد مطالعه به‌سمت وضعیتی با حوادث خشک‌سالی شدیدتر حرکت می‌کند.

صالحی و همکاران(۲۰۲۰) در مطالعه خود تحلیل همگنی مکانی و زمانی و روند بارش‌های فصلی و سالانه و نوسانات آنها طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۳٦ در ایران را مورد پژوهش قرار دادند. مطالعه نشان داد که بیشتر سری‌های زمانی بارش‌های فصلی و سالانه همگن بوده و نقطه تغییر تنها در چند ایستگاه مشاهده شد. به‌طور کلی طی سال‌های ۱۹۸٦-۱۹۵۷ یک‌روند صعودی و به‌دنبال آن طی سال‌های ۲۰۱٦-۱۹۸۷ روند نزولی قابل توجهی در بارش کشور رخ‌داده است. آزمون متوالی من کندال چندین نقطه تغییر احتمالی را در طول زمان شناسایی کرد، اگرچه اکثر آنها از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵٪ غیر معنادار بودند دو نتیجه اصلی مطالعه فوق این بود که، به‌طور کلی بعد از ۱۹۹۰ روند نزولی قابل توجهی در بارش در کل کشور رخ داد و دوم، تغییر در بارش از زمستان به بهار در برخی از ایستگاه‌ها در مناطق مختلف همگن مشاهده شد.

سلیقه و همکاران(۱۳۹٤) به تحلیل روند و چرخه‌های سری زمانی بارش سالانه حوضه‌های آبریز حله و مند پرداختند. علیجانی و همکاران(۱۳۹۵) تحلیل نوسان‌های بارش ایران با استفاده از تحلیل طیفی (تحلیل هم سازها) را مطالعه نمودند. نتایج نشان داد، که چرخه‌های معنی‌دار ۳- ۲ ساله، ٥- ۳ ساله، ٦- ۲ ساله و گاهی ۱۱ ساله و بالاتر بر بارش ایران حاکم است. بیش‌ترین و متنوع‌ترین چرخه‌ها به‌دلیل قرارگیری در سایه ناهمواری‌های زاگرس از یک‌سو و مجاورت با خلیج‌فارس از سوی دیگر در بخش‌های از جنوب و جنوب غرب رخ‌داده. است.

شناخت رفتار آب و هوا در طی زمان، به‌منظور مدیریت و برنامه‌ریزی بر پایه آب و هوا، در معرض توجه محافل علمی و عمومی است. به این دلیل مطالعه رفتار آب و هوا در گذشته تحت عنوان بررسی زمانی آب و هوا، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است (عساکره، ۱۳۹٦: ٦۹ : جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۹). بارش از نوسان‌ترین عناصر اقلیمی به‌شمار می‌رود. بنابراین شناخت رفتار نوسانی آن از ضروریات برنامه‌ریزی محیطی (آگاهی از رفتار آشکار و نهان) این متغیر کلیدی می‌باشد (سلیقه و همکاران، ۱۳۹٤). بارش به‌عنوان اولین عنصر آغاز چرخه کم آبی برای مناطق خشک مانند استان کرمان از اهمیت اساسی برخوردار می‌باشد. از این رو مطالعه بارش به‌منزله مهیا و تأمین کننده آب در بخش کشاورزی و غیر کشاورزی در مقیاس زمانی و مکانی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. مناطق پسته‌کاری استان کرمان با توجه شرایط جغرافیایی و اقلیمی از نظر وضعیت منابع آبی در شرایط شکننده‌ای قرار دارد. شکنندگی منابع آبی و تنش کم آبی به‌دلیل کاهش نزولات جوی از یک طرف و افزایش جمعیت و افزایش سطح زیر کشت باغ‌ها پسته از طرفی دیگر، اهمیت ارزیابی و شناسایی رفتار بارش سالانه در این منطقه حساس از ایران مرکزی را ضروری می‌سازد. با توجه به اینکه تاکنون تحلیل سری زمانی بارش سالانه در مناطق عمده پسته‌کاری استان کرمان که عمدتاً نواحی شمالی استان و شهرستان‌های کرمان، رفسنجان و سیرجان را شامل می‌شود صورت نگرفته‌است؛ لذا این تحقیق با هدف شناسایی رفتار بارش و تحلیل سری زمانی آن در سه ایستگاه

اصلی استان برای دوره آماری بلند مدت انجام شده‌است. نتایج این پژوهش می‌تواند با ارائه درک بیشتر از رفتار بارش سالانه، نقش مؤثری در برنامه‌های مدیریت منابع آب ایفا نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان کرمان بین عرض‌های ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع گردیده است. محدوده مورد مطالعه شامل سه شهرستان شمالی استان، رفسنجان، کرمان و سیرجان می‌شود. از نظر وسعت سه شهرستان فوق، ٦٦٠٤٨ کیلومتر مربع از کل وسعت کرمان را به خود اختصاص داده‌اند، به‌عبارت دیگر ۳٦/۲ درصد وسعت استان شامل سه شهرستان مورد مطالعه می‌شود. ۱،۳٦۰،۲۲۹ نفر از جمعیت، معادل ٤۳ درصد جمعیت استان در شهرستان‌های مورد مطالعه سکونت دارند. ویژگی‌های اقلیمی محدوده مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهرستان‌های مورد مطالعه را نشان‌می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات اقلیمی ایستگاه‌ها مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	نوع اقلیم (دمارتن)	متوسط دمای روزانه c°	متوسط حداقل دما روزانه °c	متوسط حداکثر دما روزانه c°	بارش (میلی‌متر)	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	تعداد روز یخبندان	تبخیر (میلی‌متر)
۱	کرمان	بیابانی	۱٦	۷	۲٤/۹	۱۳۲	۳٤/۲	۸٦	۱۳۳۹
۲	سیرجان	بیابانی	۱۸/۸	۱۱/٤	۲٦/۲	۱۳۷	۲۹/٤	٦۰	۲۸۰۱
۳	رفسنجان	فرا خشک	۱۷/۳	۹/۵	۲۵/۳	۸۵/۷	۳٤	٤۱	۱۷۵۸

داده‌های پژوهش

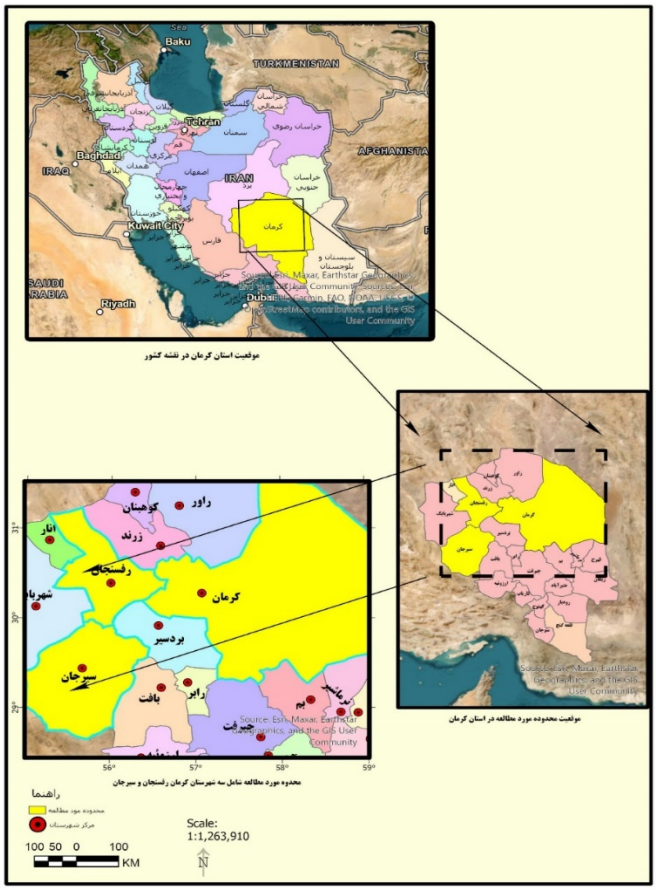
در این تحقیق از داده‌های بارش سالانه سه ایستگاه هم دید، کرمان، رفسنجان و سیرجان استفاده شد (جدول ۱).

سری زمانی بارش سالانه ایستگاه‌های فوق در دوره ۱۳۹۹-۱۳٦۵ از سازمان هواشناسی کشور و اداره هواشناسی استان کرمان اخذ گردید.

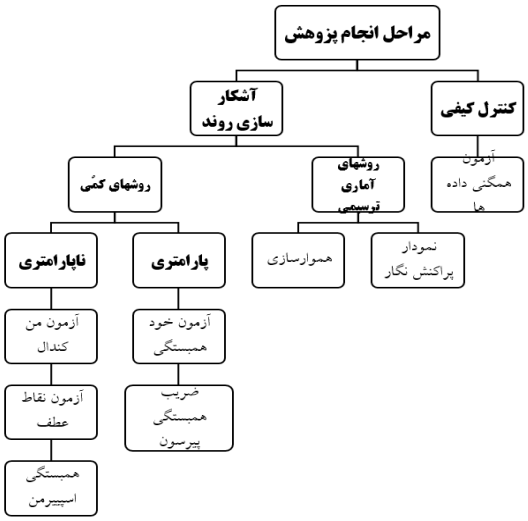
مراحل بررسی تحقیق

روش‌های آماری یکی از ابزارهای مفید برای تحلیل و بررسی رفتار عناصر اقلیمی به‌شمار می‌رود، افزون بر این، این روش‌ها امکان مدل‌سازی و پیشنگری رفتار عنصر مورد نظر را با دقت بالایی فراهم می‌سازند (شیر محمد، ۱۳۹۱: ۳۳). سری‌های زمانی آب و هوایی حاصل سنجش و اندازه گیری عناصر آب و هوایی هستند. این سری‌های زمانی همیشه در فواصل زمانی مساوی و منظم گردآوری می‌شوند. سری‌ها در طی زمان رفتارهای متفاوتی نشان می‌دهند که ممکن است مشابه یا متفاوت با گذشته خود (عساکره، ۱۳۹٦: ٦۹).

شکل ۲ مراحل انجام پژوهش را نشان‌می‌دهد بر اساس شکل فوق اولین گام در مطالعات مربوط به تغییر اقلیم بر پایه سری داده‌های بلند مدت اقلیمی، کسب اطمینان از همگنی داده‌های اقلیمی است. بعد از کنترل کیفی داده‌ها بر اساس آزمون‌های موجود همگنی، شاخص‌های آماری بارش ایستگاه‌ها مورد کنکاش قرار گرفته است. در ادامه رفتار و هنجار بارش در طی زمان بررسی شده‌است و در پایان تعیین روند در بارش سالانه ایستگاه‌ها با استفاده از روش‌های آماری- ترسیمی و آزمون‌های آماری مطالعه شده است، در ادامه هر کدام از مراحل روش کار به‌صورت مختصر توضیح داده می‌شود.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان کرمان



شکل ۲. فلوچارت مراحل انجام تحقیق

آزمون همگنی میانگین به‌روش الکساندر سون (SNHT)

در آزمون همگنی میانگین به‌روش الکساندرسون، میانگین k سال اول با میانگینn-k سال بعدی مقایسه می‌شود تا آماره T (k) به‌دست آید که عبارت است از:

$$T(k) = k_{z1}^{-2} + (n-k)_{z2}^{-2} \quad (۱)$$

$$\overline{z1} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}(Y-\bar{Y})^{ls} \quad (۲)$$

۳
$$\overline{z1} = \frac{1}{k}\sum_{i-k+1}^{k}[Y_i - \bar{Y}]^{ls}$$

در رابطه فوق

Y_I میانگین سری سالانه (از ۱ تا n)

$\bar{Y}$ میانگین سری

انحراف معیار S

K=1,2, …, n-1

فرض‌های آزمون فوق به‌صورت زیر تبیین می‌شود:

فرض صفر: سری همگن است

فرض مقابل: سری همگن نیست

آماره آزمون جهت رد فرض صفر بدین ترتیب تعریف شده است:

٤
$$T_0 = max\big(T(k)\big) = max[k_{z1}^{-2} + (n-k)_{z2}^{-2}]$$

اگر T_0 بزرگ‌تر از یک سطح بحرانی مشخص باشد می‌گوییم فرض صفر در سطح معنی داری مورد نظر رد شده‌است. مقادیر بحرانی که به طول سری و سطح معنی داری بستگی دارد در جدول ۱ آمده است.

وان نیومن (آزمون همگنی پراش یا واریانس)

این آزمون عبارت است از میانگین مجذور تفاضل متوالی سری به واریانس سری. اون(۱۹٦۲)، مقادیر آستانه را برای نسبت وان نیومن (N) برای سری‌های تا طول دوره ۵۰$(n \leq 50)$ و بوشیاد(۱۹۸۱) این مقدار آستانه را برای سری‌های n=70 و n=100 محاسبه و ارائه نمودند (جدول ۲). اگر نسبت وان نیومن (N) بزرگ‌تر از این مقادیر آستانه حاصل شود سری از نظر واریانس همگن بوده و اگر نسبت وان نیومن (N) کمتر از این مقادیر آستانه باشد سری داده‌ها از نظر واریانس ناهمگن می‌باشند.

جدول۲- مقادیر بحرانی برای آزمون همگنی الکساندر سون (الکساندر سون و موبرگ،۱۹۹۷)

n	۱۰	۲۰	۳۰	٤۰	۵۰	٦۰	۸۰	۱۰۰
T	۵/۷	٦/٦۵	۷/٦۵	۸/۱۰	۸/٤۵	۸/٦۵	۸/۹۵	۹/۱۵

جدول ۳- مقادیر آستانه برای نسبت وان نیومن (اون ۱۹٦۲ و بویشاند ۱۹۸۱)

N	۲۰	۳۰	٤۰	۵۰	۷۰	۱۰۰
T_{95}	۱.۳۰	۱.٤۲	۱.٤۹	۱.۵٤	۱.٦۱	۱.٦۷

بررسی مشخصات آماری بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه

در بررسی مشخصات آماری بارش ایستگاه‌ها. میانگین بارش سالانه، ضریب تغییرات بارش که نشان دهنده ناپایداری و عدم ثبات در تغییرات و افت و خیزهای بارش است. میانه، مد، چارک اول، چارک سوم، ضریب چولگی و کشیدگی هر ایستگاه محاسبه و تحلیل گردیده است.

محاسبه هنجار بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه

جهت شناسایی هنجار بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه بر طبق پیشنهاد سازمان جهانی هواشناسی بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه به دوره‌های ۳۰ ساله تفکیک شد. ۵ دوره ۳۰ ساله جهت تعیین هنجار بارش ایستگاه‌های کرمانُ رفسنجان و سیرجان مشخص شد. اولین دوره ۱۳۹٦-۱۳٦۵، دومین دوره ۱۳۹٦-۱۳٦٦ و به همین ترتیب تا آخرین دوره که مصادف است با سال‌های ۱۳۹۹-۱۳٦۹ دوره‌ها در معرض مقایسه میانگین قرار گرفتند. همچنین جهت تعیین رفتار تغییرپذیری دوره‌ها، واریانس دوره‌ها مقایسه شد. برای دستیابی به دوره بهنجار اقلیمی از واریانس دوره‌ها استفاده شد. دوره ایی که کمترین واریانس را داشت به‌عنوان دوره بهنجار بارش ایستگاه، لحاظ گردید و به این ترتیب دوره های که رفتار بارش از ثبات بیشتری برخوردار بوده است و دوره‌های که دارای بیشترین تغییر در مقدار بارش سالانه خود بوده‌اند شناسایی گردید.

آشکار سازی روند با استفاده از روش‌های آماری-ترسیمی

جهت آشکار سازی روند در سری زمانی بارش سالانه ایستگاه‌های سیرجان، کرمان و رفسنجان. از روش میانگین متحرک ۳ و ٦ ساله برای هموارسازی مشاهدات، از نمودار پراکنش نگار (Scatter Plot) به‌منظور آشکار سازی رفتار سری زمانی بارش و نمودار تعیین نقاط جهش در سری‌های زمانی به‌روش من کندال و هم چنین از تابع خودهمبستگی استفاده شد.

تابع خود همبستگی

تابع خودهمبستگی همبستگی یک سری زمانی را در تأخیر با همان سری زمانی محاسبه می‌کند (عساکره،۱۳۹٦: ۷۳). مقدار همبستگی در تأخیرهای مختلف به‌وسیله نموداری به نام همبستگی نگار نشان داده‌می‌شود. اگر خود همبستگی مشاهدات قابل توجه باشد یعنی مشاهدات دارای رفتار غیر تصادفی هستند و رفتارهای پسین با پیشین رابطه دارند و به‌شکل نوسان و روند خواهند بود. اگر این خودهمبستگی در مرتبه اول قابل توجه باشد یعنی یک سال با سال بعد، مشاهدات دارای روند هستند و اگر خودهمبستگی در مرتبه ۲ قابل توجه باشد (هر سال با دو سال بعد رابطه داشته‌باشد) داده‌ها دارای نوسان خواهند بود.

آشکار سازی روند با استفاده از آزمون‌های آماری

به‌منظور آشکار سازی وجود روند در بارش سالانه ایستگاه‌های رفسنجان، کرمان و سیرجان از دو آزمون نقاط عطف و آزمون من کندال استفاده گردید.

آزمون نقاط عطف

این آزمون نوعی آزمون استقلال و تصادفی بودن است که می‌تواند بر مشاهدات معمولی نیز اعمال شود. نقطه عطف به انقطاع توالی مقادیر همسان گفته‌می‌شود. نقاط عطف شامل رابطه ۱۲ نقاطی می‌شود از یک نقطه قبل و یا یک نقطه بعد از خود بزرگ‌تر یا از یک نقطه قبل از خود و یا از یک نقطه بعد از خود کوچک‌تر هست، بعد از محاسبه تعداد نقاط عطف با معادلات ۹ تا ۱۱ مقادیر امید ریاضی، واریانس امید ریاضی و در پایان مقدار آماره z محاسبه می‌شود (عساکره، ۱۳۹٦: ۷۵). انجام محاسبه تعداد نقاط سری زمانی هر ایستگاه با کدنویسی vb در محیط اکسل انجام شده‌است.

$$E(P)=\frac{۲(N-۲)}{۳} \qquad ۹$$

$$\mathbf{var}(p)=\frac{(۱٦N-۲۹)}{۹۰} \qquad ۱۰$$

$$Z=\frac{(P-E(P))}{\sqrt{VAR(P)}} \qquad ۱۱$$

قدر مطلق Z اگر بزرگ‌تر از ۱/۹٦ باشد، داده‌های مورد بررسی دارای روند می‌باشند. اگر کوچک‌تر یا مساوی ۱/۹٦ شد داده‌های مورد بررسی فاقد روند می-باشد کلیه محاسبات بالا در محیط نرم افزاری VB کدنویسی و مقدار Z محاسبه شده‌است.

آزمون من کندال

آزمون ناپارامتری من-کندال بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی بسط و توسعه یافت .این روش به‌طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به کار گرفته‌می‌شود. از نقاط قوت این روش، می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. 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. روابط ۱۲ تا ۱۵ محاسبه پارامترهای مورد نیاز این آزمون را نشان‌می‌دهد.

$$s=\sum_{i=۱}^{n-۱}\sum_{j=i+۱}^{n}\mathbf{sgn}(xj-xi)$$

رابطه ۱۳
$$\mathbf{sgn}(x)=\begin{cases}+۱ \; if \; (x_i - x_k) > ۰ \\ ۰ \; if \; (x_i - x_k) = ۰ \\ -۱ \; if \; (x_i - x_k) < ۰\end{cases}$$

رابطه ١٤
$$E(S)=۰$$

رابطه ۱۵
$$S=\frac{n(n-۱)(۲n+۵)-\sum_i^n t_i i \rightarrow (i-۱)(۲۰+۵)}{۱۸}$$

رابطه ١٦
$$z=\begin{cases}\dfrac{s-۱}{\mathbf{var}(s)} \; if \; s>۰ \\ ۰ \qquad if \quad s=۰ \\ \dfrac{s+۱}{\mathbf{var}(s)} \; if \; s>۰\end{cases}$$

$z_{a/2}$ مقدار ضریب بحرانی بر اساس سطح معنی داری و احتمال ۹۵ درصد، که عدد ۱/۹٦ می‌باشد. اگر $۱/۹٦ > z_{a/۲} > -۱/۹٦$باشد روندی در سری‌های زمانی مشاهده نمی‌گردد. اگر $z_{a/۲} < -۱/۹٦$ باشد روند منفی در سری زمانی مشاهده گردیده است و اگر $z_{a/۲} > +۱/۹٦$ باشد روند مثبت در سری‌های زمانی وجود دارد.

در این مطالعه با توجه به اینکه هدف اصلی تعیین روند در مقدار بارش سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه بوده است. از دو روش آزمون نقاط عطف و آزمون من کندال و سن شیب استفاده گردیده است.

نتایج و بحث

بر پایه اطلاعات جدول ۲ مقدار آستانه برای تعیین همگنی و یا ناهمگنی میانگین بر اساس روش الکساندر سون (SNHT)، با طول دوره آماری بین ۳۰ تا ٤۰ سال بهترتیب برابر با ۷/٦۵ و ۸/۱ میباشد و مقدار آستانه فوق برای بارش سالانه با طول دوره ۳٦ سال بهترتیب برای ایستگاه سیرجان، کرمان و رفسنجان ۲٦/۲، ۲۵/۵ و ۲٤/۰ بهدستآمد. که خیلی بیشتر از مقدار آستانه مورد نظر است. بنابراین میتوان گفت در سطح معنی داری ۹۵ درصد، فرض صفر یا (همگنی میانگین)، رد شده و میانگین سری بارش ناهمگن است.

با توجه به اینکه مقدار آستانه برای تعیین همگنی و یا ناهمگنی سری زمانی بر اساس روش وان نیومن با طول دوره آماری ۳۰ تا ٤۰ سال، بین ۱.٤۹ تا ۱.٤۲ می‌باشد (جدول ۲) و مقدار نسبت وان نیومن برای بارش سالانه با طول دوره ۳٦ سال به‌ترتیب برای سیرجان، ۰/۰۰۹، کرمان ۰/۰۱۰ و برای ایستگاه رفسنجان ۰/۰۱۰ به‌دست آمده است. این مقدار کمتر از مقدار آستانه مورد نظر بوده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت فرض صفر یا (همگنی واریانس‌ها)، رد شده، سری داده‌های هر سه ایستگاه از نظر واریانس ناهمگن هستند(جدول ۳).

جدول ٤ مشخصات آماری بارش سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. میانگین بارش سالانه ایستگاه کرمان، سیرجان و رفسنجان به‌ترتیب ۱۱۵/٤، ۱۰۵/٦ و ۸۳/۳ میلی‌متر می‌باشد. ضریب تغییرات بارش، ایستگاه‌های فوق به ترتیب ۳٤ درصد، ٤۵ و ۵٦ درصد است. نشان دهنده ضریب تغییرات زیاد ایستگاه‌های رفسنجان و سیرجان و در نتیجه ناپایداری و عدم ثبات در تغییرات و افت و خیزهای بارش این ایستگاه‌ها است. دو پارامتر میانه و میانگین ایستگاه کرمان خیلی به‌هم نزدیک هستند و هیچ‌کدام از ایستگاه‌ها دارای پارامتر مد نمی‌باشد. ضریب چولگی ایستگاه‌های کرمان، رفسنجان و سیرجان به‌ترتیب ۰/۵۳+، ۱/٤۸+ و ۰/۲۵+ می‌باشد. علامت مثبت چولگی نشان دهنده فراوانی داده‌های بارش کمتر از میانگین در این ایستگاه‌ها می‌باشد. این شرایط در ایستگاه رفسنجان بیشتر است که دال بر تواتر بارش‌های کمتر از میانگین در این منطقه از استان کرمان می‌باشد. همچنین. ضریب کشیدگی بارش ایستگاه‌های کرمان، رفسنجان و سیرجان به‌ترتیب ۰/۳۱، ۲/٦۷ و ۰/۹۵- می‌باشد. این مقدار ضریب کشیدگی

در دو ایستگاه کرمان و رفسنجان زیاد و بیانگر این است که مقادیر بیشینه بالاتر از میانگین در داده‌ها، زیادتر از مقادیر بیشینه کمتر از میانگین رخ‌داده است و نشانگر عدم وجود تقارن به‌صورت برجستگی نسبت به منحنی نرمال استاندارد است.

در جدول ۵ هنجار یا رفتار بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه بر طبق پیشنهاد سازمان جهانی هواشناسی که در آن بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه به دوره‌های ۳۰ ساله تفکیک می‌شود بررسی شده‌است. بر اساس روش فوق بارش ایستگاه‌ها به ۵ دوره ۳۰ ساله طبقه بندی شد. از ۵ دوره ایستگاه کرمان دوره ۱۳۹۶-۱۳٦٦ کمترین میانگین (۱۱۰ میلی‌متر) و دوره ۱۳۹۹-۱۳٦۹(۱۱۵ میلی‌متر) دارای بیشترین میانگین را به خود اختصاص داده‌اند. دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳٦۷ دارای کمترین میانگین و واریانس نسبت به سایر دوره‌ها بوده است، بنابراین به‌عنوان باثبات‌ترین دوره بارش ایستگاه کرمان انتخاب شد. دوره ۱۳۹۵-۱۳٦۵ دارای بیشترین واریانس نسبت به سایر دوره‌ها در این ایستگاه می‌باشد، و به‌عنوان دوره با بیشترین تغییرات در میانگین بارش انتخاب شد. واریانس دوره‌ها پنج ساله ایستگاه کرمان در چهار دوره اول دارای روند کاهشی و دوباره در دوره آخری یعنی دوره ۱۳۹۹-۱۳٦۹ دوباره افزایش یافته‌است.

در ایستگاه رفسنجان کمترین(۷۰ میلی‌متر) و بیشترین(۸۱ میلی‌متر) بارش به‌ترتیب به دوره ۱۳۹۹-۱۳۷۱ و دوره ۱۳۹۵-۱۳٦۷ تعلق دارد. در ایستگاه رفسنجان دوره زمانی ۱۳۹۹- ۱۳۷۱ دارای کمترین میانگین و واریانس نسبت به سایر دوره‌ها بوده است. به همین لحاظ به‌عنوان با ثبات‌ترین دوره بارش ایستگاه فسنجان انتخاب گردید. دوره ۱۳۹۵-۱۳٦۷ دارای بیشترین واریانس نسبت به سایر دوره‌ها به عنوان دوره‌ای که دارای بیشترین تغییرات در میانگین بارش ایستگاه است لحاظ شد. واریانس دوره‌های بارش رفسنجان از دوره‌های ابتدایی به‌سمت دوره‌های اخیر کاهش یافته‌است. هر دوره نسبت به دوره قبلی واریانس کمتری را تجربه کرده است. میانگین دوره‌ها نیز این روند را داشته‌اند و مانند واریانس از دوره‌های ابتدایی به‌سمت دوره آخری روند کاهشی را نشان‌می‌دهد. در ایستگاه سیرجان دوره ۱۳۹۵-۱۳٦۷ دارای کمترین میانگین (۱۰٤ میلی‌متر) و دوره ۱۳۹۹-۱۳٦۹(۱۰۸/۹ میلی‌متر) دارای بیشترین میانگین بوده‌اند. برای شناسایی دوره بهنجار اقلیمی ایستگاه سیرجان از واریانس دوره‌ها استفاده شد. در این ایستگاه دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳٦٤ دارای کمترین میانگین و واریانس نسبت به سایر دوره‌ها بوده است، از این رو به‌عنوان با ثبات‌ترین دوره بارش ایستگاه سیرجان انتخاب شد. دوره ۱۳۹۹-۱۳٦۹ دارای بیشترین واریانس به‌عنوان دوره دارای بیشترین تغییر در میانگین بارش در ایستگاه فوق انتخاب گردید.. واریانس دوره‌ها در دو دوره اول دارای روند کاهشی و مجدداً از دوره ۱۳۹۹-۱۳٦۹ دوباره افزایش یافته‌است. میانگین دوره‌ها نیز در چهار دوره اول افزایش و دوباره مانند واریانس در دوره آخری یعنی دوره ۱۳۹۹-۱۳٦۹ کاهش داشته است.

جدول ٤ مشخصات خلاصه پارامترهای آماری ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره ۱۳۹۹-۱۳٦٤

کرمان				سیرجان				رفسنجان			
میانگین	۱۱۵/٤	چولگی	۰/۵۳	میانگین	۱۰۵/٤	چولگی	۰/۲۵	میانگین	۸۳/۲	چولگی	۱/٤۸
میانه	۱۰۵/۲	کشیدگی	۰/۳۱	میانه	۱۰٤/۹	کشیدگی	-۰/۹۵	میانه	٦۹/٦	کشیدگی	۲/٦
مد	–	دامنه تغییرات	۱٦۷/۲	مد	–	دامنه تغییرات	۱٦۳/۲	مد	–	دامنه تغییرات	۲۰۹/۲
انحراف‌مع یار	۲۹/۰۸	چارک اول	۸۹/٤۷	انحراف‌مع یار	٤۷/٦	چارک اول	٦٦/۹	انحراف معیار	٤۳/٦	چارک اول	۵۷/۹
واریانس	۱۵۲۷	چارک سوم	۱٤۱/۱	واریانس	۲۳۰۱	چارک سوم	۱٤٤/۱	واریانس	۱۹۳۱	چارک سوم	۹۳/۱
ضرب تغییر	۰/۲٤	.کمینه	٤۱/۲	ضریب تغییر	۰/٤۵٤	.کمینه	۳۰/۱	ضریب تغییر	۰/۵٦۲	.کمینه	۱۲/۱
میانگین انحراف	٦/۵۱	بیشینه	۲۰۸/٤	میانگین انحراف	۸/۱	بیشینه	۱۹۳/۱	میانگین انحراف	۷/٤۳	بیشینه	۲۲۱/۱

استاندارد			استاندارد				استاندارد			

جدول ۵ مشخصات آماری دوره‌های منتخب جهت معرفی هنجار بارش ایستگاه‌های منتخب

نام ایستگاه	دوره آماری	میانگین	واریانس	انحراف‌معیار
کرمان	۱۳۹۵-۱۳٦٦(کمترین)	۱۱۰/۷	۱۱٤٥	۳۳/۸
	۱۳۹۹-۱۳٦۹(بیشترین)	۱۱٥/۸	۱۳۱٥	۳٦/۲
رفسنجان	۱۳۹۹-۱۳۷۱(کمترین)	۷۰/٤	۷٦۹	۲۷
	۱۳۹٥-۱۳٦۷(بیشترین)	۸۱/۸	۲۰۸۹	٤٥
سیرجان	۱۳۹٥-۱۳٦٤(کمترین)	۱۰٤/۹	۱۸۹۸	٤۳/٥
	۱۳۹۹-۱۳٦۹(بیشترین)	۱۰۸/۹	۲۲٤٦	٤۷/۳

توزیع بارش‌های سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در بافت نگار نشان داده شده است. بر اساس شکل‌های ۳ تا ٥ به خوبی قابل مشاهده است، بارش ایستگاه سیرجان از توزیع کم و بیش نرمال‌تری نسبت به ایستگاه‌های کرمان و رفسنجان برخوردار می‌باشد. در ایستگاه کرمان و رفسنجان (شکل‌های ٥.٤) توزیع بارش چوله به راست می‌باشد. و توزیع بارش‌های کمتر از میانگین در کرمان و رفسنجان را آشکار می‌کند.

شکل۷ میانگین متحرک ۳ و ٦ ساله مجموع بارش سالانه ایستگاه رفسنجان را نشان‌می‌دهد روند کاهشی بارش در نمودار قابل درک است. نمودار متحرک ایستگاه کرمان نیز روند کاهش بارش را در ذهن تداعی می‌کند (شکل ٦). بر خلاف دو ایستگاه رفسنجان و کرمان بارش در ایستگاه سیرجان دارای افت و خیز است اما دارای ثبات بیشتری می‌باشد و نسبت به دو ایستگاه کرمان و رفسنجان دارای روند کاهشی کمتری است(شکل ۸).

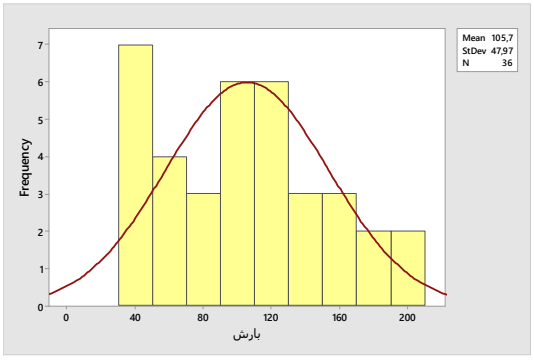
هم چنین نمودار خودهمبستگی ایستگاه‌ها نشان داد، در ایستگاه سیرجان در هیچ‌یک از تأخیرها شاخک‌های مربوط به مقدار خودهمبستگی از مرز معنی داری عبور نکرده‌اند. این شرایط برای خودهمبستگی جزئی و سالانه ایستگاه سیرجان در شکل ۹ قابل مشاهده‌است. بارش سالانه ایستگاه سیرجان در مرتبه یک دارای خودهمبستگی منفی است. در واقع در سیرجان بارش در تأخیر یک‌ساله معنی‌دار است. بنابراین بارش سالانه هر سال با یک سال بعد رابطه معنی‌دار نشان‌می‌دهد. این رابطه گویای تصادفی نبودن رفتار بارش در ایستگاه سیرجان است.

در ایستگاه رفسنجان نیز خودهمبستگی نگار جزئی و سالانه بر روی سری داده ترسیم شد. نتایج در شکل۱۰ قابل مشاهده‌است. در ایستگاه فوق در هیچ‌یک از تأخیرها شاخک‌های مربوط به مقدار خودهمبستگی از مرز معنی داری عبور نکرده‌اند. بنابراین در این ایستگاه نیز بارش رفتاری تصادفی دارد و مقدار بارش هر سال با سال‌های بعد ارتباط معنی داری ندارد.

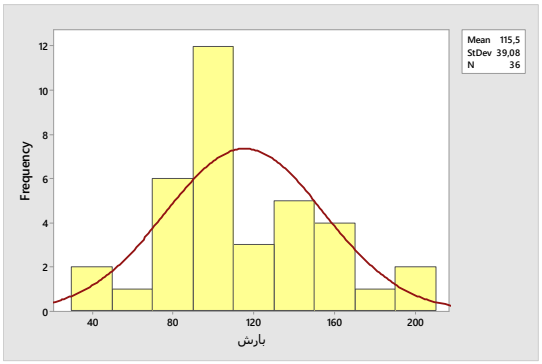
در ایستگاه کرمان نتایج خودهمبستگی از طریق نمودار خودهمبستگی جزئی و سالانه در شکل۱۱ مشخص شده‌است. نتایج نشان داد که در هیچ‌یک از تأخیرها در سری بارش سالانه کرمان از مرز معنی داری عبور نکرده بنابراین سری بارش سالانه در کرمان از رفتاری تصادفی برخوردار می‌باشد.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ٦ آزمون‌های همبستگی پیرسون، اسپیرمن و من-کندال تنها در ایستگاه رفسنجان شیب روند بارش سالانه کاهشی است و نشان دهنده کاهش بارش ایستگاه رفسنجان در طول دوره آماری مورد مطالعه است. برآیند حرکات نزولی در نهایت منجر به کاهش مقادیر بارش می‌شود در این حالت عموماً متوسط مقدار هر بخش از سری زمانی از متوسط بخش‌های پیشین کمتر است. بر اساس ضریب همبستگی پیرسون (همبستگی بارش با زمان)، ۰/٤۳٦ و کاهشی است. همبستگی زمان و بارش بر اساس ضریب همبستگی اسپیرمن و من-کندال نیز منفی و نشان از

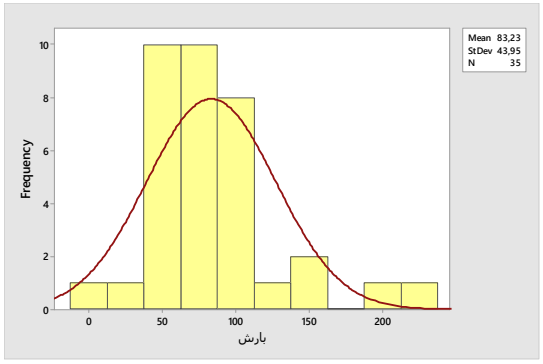
روند کاهشی است. اما در دو ایستگاه کرمان و سیرجان با توجه به اینکه مقدار آماره P بزرگ‌تر از سطح معنی داری ۰/۰۵ قرار دارد فرض صفر مورد پذیرش قرار می‌گیرد، بین پارامتر زمان و بارش در این دو ایستگاه روند وجود ندارد. آزمون نقاط عطف به‌منظور محاسبه تصادفی بودن (استقلال) داده‌ها استفاده شد، بر اساس نتایج آزمون نقاط عطف مقدار پارامتر Z در هر سه ایستگاه کوچک‌تر یا مساوی از سطح بحرانی ۱/۹۶ توزیع نرمال است، بنابراین بارش سالانه در ایستگاه‌های کرمان، رفسنجان و سیرجان فاقد روند است (جدول ۷).



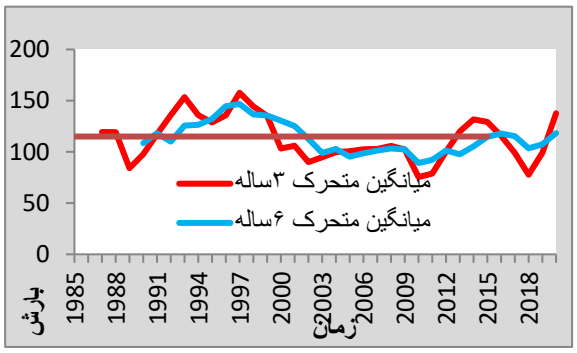
شکل ۳. بافت نگار بارش سالانه ایستگاه سیرجان ۱۳۹۹-۱۳٦٤



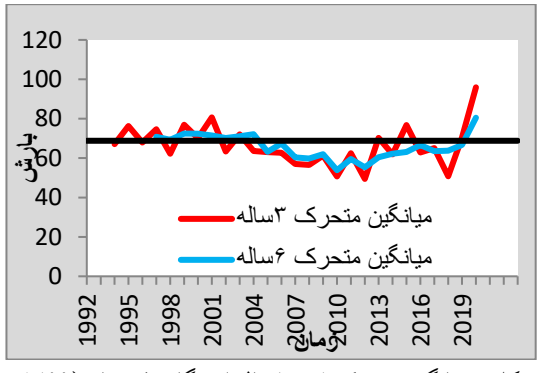
شکل ٤. بافت نگار بارش سالانه ایستگاه کرمان ۱۳۹۹-۱۳٦٤



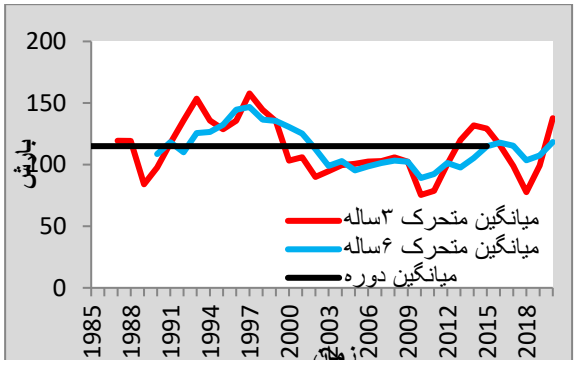
شکل ٥. بافت نگار بارش سالانه ایستگاه رفسنجان ۱۳۹۹-۱۳٦٤



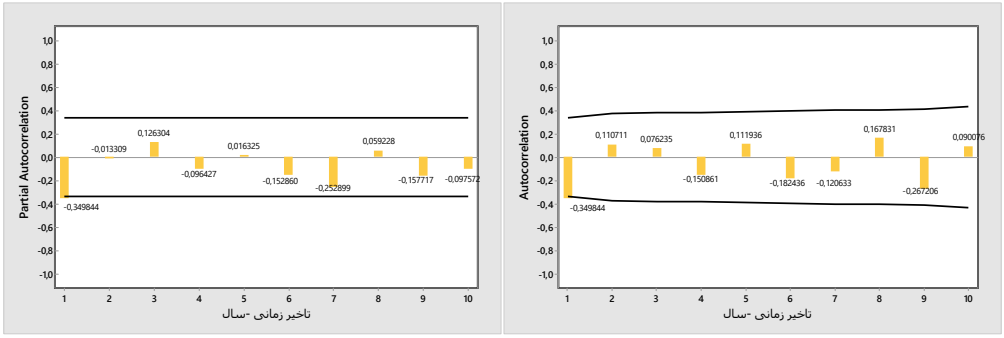
شکل ٦ میانگین متحرک ۳ و ٦ ساله ایستگاه کرمان(۱۳۹۹-۱۹۸٦)



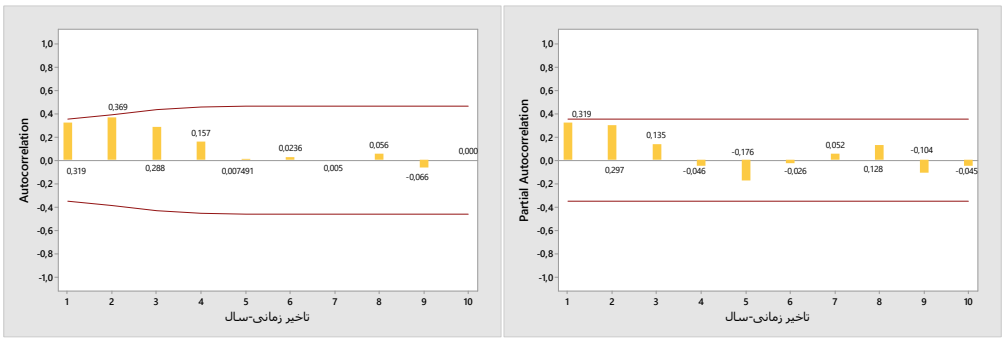
شکل ۷ میانگین متحرک ۳ و ٦ ساله ایستگاه رفسنجان (۱۳۹۹-۱۳٦٤)



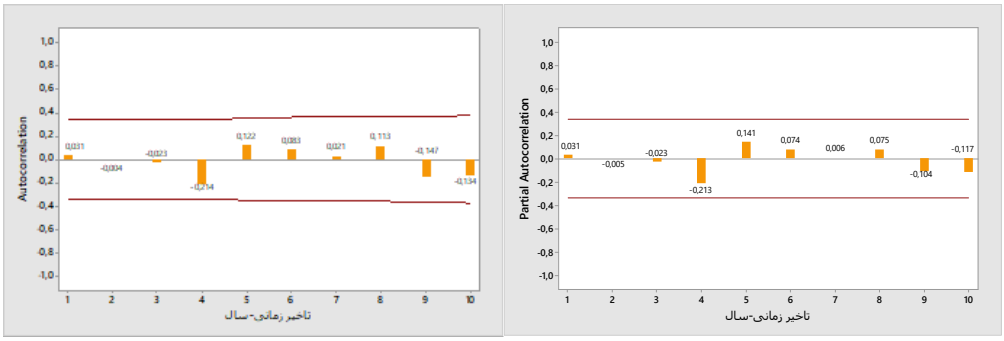
شکل ۸ میانگین متحرک ۳ و ٦ ساله ایستگاه سیرجان(۱۳۹۹-۱۳٦٤)



شکل ۹ خود همبستگی نگار بارش سالانه سیرجان(۱۳۹۹-۱۳٦٤) سمت چپ خود همبستگی جزئی سمت راست خود هبستگی



شکل ۱۰ خود همبستگی نگار بارش سالانه رفسنجان (۱۳۹۹-۱۳٦٤) سمت چپ خود همبستگی جزئی سمت راست خود هبستگی



شکل ۱۱ خود همبستگی نگار بارش سالانه کرمان (۱۳۹۹-۱۳٦٤) سمت چپ خود همبستگی جزئی سمت راست خود هبستگی

جدول ٦ آزمون‌های آماری ضرایب اسپیرمن، من کندال و پیرسون بارش ایستگاه های مورد مطالعه

نام ایستگاه	ضریب همبستگی اسپیرمن	آماره P	ضریب همبستگی من کندال	آماره P	ضریب همبستگی پیرسون	آماره P
رفسنجان	-۰/۳۵۱	۰/۰٤٥	-۰/۲٦۰	۰/۰۳٤	-۰/٤۳٦	۰/۰۱۱
سیرجان	۰/۰٤۹	۰/۷۷٦	۰/۷۸٥	۰/٤۲٥	۰/۰٦۰	۰/۷۳۰
کرمان	۰/۱۳۹	۰/٤۲٥	-۰/۰۹۹	۰/٤۰۲	-۰/۱۱٤	۰/٥۱٤

جدول ۷ آزمون نقاط عطف بارش سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه دوره آماری ۱۳۹۹-۱۹۸٦

نام ایستگاه	تعداد نقاط عطف	مقدارZ	روند
کرمان	۳۲	۰	استقلال داده‌ها (عدم وجود روند)

رفسنجان	۲۲	۱/۸۱۹	استقلال داده‌ها (عدم وجود روند)
سیرجان	۲٤	۰/۸۲۳	استقلال داده‌ها (عدم وجود روند)

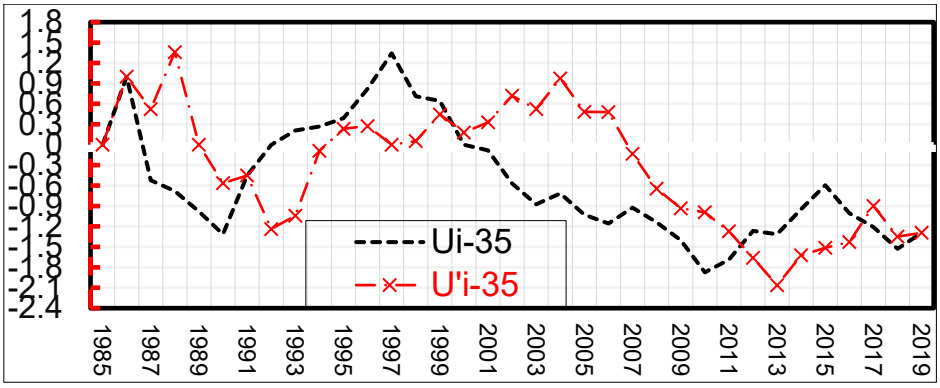
نتایج آزمون آماری من – کندال بر روی سری بارش سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۸ مشخص شده‌است. نتایج نشان داد که با توجه به مقدار z و P-value به‌دست‌آمده، فرض صفر مبنی بر عدم وجود روند باید مورد پذیرش قرار گیرد بنابراین براساس آزمون من – کندال در سری بارش سالانه ایستگاه‌های کرمان، سیرجان و رفسنجان روند معنی‌دار مشاهده نمی‌شود.

آزمون رتبه‌ای من کندال برای تعیین نقاط جهش در بارش سالانه ایستگاه کرمان نشان‌می‌دهد در رفتار بارش سالانه ایستگاه روند معنی داری دیده نمی‌شود بارندگی ایستگاه دارای افت و خیز است. به نظر می‌رسد از سال ۲۰۰۰ میلادی برابر با ۱۳۷۹ خورشیدی یک جهش با شیب منفی کاهشی در بارندگی سالانه ایستگاه به وقوع پیوسته و تا سال ۱۳۸۹ ادامه داشته است (شکل ۱۲)

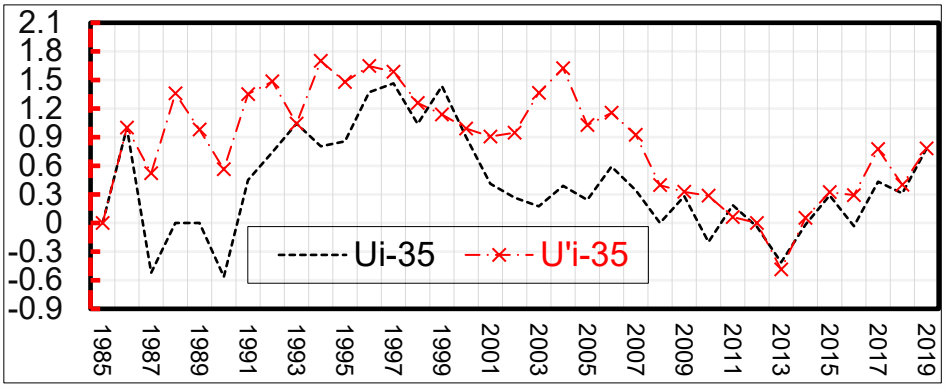
بر اساس شکل ۱۳ در ایستگاه سیرجان روند معنی‌دار دیده نمی‌شود فقط افت و خیزهایی قابل مشاهده‌است جهش خاصی هم در بارندگی سالانه ایستگاه وجود ندارد.

جدول ۸ نتایج آزمون آماری من کندال ایستگاه‌های مورد مطالعه دوره آماری ۱۳۹۹-۱۳٦٤

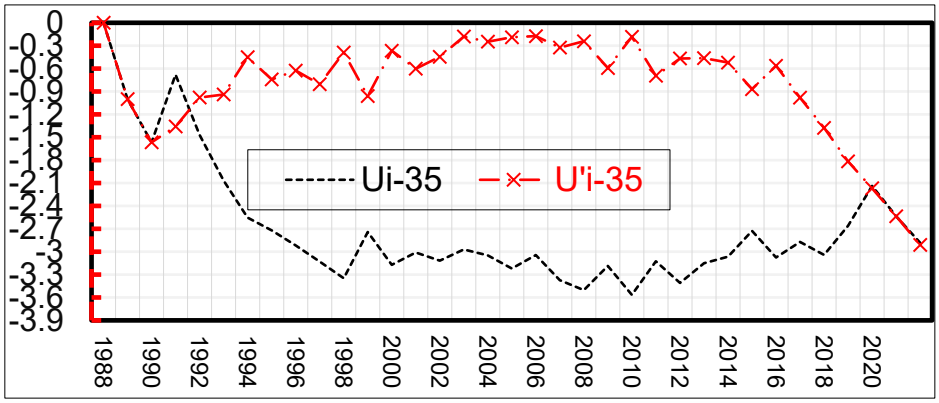
نام ایستگاه	Zمقدار	p-value	سن شیب	نتیجه آزمون
کرمان	-۰/۰۹۲	۰/٤۳۸	-۰/۵۰۳	پذیرش فرض صفر عدم وجود روند
رفسنجان	۰/۰۱۰	۰/۹۵۵	۰/۰۲٤	پذیرش فرض صفر عدم وجود روند
سیرجان	۰/۰۳۲	۰/۷۹٦	۰/۳۰۲	پذیرش فرض صفر عدم وجود روند



شکل ۱۲ آزمون رتبه‌ای من کندال و تعیین نقاط جهش در بارندگی سالانه ایستگاه رفسنجان دوره ۱۳۹۹-۱۳٦٤



شکل ۱۳ آزمون رتبه‌ای من و تعیین نقاط جهش در بارندگی سالانه ایستگاه سیرجان دوره ۱۳۹۹-۱۳٦٤



شکل ١٤ آزمون رتبه‌ای من و تعیین نقاط جهش در بارندگی سالانه ایستگاه رفسنجان دوره ۱۳۹۹-۱۳٦٤

بر پایه شکل ١٤ می‌توان گفت در بارش سالانه ایستگاه رفسنجان روند خاصی وجود ندارد اما نقطه جهش اصلی با شیب منفی به‌همراه کاهش بارش ایستگاه از سال ۱۹۹۰ برابر با ۱۳٦۹ اتفاق افتاده‌است.

مشاهده گردید سری زمانی بارش سالانه ایستگاه‌های هم دید مناطق پسته‌کاری استان کرمان دارای ضریب تغییرات زیاد و انحراف‌معیار و انحراف استاندارد بارش‌ها قابل توجه است و به‌طور کل برای مناطق پسته‌کاری، ارتباط معنی داری در سری بارش‌ها مشاهده نشد. بررسی رفتار بارش برای مدیریت صحیح منابع آب حائز اهمیت است. بر اساس اطلاعات موجود در سازمان جهاد کشاورزی استان کرمان در سال ۱۳۹۹، حدود ۱۳۹۰۷٦ اراضی باغ پسته در سه شهرستان رفسنجان، سیرجان و کرمان وجود دارد. شهرستان رفسنجان با ٦۲٥٤۳ هکتار در مرتبه اول و شهرستان سیرجان با ٤۲۷٤۱ هکتار در مرتبه دوم قرار دارد. با توجه به اینکه تمام آب مورد نیاز باغ‌های پسته در سه شهرستان مورد مطالعه از سفره‌های زیر زمینی تأمین می‌گردد. افت سالانه آب در چاه‌های دو شهرستان سیرجان و رفسنجان به‌ترتیب ۱ و ۰/٦ متر بر آورد گردیده‌است (مهر نژاد و همکاران،۱۳۸۹). برداشت بی رویه منابع آب‌های زیرزمینی بنا بر گزارش‌های اخیر سازمان نقشه برداری دشت‌های عمده حاشیه شهرهای کرمان سیرجان و منطقه نوق رفسنجان را با خطر فرونشست روبه‌رو کرده به‌طوری که شهرهای سیرجان، نجف شهر بیشترین نرخ فرونشست (۱۷ سانتی‌متر) در را سال دارند. بنابراین جا دارد موضوع فوق بیشتر مورد توجه قرار گیرد و به‌منظور استفاده از نتایج پژوهش‌های صورت گرفته در مدیریت منابع آب منطقه مورد مطالعه کیفیت وهمگنی داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی استان به‌منظور مطالعات تحلیل رفتار بارش مورد کنکاش قرار گیرد، وجود داده‌های مورد اطمینان و بلندمدت

مهم‌ترین مسئله در بررسی وجود روند در داده‌های بارش و دما می‌باشد در داده‌های طولانی مدت احتمال تأثیر عوامل انسانی وجود دارد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد بررسی همگنی داده‌های ایستگاه‌های هم دید استان با داده‌های بیش از ۳۰ سال مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از شناسه تاریخی ایستگاهها، مقایسه هم زمان روند پارامترهای جوی جهش‌های احتمالی در سری داده‌های جوی شناسایی و با آزمون‌های آماری همگنی داده‌ها بررسی شود.

نتیجه‌گیری

تحلیل بارش سالانه مناطق پسته‌کاری عمده استان کرمان از طریق ایستگاه‌های هواشناسی هم دید کرمان، رفسنجان و سیرجان در تحقیق حاضر براساس روش‌های مرسوم سری‌های زمانی انجام شد. ابتدا کیفیت داده‌ها و تعیین همگنی و یا ناهمگنی میانگین بر اساس روش الکساندر سون (SNHT)، انجام شد نتایج نشان داد در سطح معنی داری ۹۵ درصد، فرض صفر (همگنی میانگین)، رد می‌شود و میانگین سری داده ایستگاه‌ها همگن نیست. بر اساس روش وان نیومن نتیجه گرفته شد سری داده‌ها هر سه ایستگاه از نظر واریانس ناهمگن هستند. بررسی آماری بارش سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه مشخص نمود، میانگین بارش سالانه ایستگاه کرمان ۱۱۵/٤ میلی‌متر، ایستگاه سیرجان ۱۰۵/٦ و ایستگاه رفسنجان ۸۳/۳ میلی‌متر می‌باشد. ضریب تغییرات بارش، ایستگاه کرمان، سیرجان و رفسنجان به‌ترتیب ۳٤ ، ٤۵ و ۵٦ درصد به‌دست آمد. ضریب تغییرات زیاد ایستگاه‌های رفسنجان و سیرجان نشان دهنده ناپایداری و عدم ثبات در تغییرات و افت و خیزهای بارش در این ایستگاه ها است. ضریب چولگی ایستگاه‌های کرمان، رفسنجان و سیرجان به‌ترتیب ۰/۵۳+، ۱/٤۸+ و ۰/۲۵+ می‌باشد. علامت مثبت چولگی نشان دهنده فراوانی داده‌های بارش کمتر از میانگین در این ایستگاه‌ها می‌باشد. این شرایط در ایستگاه رفسنجان بیشتر است که دال بر تواتر بارش‌های کمتر از میانگین در این منطقه از استان کرمان دارد. بررسی هنجار بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه بارش بر اساس ۵ دوره ۳۰ ساله آشکار نمود، در ایستگاه کرمان دوره ۱۳٦٦-۱۳۹٦ دارای کمترین میانگین (۱۱۰ میلی‌متر) و دوره ۱۳٦۹-۱۳۹۹(۱۱۵ میلی‌متر) دارای بیشترین میانگین بوده است. دوره زمانی ۱۳۹۷- ۱۳٦۷ دارای کمترین میانگین و واریانس نسبت به سایر دوره‌ها بوده است، و به‌عنوان با ثبات‌ترین دوره بارش ایستگاه کرمان انتخاب شد. در ایستگاه رفسنجان دوره ۱۳۹۹-۱۳۷۱ دارای کمترین میانگین (۷۰ میلی‌متر) و دوره ۱۳۹۵-۱۳٦۷(۸۱ میلی‌متر) بیشترین میانگین را به خود اختصاص داده است در ایستگاه رفسنجان دوره زمانی ۱۳۹۹- ۱۳۷۱ دارای کمترین میانگین و واریانس نسبت به سایر دوره‌ها بوده است. و به‌عنوان با ثبات‌ترین دوره بارش ایستگاه فسنجان انتخاب گردید دوره ۱۳٦۷-۱۳۹۵ دارای بیشترین واریانس نسبت به سایر دوره‌ها در این ایستگاه می‌باشد.. در ایستگاه سیرجان دوره ۱۳۹۵- ۱۹۸۵ دارای کمترین میانگین (۱۰٤ میلی‌متر) و دوره ۱۳۹۹- ۱۳٦۹(میلی‌متر) دارای بیشترین میانگین بوده‌اند. در این ایستگاه دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳٦٤ دارای کمترین میانگین و واریانس نسبت به سایر دوره‌ها بوده است. و به‌عنوان با ثبات‌ترین دوره بارش ایستگاه سیرجان انتخاب شد. دوره ۱۳٦۹-۱۳۹۹ دارای بیشترین واریانس نسبت به سایر دوره‌ها در این ایستگاه می‌باشد.

هم چنین نمودار خودهمبستگی ایستگاه‌ها نشان داد، در ایستگاه سیرجان در هیچ‌یک از تأخیرها شاخک‌های مربوط به مقدار خودهمبستگی از مرز معنی داری عبور نکرده‌است، این موضوع در مورد بارش سالانه ایستگاه رفسنجان نیز صدق می‌کند بنابراین در دو ایستگاه فوق بارش رفتاری تصادفی دارد و مقدار بارش هر سال با سال‌های بعد ارتباط معنی داری ندارد. در ایستگاه کرمان نتایج تابع خودهمبستگی نشان داد که در هیچ‌یک از تأخیرها در سری بارش سالانه کرمان از مرز معنی داری عبور نکرده بنابراین سری بارش سالانه در کرمان از رفتاری تصادفی برخوردار می‌باشد.

در این تحقیق از آزمون‌های آماری (نقاط عطف، من کندال) ضرایب همبستگی و و نمودارهای سری زمانی استفاده شد. نتایج نشان داد که براساس آزمون نقاط عطف استقلال داده‌ها و پذیرش فرض صفر (عدم وجود روند در داده‌ها)

وجود دارد. با توجه به اینکه آزمون نقاط عطف پذیرش فرض صفر را نشان داد به‌منظور اطمینان بیشتر از آزمون آماری من کندال استفاده شد، بررسی آزمون آماری من کندال نشان داد که در داده‌های بارش هیچ‌کدام از ایستگاه‌های مورد مطالعه روند خاصی در بارش سالانه وجود ندارد. آزمون ضریب همبستگی پیرسون، اسپیرمن و من-کندال برای ایستگاه رفسنجان روند کاهشی بارش را نشان داد و در ایستگاه سیرجان و کرمان بر اساس آزمون ضریب همبستگی پیرسون، اسپیرمن و ضریب من کندال روند خاصی در داده‌های بارش مشاهده نشد. می‌توان گفت بر اساس پژوهش حاضر بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند معنی نداری نیست. و به‌منظور کسب اطمینان از این موضوع بیشتر روش‌های آماری شناخت روند در داده‌های اقلیمی مورد استفاده قرار گرفت، نتایج تحقیق از نظر رویکرد و بخش روند در تایید مطالعات معصوم پور سما کوش و همکاران (١٣٩٦) می‌باشد. در مطالعه آنها (٩٣ درصد) ایستگاه‌های مورد مطالعه، روند کاهشی یا افزایشی معنا داری در سری زمانی بارش مشاهده نشد که در تحقیق حاضر برای بارش سالانه براساس روش‌های پارامتری و ناپارامتری، روند معنا داری مشاهده نگردید. همچنین در تایید مطالعات داداشی رودباری و کیخسروی کیانی (١٣٩٥) و حسنوند و همکاران (١٤٠١) می‌باشد، در مطالعات آنها مشخص شد که نتایج حاصل از واکاوی در سری‌های زمانی میانگین ایستگاهی و یاخته‌ای بارش ایران، روند افزایشی یا کاهشی معنی داری در سطوح اطمینان ٩٩٪ و ٩٥٪ وجود ندارد.. نتایج تحقیق از نظر رویکرد و نتایج در تایید مطالعات فلاح قالهری و همکاران (٢٠١٥) در تحلیل رفتار بارش در جنوب کرمان براساس مدل‌های سری زمانی می‌باشد. نتایج تحقیق همچنین از نظر کفایت مدل‌های سری زمانی و آزمون‌های عطف و استقلال سری داده در تایید مطالعات چانگ و همکاران (٢٠١٢) و بری و همکاران (٢٠١٥) می‌باشد.

در پایان پیشنهاد می‌گردد بررسی همگنی داده‌های ایستگاه‌های هم دید استان با داده‌های بیش از ٣٠ سال مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از شناسه تاریخی ایستگاهها، مقایسه هم زمان روند پارامترهای جوی جهش‌های احتمالی در سری داده‌های جوی شناسایی و با آزمون‌های آماری همگنی داده‌ها بررسی شود.

منابع

1. Asadi, Ashraf; and Akbari Azirani, Tayyaba. (2021). Analysis of changes in the beginning and end of rainfall in southwestern Iran by applying trend models. Sustainable development of geographical environment, 3(4), 99-107.
2. Asadi, Ashraf; and Heydari, Ali. (2011). Analysis of temperature and precipitation series changes in Shiraz during the period of 1951-2005. Geography and environmental planning, year 22 (1): 137-152.
3. Pourkrim Barabadi, Roya; Heidari Monfared, Zahra; and Khani, Sakineh. (May 2017). Investigating the time series of rainfall in order to reveal changes in its trends in the northwest of the country / case study: Tabriz, Urmia and Zanjan. The paper presented in the second national hydrometeorological conference of Iran.
4. Jahan Bakhsh Asal, Saeed; Sari Saraf, Behrouz; Asakere, Hossein; and Shirmohammadi, Soheila. (2019). Analyzing the temporal-spatial changes of critical rains (high temperature) in western Iran during the years 1965-2016. Spatial analysis of environmental hazards, year 7, 89-106.
5. Hassanvand, Ziba, Yar Ahmad, Dariush, Mirhashmi, Hamid. 1401. Analysis of changes in the time series of maximum daily and annual rainfall in Karkheh and Dez catchment areas. Scientific-Research Journal of Natural Environment Hazards, 11(33): 168-149.
6. Halabian, Amir Hossein; and Ghasemi Sayani, Ali. (2021). Investigating the spatial and temporal trends of precipitation in the Caspian basin using data from the World Precipitation Climatology Center. Watershed Engineering and Management, 13(2), 283-294.
7. Rahimzadeh, Fatima; Hedayat Dezfuli, Akram; and Pour Asgharian, Arzoo. (2011). Evaluation of trends and jumps of extreme temperature and precipitation profiles in Hormozgan province. Geography and development, ninth year (21).
8. Dadashi Roudbari, Abbas Ali, Ki Khosravi Kayani, Mohsen. 2015. Spatial and temporal analysis of Iran's annual rainfall

during the years 1329 to 1386, Journal of Environment and Water Resources, 2(3): 111-121.
9. Hakim Khani, Shahrukh, Alijanpour, Ahmed (2009). Detection of outlier data in sediment provenance method, Journal of Water and Soil Conservation Research, 17(1), 23-43.
10. Khosravi, Yunus, Belyani, Saeed, Bayat, Ali. 2017. Time analysis of Shiraz annual rainfall using time series analysis, Water Resources Engineering, 11 (33): 1-14.
11. Shah Kerami, Nazanin. (1396). Revealing climate change and its effect on water quality trends in the Kamal Saleh dam basin. Irrigation and Water Engineering Scientific Research Quarterly, Year 8 (30).
12. Askarinejad, Amin; Bazarafshan, Amalbanin; and the old farmer, Shahla. (2016). Revealing temporal and spatial changes of climatic elements of temperature and precipitation in Hormozgan province. In the international conference on natural resources, agricultural engineering, environment and rural development.
13. Askarizadeh, Seyyed Mohammad; Gulmakani, Tektem; and Attari, Shima. (2018). Revealing temporal and spatial changes of temperature and precipitation limit profiles of Mashhad city with the sum of squares method during the statistical period of 1960-2014. In the second national hydrometeorological conference of Iran.
14. Alipour, Hassan; and Malekian, Arash. (2019). Analyzing the homogeneity and trends of Astana rainfall with a non-parametric statistical approach in the northwest of Iran. Watershed Engineering and Management, 11(4), 917-928.
15. Alijani, Bahlul; Bayat, Ali; Dostkamian, Mehdi; and Belyani, Yadullah. (2015). Spectral analysis of Iran's annual rainfall time series. Scientific Journal of Geography and Planning, 20(57): 217-236.
16. Ayouzi, Masoumeh; Mosaedi, Abolfazl; Miftah Halaghi, Mehdi; and Hassam, Musa. (1389). Investigating the trend of precipitation changes in the northern regions of Golestan province. Water and soil conservation research (agricultural sciences and natural resources), 17(2), 155-168.
17. Farajzadeh, Manouchehr. 2016. Water and meteorology techniques. Semit Publications, first edition. Tehran.
18. Kihamgadham, Parisa. (2014). Investigating the trend of precipitation changes in Sistan and Baluchistan province. The paper presented in the second national conference of applied research in agricultural sciences.
19. Masoompour Sama Kosh, Jafar; Jalilian, Abdullah; and help, respect. (2016). Analysis of seasonal rainfall time series in Iran. Natural Geography Research, 49(3): 475-457.
20. Mirmousavi, Seyyed Hossein, Jalali, Massoud, Abakhti Grossi, Houshang, Khaefi, Neda. 2014. Analysis of patterns of precipitation time series in Khoy meteorological station. Geospace, 4 (47): 1-17.
21. Maleki Nejad, Hossein; Soleimani Mutlaq, Mehdi; Jaidari, Azam; and Shatarabshuri, Samia. (2013). Analysis of changes in rainfall and drought using Mann-Kendall and Sen tests in Tehran province. Newar Scientific and Technical Magazine, 80, 81.
22. Nasaji Zavareh, Mojtabi; Khurshid Dost, Ali Mohammad; Rasouli, Aliakbar; and Selajqa, Ali. (2016). Analysis of temperature and precipitation trends using homogeneous time series (case study of the Caspian region). Pasture and watershed management, Journal of Natural Resources of Iran, 69(3).
23. Agha, OMAM; Bağçacı, S Çağatay; & Şarlak, Nermin. (2017). Homogeneity analysis of precipitation series in North Iraq. IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics, 5(3), 57-63.
24. Bari, S.H.; Rahman, M.T.; Hussain, M.M. and Ray, S. (2015). Forecasting Monthly Precipitation in Sylhet City Using ARIMA Model, Civil and Environmental Research, 7(1): 69-77.
25. Bickici Arikan, Bugrayhan; & Kahya, Ercan. (2019). Homogeneity revisited: analysis of updated precipitation series in Turkey. Theoretical and Applied Climatology, 135(1), 211-220. https://doi.org/10.1007 / s00704-018-2368-x
26. Caporali, Enrica; Lompi, Marco; Pacetti, Tommaso; Chiarello, Valentina; & Fatichi, Simone. (2021). A review of studies on observed precipitation trends in Italy. International Journal of Climatology, 41(S1), E1-E25. https://doi.org/10.1002/joc.6741
27. Chandniha, Surendra Kumar; Meshram, Sarita Gajbhiye; Adamowski, Jan Franklin; & Meshram, Chandrashekhar. (۲۰۱۷). Trend analysis of precipitation in Jharkhand

State, India. Theoretical and Applied Climatology, 130(1), 261-274. https://doi.org/10.1007 / s00704-016-1875-x.

28. Chang, X.; Gao, M.; Wang, Y. and Hou, X. (2012). Seasonal Autoregressive Integratedmoving average model for Precipitation time series, Journal of Mathematics and Statistics, 8(4): 500-505.
29. Fallah Ghalhari, GH. A; Bayatani, F. and Fahiminezhad, E. (2015). Comparing the Forecasting Accuracy of theBox–Jenkins Models in ModelingSeasonal Precipitation (Case Study: The South of Kerman Province, Iran), Journal of Applied Environmentaland Biological Sciences, 5(12): 64-78.
30. Fetene, Zewdu Alamineh; Weldegerima, Tesfay Mekonnen; Zeleke, Tadesse Terefe; & Nigussie, Melessew. (2018). Harmonic Analysis of Precipitation Time Series in Lake Tana Basin, Ethiopia. (E. I. Nikolopoulos, ed.), Advances in Meteorology, 2018, 1598195. https://doi.org/10.1155/2018/1598195.
31. Gaponov, V M; Elizaryev, AN N; Aksenov, S G; & Longobardi, A. (2019). Analysis of trends in annual time series of precipitation in the Republic of Bashkortostan, Russian Federation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 350(1), 12003. https://doi.org/10.1088/1755-1315/350/1/012003
32. Latif, Yasir; Yaoming, Ma; Yaseen, Muhammad. (2018). Spatial analysis of precipitation time series over the Upper Indus Basin. Theoretical and Applied Climatology, 131(1), 761-775. https://doi.org/10.1007 / s00704-016-2007-3.
33. Salehi, Somayeh; Dehghani, Majid; Mortazavi, Sayed M.; & Singh, Vijay P. (2020). Trend analysis and change point detection of seasonal and annual precipitation in Iran. International Journal of Climatology, 40(1), 308-323. https://doi.org/10.1002/joc.6211
34. Salmani-Dehaghi, Narjes; & Samani, Nozar. (2021). Development of bias-correction PERSIANN-CDR models for the simulation and completion of precipitation time series. Atmospheric Environment, 246, 117981. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117981.